REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

|Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

TOMO I

"MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO APLICADO A LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL YUMINA – SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES EN MÁXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA"

Tesis presentada por el Bachiller:

Ccanccapa Puma, Joel

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Hidalgo Valdivia, Alejandro

Arequipa – Perú

2018

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

Modelamiento hidrologico e hidraulico aplicado a la delimitacion de la faja marginal Yumina – Socabaya (KM12+500.00) y Propuesta contra inundaciones en margenes aledaña en el Distrito de Socabaya, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

Joel Ciancapa Puma.

Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO

OBSERVACIONES:

Arequipa, 23 de Noviembre del 2018

COD: 1733

COD. 1950

COD 2597

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Dedicatoria:

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para perseverar en mis objetivos, un eterno agradecimiento a mis padres Ciro y Angélica por su amor infinito, constancia y compresión ya que ellos han sido el pilar fundamental tanto moral como económicamente.

Un agradecimiento especial al Ing. Arturo Arroyo Ambia, que depósito sus conocimientos y confianza en mí, de la misma manera al Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia que me formo y guio durante mi etapa universitaria.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCION

La precipitación es la forzante más importante del ciclo hidrológico y su correcta estimación es vital para entender distintos procesos hidrológicos, tales como la orientación a la Gestión de los Recursos Hídricos, modelamiento de cuencas, monitoreo de sequias e inundaciones.

En el Perú se producen intensas lluvias, aluviones, granizadas, desbordes, huaycos, inundaciones, sequias y otros, que alteran la geodinámica de nuestro territorio. Las inundaciones de origen hidrometeorológico son los fenómenos más letales y representan aproximadamente el 40% de los desastres naturales (**factor externo clasificado de alta prioridad**), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (**SENAMHI**). En Arequipa, la precipitación excepcional del 8/2/2013 (124.5 mm) donde producto de las intensas lluvias dejo 5 muertos, el 26/01/2017 en la Variante de Uchumayo, Kilometro 12, 13 y 14 dejo 3 muertos, Centro de Emergencia Nacional (**COEN**), en tal sentido la Ciudad de Arequipa ha cambiado vertiginosamente durante los últimos 60 años a través de grandes masas de migrantes en busca de nuevas oportunidades y calidad de vida, más aun en el Distrito de Socabaya, es por esta razón que se ha incrementado la demanda del consumo del agua, la producción agrícola y la industria, al mismo tiempo el clima de Arequipa cambio y sus efectos se han incrementado con la mano del hombre.

Por lo expuesto, se considera que el "**problema central es el riesgo por inundación***"*, el cual implica probables daños o pérdidas que pueden ocurrir como consecuencia de máximas avenidas en el rio Socabaya. Se asume que en un nuevo evento ocurrirán mayores daños ya que las zonas consideradas de alto riesgo por inundación siguen siendo invadidas por la falta de información y medios económicos que llevan a los pobladores a no considerar el alto riesgo al que están expuestos.

Para garantizar la protección, el uso primario de aguas, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia y otros servicios la ley Nro. 29338 "**Ley de Recursos Hídricos**" establece explícitamente la necesidad de mantener una faja marginal en los terrenos aledaños a los cauces naturales a través del "**Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales**".

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) como ente rector del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, ha elaborado un estudio denominado Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos, (2016) con el objetivo de asegurar la continuidad a través de un desarrollo sostenible y responsable del Recursos Hídrico, basándose en criterios e indicadores que permitan la intervención de la misma.

Uno de estos indicadores establece que la Unidad Hidrográfica Quilca – Vitor – Chili, ubicada en el departamento de Arequipa, en la cual se identificó como la de mayor vulnerabilidad considerando de alta prioridad (en el primer nivel) y predominando el aspecto Hidrológico (Estrés Hídrico), así como también la presencia de puntos críticos en eventos extremos (Inundaciones).

Por tal razón, el propósito de este estudio de tesis es de analizar una de las cuencas que aportan al rio Chili, denominado "Socabaya" para la determinación de áreas de inundación como guía aplicado a la Faja Marginal del rio Socabaya (12.5 Km) y Protección en Máximas Avenidas. Comparando los caudales para diferentes periodos de retorno con el fin de garantizar la protección de los terrenos aledaños a los cauces naturales y el diseño de Estructuras Hidráulicas (Obras de tipo Rígido y Flexible) a través de criterios Hidrológicos e Hidráulicos. Para tal fin se procedió a hallar en primer lugar los parámetros Geomorfológicos, Hidráulicos y Morfométricos fundamentales para el estudio respectivo haciendo uso de herramientas SIG (Sistema de información Geográfica).

Las obras de proyectos de Defensa Ribereña, conllevan contar con datos de caudales máximos y resulta imprescindible los datos de Precipitaciones Máximas para tal fin, como también elaborar una relación entre la Intensidad de lluvia, la Duración y Frecuencia (Curvas IDF) para un periodo de Retorno dado. De tal manera al contar con datos de precipitación máxima se procedió a analizar el registro para datos excepcionales y un análisis de consistencia (Grafico, Doble masa y Estadístico).

Para el modelamiento hidrológico se utilizó los datos de precipitaciones máxima de 24 horas con la finalidad de generar distribuciones espaciales mediante la interpolación por el método Kriging, con las estaciones dentro y las más cercanas a la cuenca Socabaya, con los procedimientos más utilizados como Thiessen e Isoyetas por ser métodos determinísticos. Con la información obtenida para una serie de precipitaciones promedio se realizó el análisis de frecuencia para lo cual se ajustaron a distintos modelos de distribución de probabilidad utilizadas en hidrología, siendo la distribución Pearson Tipo III, la que se ajusta más a los datos obtenidos.

Luego se generaron hietogramas de entrada para diferentes periodos de retorno acorde con el reglamento de "Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones" con el Software Hec Hms, para una tormenta de 4 horas de duración y así obtener caudales máximos conforme al modelo de precipitación escorrentía e hidrogramas de salida.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para el modelamiento hidráulico se utilizó la modelación unidimensional (Hec Ras) y bidimensional (Hec Ras 2D e Iber) para analizar y comparar ambos modelos en sus respectivas características hidráulicas (Caudal, Tirante, Velocidad, etc.) sobre el cauce del rio Socabaya, ya que ambos modelos utilizan método de volúmenes finitos implícitos y explícitos respectivamente, considerando las condicione de borde (Hidrogramas) intervalos de tiempo de simulación, mallado computacional y análisis de suelo. Lo que finalmente se generaron mapas de riesgo y vulnerabilidad por inundación para un periodo de retorno de 100 años según el artículo 9.2 para Fajas Marginales (ANA). Con la finalidad de conocer láminas de flujo en régimen permanente y no permanente para prevención de inundaciones.

Por último, el presente estudio identifico un área de posible inundación, más detalladamente en la zona comprendida de el Pasto, la cual se encuentra a 500 metros aguas abajo del puente Socabaya, para realizar posteriormente una defensa ribereña en la zona de estudio.

Palabras claves: Precipitación Máxima, Modelo Hidrológico, Modelo Hidráulico, Faja Marginal, Modelación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRAC

The National Water Authority (ANA) as the governing body of the National Water Resources Management System has called a study called Watershed Prioritization for Water Resources Management, with the aim of ensuring continuity through sustainable development and responsible for Water Resources, based on criteria and indicators that allow the intervention of the same.

One of these indicators establishes that the Quilca - Vitor - Chili Hydrographic Unit, located in the department of Arequipa, in which it was identified as the most vulnerable considering high priority (in the first level) and predominating the Hydrological aspect (Water Stress), as well as the presence of critical points in extreme events (Floods).

For this reason, the purpose of this thesis study is to analyze the basins that contribute to the Chile River, called "Socabaya" for the determination of flood areas as the guide applied to the Socabaya River Marginal Belt (12.5 Km) and Protection in Maximum Avenues. Comparing the results for different recovery periods in order to guarantee the protection of the lands surrounding the natural channels and the design of Hydraulic Structures through Hydrological and Hydraulic criteria. For this purpose, I will first try to find the fundamental Geomorphological, Hydraulic and Morphometric parameters for the respective study were first found using GIS (Geographic Information System) tools.

The works of projects of Defense Ribereña, entail to have data of the maximum levels and resulting of the data of Maximum Precipitations for such aim, as also to elaborate a relation between the Intensity of the Rain, the Duration and the Frequency (Curves IDF) for a given Return period. In this way, with the maximum statistical data, it can be used to analyze statistical data.

For hydrological modeling, maximum 24-hour precipitation data are used to generate spatial distributions through interpolation by the Kriging method, with the stations within and those closest to the Socabaya basin, with the most commonly used procedures such as Thiessen. and Isoyetas for being deterministic methods. With the information obtained for a series of precipitations, frequency analysis was carried out for what was selected in distribution models of alternatives for data transmission, being the Pearson Type III distribution, the one that best fits the data obtained.

Then, the first steps were taken for the registration and registration of the Manual of Hydrology, Hydraulics and Drainage of the Ministry of Transport and Communications with Hech Hms software, for a storm of 4 hours and thus obtain results. maximum according to the model of runoff precipitation and output hydrographs.

For the hydraulic modeling, one-dimensional (Hec Ras) and two-dimensional modeling (Hec Ras 2D and Iber) was used to analyze and compare both models in their respective hydraulic characteristics (Flow, Strain, Speed, etc.) on the Socabaya river bed, since both models use the implicit and explicit finite volume method respectively, considering edge conditions (hydrograms) simulation time intervals, computational meshing and soil

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

analysis. Finally, risk maps and flood vulnerability were generated for a return period of 100 years according to article 9.2 for Marginal Strips (ANA). In order to know flow sheets in permanent and non-permanent regime for flood prevention.

Finally, the present study identified an area of possible flooding, more in detail in the area included in the pasture, which is 500 meters downstream from the Socabaya bridge, to perform a defense after the defense in the study area.

Keywords: Maximum Precipitation, Hydrological Model, Hydraulic Model, Marginal Belt, Modeling.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE

DEDICATORIA

INTRODUCCION

RESUMEN

ABSTRACT

CAPITULO I INTRODUCCION 1

1.1 GENERALIDADES 2

1.2 ANTECEDENTES 3

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 5

1.4 OBJETIVOS 5

1.4.1 Objetivo General 5

1.4.2 Objetivos Específicos 6

1.5 JUSTIFICACION 8

1.6 METAS 9

1.7 BASE LEGAL 10

1.8 VÍAS DE ACCESO Y ACCESIBILIDAD A LA ZONA DEL PROYECTO 12

CAPITULO II UBICACIÓN DEL PROYECTO 13

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA 14

2.1.1 Limites Distritales 14

2.1.2 Población 14

2.1.3 Anexos del Distrito 14

2.2 UBICACIÓN HIDROGRÁFICA 28

2.3 UBICACIÓN POLÍTICA 33

CAPITULO III MARCO TEORICO 43

3.1 DEFINICIONES Y TÉRMINOS 44

3.2 ASPECTOS HIDRAULICOS 46

3.2.1 Clasificación de los Cuerpos de Agua 46

3.2.1.1 Según el Sistema Hidrográfico 46

3.2.1.2 Según su Régimen 47

3.2.1.3 Según su Uso 47

3.2.1.4 Según las Necesidades de Calidad de las Aguas 48

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.1.5 Según su Morfología 49
3.2.1.6 Según su Ubicación 49
3.2.1.7 Según su Grado de Estabilidad 50
3.2.2 Características de los Cauces 50
3.2.3 Determinación del Ancho Medio del Cauce 50
3.2.4 Determinación del Eje del Cauce 50
3.3 ASPECTOS HIDROLOGICOS 51

CAPITULO IV SITUACION ACTUAL Y CARACTERISITICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO 59
4.1 CLIMA 60
4.2 ELEMENTOS METEOROLÓGICOS 60
4.2.1 Precipitación 60
4.2.2 Temperatura 65
4.2.3 Humedad Relativa 66
4.3 GEOLOGÍA 66
4.3.1 Origen Geológico 66
4.3.2 Tipo de roca 66
4.3.3 vientos 66
4.4 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL CAUCE 67
4.4.1 Explotación 67
4.4.2 Riesgos climáticos (Sismos) 67
4.4.3 Inundaciones 67
4.4.4 Suelos 68
4.4.5 Vegetación, flora 69
4.4.6 Fauna 69
4.4.7 Área Agrícola y campiña 70
4.4.8 Calidad Agrícola del suelo 70
4.4.9 Cuencas, ríos y fuentes de agua 71
4.4.10 Transporte y Accesibilidad 72

CAPITULO V ESTUDIO DE LA CUENCA 73
5.1 GENERALIDADES 74
5.2 METODOLOGIA 74
5.2.1 Trabajos preliminares 74
5.2.2 Trabajos finales de gabinete 74

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.3 INFORMACION CARTOGRAFICA Y GEOGRAFICA.....75

5.4 DESCRIPCION GENERAL DEL MODELO PARA LA CUENCA 75

5.5 DETERMINACION DE PARAMETROS DE LA CUENCA.....75

5.5.1 Delimitación.....75

5.5.2 Metodología 76

5.6 DESCRIPCIÓN HIDROGRÁFICA 76

5.6.1 Área de la Cuenca.....76

5.6.2 Perímetro de la Cuenca.....77

5.6.3 Pendiente de la Cuenca.....77

5.6.3.1 Criterio de Horton.....77

5.6.3.2 Criterio de Nash.....81

5.6.3.3 Criterio de Alvord.....85

5.6.3.4 Criterio del rectángulo equivalente 89

5.7 CURVA HIPSOMÉTRICA.....93

5.8 PENDIENTE MEDIA DEL CURSO PRINCIPAL 97

5.8.1 Método: Pendiente Uniforme 97

5.8.2 Método: Compensación de Áreas 97

5.8.3 Método: Taylor y Schwarz 98

5.9 INFORMACION PLUVIOMETRICA.....105

5.9.1 Estaciones Pluviométricas 105

5.9.2 Registros de Precipitación 107

5.10 ESTIMACION DE LOS DATOS FALTANTES 113

5.10.1 Método de Regresión Lineal Simple.....113

5.10.2 Método del Promedio Aritmético 114

5.10.3 Método de la Regresión Normalizada.....120

5.10.4 Método del U.S. Weather Bureau 120

5.11 REGISTRO.....128

5.11.1 Análisis de Consistencia 128

5.11.1.1 Análisis Grafico.....128

5.11.1.2 Análisis Doble Masa.....131

5.11.1.3 Análisis Estadístico 134

5.11.1.3.1 Análisis estadístico de la Media y la Desviación Estándar 134

5.11.1.3.1.1 Consistencia de la MEDIA: PRUEBA DE T DE STUDENT.....134

5.11.1.3.1.2 Consistencia en la DESVIACION ESTANDAR: PRUEBA F DE FISHER.135

5.11.2 Análisis de Datos (OUTLIERS) 137

5.11.2.1 Análisis de Datos Dudosos - Estación la Pampilla.....141

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.11.2.2 Análisis de Datos Dudosos - Estación Chiguata 142
5.11.2.3 Análisis de Datos Dudosos - Estación las Salinas.....143
5.11.2.4 Análisis de Datos Dudosos - Estación Characato 144
5.11.2.5 Análisis de Datos Dudosos - Aguada Blanca.....144
5.12 PRECIPITACIONES PROMEDIO SOBRE LA CUENCA 152
5.12.1 El Método de la Media Aritmética.....153
5.12.2 El Método de Thiessen 154
5.12.3 El Método de las Isoyetas 157
5.13 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION.....159
5.13.1 Estadística Aplicada a la Hidrología.....159
5.13.2 Conceptos Fundamentales 160
5.13.2.1 Probabilidad 160
5.13.2.2 Funciones de Probabilidad.....160
5.13.2.2.1 Funciones de Probabilidad Discretas 161
5.13.2.2.2 Funciones de Probabilidad Continuas.....161
5.13.2.3 Función de Distribución Acumulada 162
5.13.2.4 Periodo de Retorno 164
5.13.2.5 Riesgo de Falla 164
5.14 PRECIPITACIÓN MÁXIMA 166
5.15 DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD 166
5.16MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES PROBABILÍSTICAS 168
5.17 FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD USADAS EN HIDROLOGIA 169
5.17.1 Distribución Normal Estándar 170
5.17.1.1 Función de Densidad de Probabilidad Normal 170
5.17.1.2 Función de Distribución de Probabilidad Normal.....171
5.17.2 Distribución Log Normal.....174
5.17.2.1 Función de Densidad de Probabilidad Log Normal 174
5.17.2.2 Función de Distribución de Probabilidad Log Normal 174
5.17.3 Distribución Log Normal II Parámetros 177
5.17.3.1 Función de Densidad de Probabilidad Log Normal II Parámetros 178
5.17.3.2 Función de Distribución de Probabilidad Log Normal II Parámetros 178
5.17.4 Distribución Log Normal III Parámetros 180
5.17.4.1 Función de Densidad de Probabilidad Log Normal III Parámetros.....180
5.17.4.2 Función de Distribución de Probabilidad Log Normal III Parámetros 181

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.17.5 Distribución Gumbel (Distribución Extrema Tipo I) 183
5.17.5.1 Función de Densidad de Probabilidad Gumbel 184
5.17.5.2 Función de Distribución de Probabilidad Gumbel 184
5.17.6 Distribución Log Gumbel 186
5.17.6.1 Función de Distribución de Probabilidad Log Gumbel es 186
5.17.7 Distribución Gamma II Parámetros 189
5.17.7.1 Función de Densidad de Probabilidad Gamma II Parámetros 189
5.17.7.2 Función de Distribución de Probabilidad Gamma II Parámetros 189
5.17.8 Distribución Pearson Tipo III o Gamma III Parámetros 192
5.17.8.1 Función de Densidad de Probabilidad Pearson Tipo III o Gamma III Parámetros 192
5.17.8.2 Función de Distribución de Probabilidad Pearson tipo III o Gamma III Parámetros 193
5.17.9 Distribución Log Pearson Tipo III 195
5.17.9.1 Función de Densidad de Probabilidad Log Pearson Tipo III 195
5.17.9.2 Función de Distribución de Probabilidad Log Pearson Tipo III 196
5.18 VERIFICACION DE LAS DISTRIBUCIONES MODELOS 202
5.18.1 Prueba de Chi Cuadrado Xc^2 202
5.18.2 Método del Error Cuadrático Mínimo 207
5.18.3 Prueba de Smirnov Kolmogorov 210
5.19 SELECCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO APROPIADO 214
5.20 DETERMINACION DE LA TORMENTA DE DISEÑO 220
5.20.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia 220
5.21 METODO DEL BLOQUE ALTERNO 226
5.22 ESTIMACION DE CAUDALES 231
5.22.1 Método Racional 231
5.22.2 Método Racional Modificada (TEMEZ) 231
5.22.2.1 Numero de Curva 233
5.22.2.2 Impermeabilidad 236
5.22.3 Método software HEC - HMS 241
5.22.3.1 Tiempo de Concentración (TC): 241
5.22.3.1.1 Kirpich (1940) 241
5.22.3.1.2 California Culverts Practice (1942) 242
5.22.3.1.3 Federal Aviation Administration (1970) 242
5.22.3.1.4 Temez (1991) 242
5.22.3.1.5 Pizarro 242

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.22.3.1.6 Passini 243
5.22.4 Simulación Hidráulica del Río.....249
5.22.5 Factores que afectan el coeficiente de rugosidad de manning.....257

CAPITULO VI DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL 307
6.1 FAJA MARGINAL 308
6.2 CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE LA FAJA.....309
6.2.1 Ancho fijo: 309
6.2.2 Ancho variable: 310
6.2.3 Ancho Mínimo de Faja Marginal.....310
6.3 CRITERIOS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS.....310
6.4 CRITERIOS AMBIENTALES 311
6.5 CRITERIOS SOCIALES 312
6.6 CRITERIOS LEGALES.....313
6.7 DELIMITACIÓN DE LA FAJA EN CAMPO Y SISTEMATIZACIÓN 314
6.8 PROPUESTA DE LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL.....314

CAPITULO VII PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES 318
7.1 GENERALIDADES.....319
7.1.1 Estudio Hidrológico.....319
7.1.2 Estudio Hidráulico.....319
7.1.3 Estudio de Hidráulica Fluvial 319
7.2 PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES.....320
7.2.1 Las Medidas Estructurales.....320
7.2.2 Las Medidas no Estructurales.....320
7.3 DEFENSAS RIBEREÑAS.....320
7.3.1 Áreas de Inundación 320
7.3.2 Diagnostico 321
7.3.3 Presentación de Alternativas.....321
7.4 OBRAS DE TIPO FLEXIBLE.....322
7.4.1 Muro de Gaviones 322
7.4.2 Tipos de Gaviones 324
7.4.3 Diseño de Gaviones.....325
7.5 OBRAS DE TIPO RÍGIDO.....334
7.5.1 Muros de concreto armado 334

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7.5.2 Muros de Contención 336
7.5.3 Diseño de un Muro de Contención en voladizo 338
7.5.4 Diseño de Muro de Gravedad 367
7.5.5 Diseño de Dique Enrocado 377

CAPITULO VIII COSTO, PRESUPUESTO Y PROGRAMACION DE OBRA .397
8.1 PRESUPUESTO 398
8.2 METRADOS 398
8.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS 398
8.4 GASTOS GENERALES 398
8.5 UTILIDADES 399
8.6 PRESUPUESTO GENERAL 399
8.7 PROGRAMACIÓN Y PLANEAMIENTO DE LA OBRA 399

CAPITULO IX ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 413
9.1 CALIDAD AGRÍCOLA DEL SUELO 414
9.2 PRINCIPALES RIESGOS AMBIENTALES 415
9.2.1 Contaminación del aire 415
9.2.2 Contaminación del agua 415
9.3 ASPECTOS SOCIOCULTURALES 415
9.3.1 Población Rural y Urbana 415
9.3.2 Educación 415
9.4 FACTORES AMBIENTALES 416
9.4.1 Características Físico Químicas 416
9.4.2 Condiciones Ecológicas 418
9.5 FACTORES CULTURALES 419
9.5.1 Impactos Socioeconómicos 419
9.6 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS SEGÚN LA MATRIZ DE LEOPOLD 420

CAPITULO X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 422
10.1 CONCLUSIONES 423
10.2 RECOMENDACIONES 430

CAPITULO XI PANEL FOTOGRAFICO Y PLANOS 432
11.1 PANEL FOTOGRÁFICO 433

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

11.2 RELACIÓN DE PLANOS 438

ANEXOS 443

BIBLIOGRAFIA 650

PROGRAMAS EMPLEADOS 652

INDICE DE CUADROS

Cuadro Nro. 2.2.1 Superficie de unidades Hidrográficas 28

Cuadro Nro. 2.3.1 Tramo de Estudio del Rio Socabaya 33

Cuadro Nro. 3.3.1 Proceso de Modelamiento Hidrológico e Hidráulico – Elaboración Propia 58

Cuadro Nro. 4.1.1 Precipitaciones Pluviales – Estación Socabaya 60

Cuadro Nro. 4.2.1.1 Precipitación Total Mensual – Estación la Pampilla 60

Cuadro Nro. 4.2.1.2 Precipitación Total Mensual – Estación Chiguata 61

Cuadro Nro. 4.2.1.3 Precipitación Total Mensual – Estación Las Salinas 61

Cuadro Nro. 4.2.1.4 Precipitación Total Mensual – Estación Aguada Blanca 62

Cuadro Nro. 4.2.1.5 Precipitación Máxima 24 horas – Estación la Pampilla 62

Cuadro Nro. 4.2.1.6 Precipitación Máxima 24 horas – Estación Chiguata 63

Cuadro Nro. 4.2.1.7 Precipitación Máxima 24 horas – Estación Characato 64

Cuadro Nro. 4.2.1.8 Precipitación Máxima 24 horas – Estación Aguada Blanca 64

Cuadro Nro. 4.2.1.9 Precipitación Máxima 24 horas – Estación Las Salinas 65

Cuadro Nro. 4.4.8.1 Área Agrícola 70

Cuadro Nro. 4.4.8.2 Calidad Agrologica Alta 71

Cuadro Nro. 4.4.9.1 Clasificación de Fuentes 71

Cuadro Nro. 5.6.3.1.1 Determinación de la pendiente – Método de Horton 80

Cuadro Nro. 5.6.3.1.2 Resultados Pendiente de la cuenca – Método de Horton 81

Cuadro Nro. 5.6.3.2.1 Determinación de la Pendiente – Método de Nash 84

Cuadro Nro. 5.6.3.2.2 Resultados Pendiente de la cuenca - Método de Nash 85

Cuadro Nro. 5.6.3.3.1 Determinación de la Pendiente – Método de alvord 88

Cuadro Nro. 5.6.3.3.2 Resultados Pendiente de la cuenca - Método de Alvord 89

Cuadro Nro. 5.6.3.4.1 Resultados Pendiente de la cuenca - Método del Rectángulo Equivalente 91

Cuadro Nro. 5.6.4.1 Resultados de la Pendiente de la Cuenca Socabaya 91

Cuadro Nro. 5.7.1 Curva Hipsométrica 94

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.7.2 Resumen de Parámetros de la Cuenca Socabaya.....97

Cuadro Nro. 5.8.1 Resultados Obtenidos de la Pendiente del Cauce Principal 99

Cuadro Nro. 5.8.2 Resumen de las características de la Cuenca Socabaya 104

Cuadro Nro. 5.9.1.1 Estaciones de la Zona de estudio de la Cuenca Socabaya 105

Cuadro Nro. 5.9.2.1 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación la Pampilla 108

Cuadro Nro. 5.9.2.2 Precipitación Máxima 24 horas – Estación chiguata.....109

Cuadro Nro. 5.9.2.3 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación las Salinas.....110

Cuadro Nro. 5.9.2.4 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Characato 111

Cuadro Nro. 5.9.2.5 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Aguada blanca.....112

Cuadro Nro. 5.10.2.1 Completacion de datos: Método Regresión Lineal.....115

Cuadro Nro. 5.10.2.2 Curva de Regresión Ajustada – Estación Aguada Blanca – Mes de Enero.....117

Cuadro Nro. 5.10.2.3 Curva de Regresión Ajustada – Estación Aguada Blanca – Mes de Febrero.....117

Cuadro Nro. 5.10.2.2 Completacion de dato de Precipitación Máxima de 24 Horas de la Estación Aguada Blanca – Método Regresión Lineal 119

Cuadro Nro. 5.10.4.1 Método del U.S. Weather Bureau.....122

Cuadro Nro. 5.10.4.2 Precipitación Total Mensual – Estación La Pampilla.....123

Cuadro Nro. 5.10.4.3 Precipitación Total Mensual – Estación Chiguata.....123

Cuadro Nro. 5.10.4.4 Precipitación Total Mensual – Estación Las Salinas.....124

Cuadro Nro. 5.10.4.5 Precipitación Total Mensual – Estación Aguada Blanca.....124

Cuadro Nro. 5.10.4.6 Aplicación del método U.S. National Weather Bureau Service en la estación – La Pampilla – 2013.....125

Cuadro Nro. 5.10.4.7 Método de la Regresión Normalizada 126

Cuadro Nro. 5.10.4.8 Aplicación del Método de la Regresión Normalizada en la Estación – Las Salinas - 2011.....127

Cuadro Nro. 5.11.1.2.1 Análisis Doble Masa (1995 - 2015).....132

Cuadro Nro. 5.11.1.3.1 Análisis de Periodos Seleccionados 136

Cuadro Nro. 5.11.1.3.2 Análisis de Parámetros Estadísticos 137

Cuadro Nro. 5.11.1.3.3 Prueba de la Media y de la Desviación Estándar.....137

Cuadro Nro. 5.11.2.1 Valores de *Kn* para la prueba de Datos Dudosos.....140

Cuadro Nro. 5.11.2.1.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación la Pampilla 141

Cuadro Nro. 5.11.2.2.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación Chiguata.....142

Cuadro Nro. 5.11.2.3.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación las Salinas 143

Cuadro Nro. 5.11.2.4.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación Characato 144

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.11.2.5.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación Aguada Blanca.....145
Cuadro Nro. 5.11.2.6 Resumen del Método de Wáter Resources Coulcil 145
Cuadro Nro. 5.11.2.7 Resumen del Método de Water Resources Coulcil 149
Cuadro Nro. 5.12.1.1 Precipitación Promedio – Método Aritmético.....154
Cuadro Nro. 5.12.2.1 Precipitación Promedio – Método de Thiessen 155
Cuadro Nro. 5.12.3.1 Isoyeta para el año 2002 159
Cuadro Nro. 5.13.2.5.1 Riesgo de falla 165
Cuadro Nro. 5.15.1 Probabilidades 168
Cuadro Nro. 5.17.1.1 Distribución Normal – Método de Momentos.....173
Cuadro Nro. 5.17.2.1 Distribución Log Normal – Método de Momentos 177
Cuadro Nro. 5.17.3.1 Distribución Log Normal II Parámetros – Método de Momentos 179
Cuadro Nro. 5.17.4.1 Distribución Log Normal III Parámetros – Método de Momentos 183
Cuadro Nro. 5.17.5.1 Distribución Gumbel – Método de Momentos.....186
Cuadro Nro. 5.17.6.1 Distribución Log Gumbel – Método de Momentos.....188
Cuadro Nro. 5.17.7.1 Distribución Gamma II Parámetros – Método de Momentos.....191
Cuadro Nro. 5.17.8.1 Distribución Pearson Tipo III – Método de Momentos.....194
Cuadro Nro. 5.17.9.1 Distribución Log Pearson Tipo III – Método de Momentos 198
Cuadro Nro. 5.17.9.2 Resumen de Modelos de Distribución de Probabilidad para diferentes Métodos de Precipitación Promedio I.....200
Cuadro Nro. 5.17.9.3 Resumen de Modelos de Distribución de Probabilidad para diferentes Métodos de Precipitación Promedio II 201
Cuadro Nro. 5.18.1.1 Ajuste a una Distribución Normal 204
Cuadro Nro. 5.18.1.2 Ajuste a una Distribución Log Normal.....204
Cuadro Nro. 5.18.1.3 Ajuste a una Distribución Log Normal II Parámetros 204
Cuadro Nro. 5.18.1.4 Ajuste a una Distribución Log Normal III Parámetros.....205
Cuadro Nro. 5.18.1.5 Ajuste a una Distribución Gumbel 205
Cuadro Nro. 5.18.1.6 Ajuste a una Distribución Log Gumbel 205
Cuadro Nro. 5.18.1.7 Ajuste a una Distribución Gamma II Parámetros 206
Cuadro Nro. 5.18.1.8 Ajuste a una Distribución Pearson III Parámetros.....206
Cuadro Nro. 5.18.1.9 Ajuste a una Distribución Log Normal Tipo III Parámetros 206
Cuadro Nro. 5.18.1.10 Verificación de la función de Distribución de Probabilidad 207
Cuadro Nro. 5.18.2.1 Método del Error Cuadrático Mínimo - I 208

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.18.2.1 Método del Error Cuadrático Mínimo - II 209

Cuadro Nro. 5.18.3.1 Valores críticos para la prueba Smirnov – Kolmogorov 210

Cuadro Nro. 5.18.3.2 Método de Smirnov Kolmogorov - I 212

Cuadro Nro. 5.18.3.2 Método de Smirnov Kolmogorov - II.....213

Cuadro Nro. 5.18.3.3 Verificación de la función de Distribución de Probabilidad 214

Cuadro Nro. 5.19.1 Selección de la Función de Distribución 214

Cuadro Nro. 5.19.2 Resumen de Pruebas Estadísticas - (3) 216

Cuadro Nro. 5.19.3 Calculo de Los modelos de distribución por diferentes Softwares para un periodo de retorno de 100 años – (3) 216

Cuadro Nro. 5.19.4 Resumen de Pruebas Estadísticas – (5) 218

Cuadro Nro. 5.19.5 Calculo de Los modelos de distribución por diferentes Softwares para un periodo de retorno de 100 años – (5) 218

Cuadro Nro. 5.20.1.1 Lluvias Máximas (Periodo 1995 - 2015).....222

Cuadro Nro. 5.20.1.2 Intensidades Máximas (Periodo 1995 - 2015).....222

Cuadro Nro. 5.20.1.3 Intensidad – Duración - Frecuencia.....223

Cuadro. Nro. 5.21.1 Método del Bloque Alterno T = 100 años 228

Cuadro Nro. 5.21.2 Método del Bloque Alterno T = 50 años 229

Cuadro Nro. 5.22.2.1.1 Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, sub urbana y urbana *"hidrología aplicada de Ven Te Chow. Pág. 154"* 235

Cuadro Nro. 5.22.2.2.1 Determinación del Número de Curva e Impermeabilidad de la Cuenca del rio Socabaya.....238

Cuadro Nro. 5.22.2.2.2 Resultados método racional Modificado Temez para un Periodo de Retorno de 100 años 238

Cuadro Nro. 5.22.2.2.3 Resumen de Caudales para diferentes modelos de Distribución de Probabilidad – Método Racional Modificado Temez I 239

Cuadro Nro. 5.22.2.2.4 Resumen de Caudales para diferentes modelos de Distribución de Probabilidad – Método Racional Modificado Temez II 240

Cuadro Nro. 5.22.3.3.1 Resultados del Tiempo de Concentracion 243

Cuadro Nro. 5.22.3.3.2 Resumen de Caudales para diferentes modelos de Distribución de Probabilidad – Método Software HEC HMS I 247

Cuadro Nro. 5.22.3.3.3 Resumen de Caudales para diferentes modelos de Distribución de Probabilidad – Método Software HEC HMS II.....248

Cuadro Nro. 5.22.5.1 Valores para el cálculo del Coeficiente de Rugosidad 259

Cuadro Nro. 5.22.5.2 Resultados Hidráulicos por medio del Software HEC RAS.....262

Cuadro Nro. 5.22.5.3 Softwares Comerciales para zonas de inundación.....262

Cuadro Nro. 5.22.5.4 Coeficiente de contracción y expansión para flujo sub critico...266

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.22.5.5 Resumen de conceptos fundamentales de hidráulica básica 274

Cuadro Nro. 5.22.5.6 Valores de la constante Adimensional “D” 278

Cuadro Nro. 5.22.5.7 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos.....288

Cuadro Nro. 5.22.5.8 Resumen de modelación hidráulica con Hec Ras 1D y 2D (Dimensionalidad) 293

Cuadro Nro. 5.22.5.4 Hidrograma para un periodo de retorno de 50 años 302

Cuadro Nro. 5.22.5.5 Hidrograma para un periodo de retorno de 100 años 303

Cuadro Nro. 5.22.5.6 Hidrograma para un periodo de retorno de 200 años 305

Cuadro Nro. 6.3.1 Criterio Hidráulico e Hidrológico.....311

Cuadro Nro. 6.4.1 Criterio Ambiental.....312

Cuadro Nro. 6.7.1 Coordenadas de Hitos.....315

Cuadro Nro. 7.4.2.1 Dimensiones de gavión tipo caja.....325

Cuadro Nro. 7.4.3.1 Coeficiente de Rugosidad dependiente del lecho natural del rio..326

Cuadro Nro. 7.4.3.2 Coeficiente de Borde Libre.....327

Cuadro Nro. 7.4.3.3 Coeficiente de Frecuencia 329

Cuadro Nro. 7.4.3.4 Espesores indicativos de los revestimientos en colchones y en gaviones en función de la velocidad de la corriente 330

Cuadro Nro. 7.5.3.1 Factores de Zona.....347

Cuadro Nro. 7.5.5.1 Valores Aproximados de Fs (factor de orilla) 379

Cuadro Nro.7.5.5.2 Coeficiente de Tipo de Rio 380

Cuadro Nro. 7.5.5.3 Material del Cauce.....380

Cuadro Nro. 7.5.5.4 Valores de Rugosidad de Manning.....380

Cuadro Nro. 7.5.5.5 Condiciones de fondo de rio.....381

Cuadro Nro. 7.5.5.6 Sección Estable - Comparativo.....381

Cuadro Nro. 7.5.5.7 Valores de X en función del tipo de suelo.....384

Cuadro Nro. 7.5.5.8 Valores de Coeficiente β 385

Cuadro Nro. 7.5.5.9 Talud en función de la altura 387

Cuadro Nro. 7.5.5.11 Coeficiente de Rugosidad dependiente del lecho natural del rio388

Cuadro Nro. 7.5.5.12 Valores de Coeficientes ∅.....389

Cuadro Nro. 7.5.5.13 Factor de aproximación del volumen de una piedra en la forma de un cubo 391

Cuadro Nro. 7.5.5.13 Calculo de la Socavación generalizada en el tramo de estudio de Defensa Ribereña.....395

Cuadro Nro. 9.1.1 Área Agrícola 414

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 9.1.2 Calidad Agrologica Alta 414
Cuadro Nro. 9.6.1 Clasificación de Impactos 420
Cuadro Nro. 9.6.2 Matriz de Leopold de Identificación de Impactos 421

INDICE DE FIGURAS

Figura Nro. 2.1.1 Ubicación Geográfica de la Cuenca del rio Socabaya 26
Figura Nro. 2.1.2 Ubicación Distrital de la Cuenca del rio Socabaya 27
Figura Nro. 2.2.1 Ubicación Hidrográfica de las Cuencas en el área del Proyecto 29
Figura Nro. 2.2.2 Ubicación de la Cuenca Quilca - Vitor - Chili 30
Figura Nro. 2.2.3 Ubicación de las Unidades Hidrográficas de la Cuenca Quilca - Vitor - Chili 31
Figura Nro. 2.2.4 Ubicación del rio Socabaya 32
Figura Nro. 2.3.1 Ubicación de Unidades Hidrográficas del Departamento de Arequipa 34
Figura Nro. 2.3.2 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Ocoña 35
Figura Nro. 2.3.3 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Camana 36
Figura Nro. 2.3.4 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Quilca – Vitor - Chili 37
Figura Nro. 2.3.5 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Tambo 38
Figura Nro. 2.3.6 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Pecadores Caraveli 39
Figura Nro. 2.3.7 Ubicación Provincial del proyecto y sus Afluentes principales 40
Figura Nro. 2.3.8 Determinación fisiográfica de la cuenca Quilca – Vitor - Chili 41
Figura Nro. 2.3.9 Ubicación del tramo de rio en estudio para el proyecto 42
Figura Nro. 4.4.4.1 Clasificación de suelos, GEO AREQUIPA 69
Figura Nro. 4.4.4.2 Geomorfología de la Cuenca Socabaya 69
Figura Nro. 5.6.3.1.1 Determinación de la pendiente de la cuenca SOCABAYA, criterio de HORTON 79
Figura Nro. 5.6.3.2.1 Determinación de la pendiente de la cuenca SOCABAYA, criterio de NASH 83
Figura Nro. 5.6.3.3.1 Determinación de la pendiente de la cuenca SOCABAYA, criterio de ALVORD 87
Figura Nro. 5.6.3.3.2 Mapa de Pendientes de la Cuenca Socabaya mediante Arc Gis 10.1 92
Figura Nro. 5.8.1 Calculo de parámetros Geomorfológicos con Arc Gis en la cuenca Socabaya - I 101

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.8.2 Calculo de parámetros Geomorfológicos con Arc Gis en la cuenca Socabaya - II 102

Figura Nro. 5.9.1.1 Ubicación de las Estaciones 106

Figura Nro. 5.9.2.1 Cuenca Socabaya con ArcScene 3D 107

Figura Nro. 5.10.4.1 Ubicación de estaciones con el Método del U.S. Weather Bureau 121

Figura Nro. 5.11.2.1 Precipitación – 8 de febrero del 2013 138

Figura Nro. 5.12.2.1 Precipitación Promedio – Método de Thiessen 156

Figura Nro. 5.13.2.2.1.1 Función de probabilidad discreta 161

Figura Nro. 5.13.2.2.2.1 Función de probabilidad continúa 162

Figura Nro. 5.13.2.3.1 Probabilidad de excedencia y no excedencia 162

Figura Nro. 5.13.2.3.2 Probabilidad de un evento a ≤ x ≤ b 163

Figura Nro. 5.13.2.3.3 Probabilidad puntual 163

Figura Nro. 5.21.1 Descripción del método mediante el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje 227

Figura Nro. 5.21.2 Resultado del método de los bloques alternados 228

Figura Nro. 5.22.2.2.1 Determinación del parámetro de número de curva e impermeabilidad 237

Figura Nro. 5.22.3.1 Método Software HEC-HMS 245

Figura Nro. 5.22.3.2 Modelamiento HEC-HMS, Periodo de Retorno de 100 años 245

Figura Nro. 5.22.3.3 Modelamiento HEC-HMS, Periodo de Retorno de 50 años 246

Figura Nro. 5.22.3.4 Hietograma e Hidrograma de Crecidas T=100 años 246

Figura Nro. 5.22.4.1 Calculo con HEC-RAS 4.1 249

Figura Nro. 5.22.4.2 Vista del trazo del eje del rio y secciones importadas a HEC-RAS 251

Figura Nro. 5.22.4.3 Modelación de los parámetros Geométricos e Hidráulicos en el puente Socabaya con Hec Ras 5.0.3 255

Figura Nro. 5.22.4.4 Simulación de Inundación en el Puente Socabaya con HEC RAS 5.0.3 255

Figura Nro. 5.22.4.5 Modelación de los parámetros Geométricos e Hidráulicos en el puente Sabandia con Hec Ras 5.0.3 256

Figura Nro. 5.22.4.6 Simulación de Inundación en el Puente Sabandia con HEC RAS 5.0.3 256

Figura Nro. 5.22.5.1 Mapa de zonas de Inundación, T=100 años – Rio Socabaya 261

Figura Nro. 5.22.5.2 Mapa de tirante Hidráulica, T=100 años – Rio Socabaya 261

Figura Nro. 5.22.5.3 Representación de los términos del balance de energía 263

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.4 Distribución de la sección para obtener el factor de transporte ...264

Figura Nro. 5.22.5.5 Valor ponderado de la energía cinética.....265

Figura Nro. 5.22.5.6 Variación de la energía especifica en un canal, en régimen gradualmente variado, para un caudal dado 267

Figura Nro. 5.22.5.7 Fuerzas actuantes sobre el control definido entre dos secciones .269

Figura Nro. 5.22.5.8 Resumen del modelamiento hidráulico con Hec Ras 1D.....273

Figura Nro. 5.22.5.9 Elementos que componen la malla en Hec Ras 2D 276

Figura Nro. 5.22.5.10 Configuración geométrica del mallado del método de volúmenes finitos.....279

Figura Nro. 5.22.5.11 Modelación del coeficiente de Manning con Hec Ras 2D.....281

Figura Nro. 5.22.5.12 Modelo Digital del Terreno Con Hec Ras 2D 282

Figura Nro. 5.22.5.13 Coeficiente de rugosidad de Manning en el tramo de estudio para Hec Ras 2D.....283

Figura Nro. 5.22.5.14 Tirante hidráulico en la zona de inundación el pasto con el Software Hec Ras 2D 284

Figura Nro. 5.22.5.15 Velocidades en la zona de inundación el Pasto con el Software Hec Ras 2D.....284

Figura Nro. 5.22.5.16 Líneas de corriente de inundación en mapa de velocidades 285

Figura Nro. 5.22.5.17 Geometría del cauce con el Software Iber 287

Figura Nro. 5.22.5.18 Malla no estructurada en la zona de inundación con Iber.....290

Figura Nro. 5.22.5.19 Inundación del tramo de rio Socabaya 12.5 Km con el Software Iber (Tirante Máximo).....291

Figura Nro. 5.22.5.20 Tirante hidráulico en la zona de inundación el pasto con el Software Iber 291

Figura Nro. 5.22.5.21 Inundación del tramo de rio Socabaya 12.5 Km con el Software Iber (Velocidades Máximas) 292

Figura Nro. 5.22.5.22 Velocidades en la zona de inundación el Pasto con el Software Iber.....292

Figura Nro. 5.22.5.23 Inundación Flujo no permanente – Método de Grillado con Hec Ras 5.0.3 – Tirante Máximo en la zona de protección 294

Figura Nro. 5.22.2.24 Inundación Flujo no permanente – Método de Grillado con Hec Ras 5.0.3 – Tirante Máximo en el Puente Socabaya 294

Figura Nro. 5.22.2.25 Inundación Flujo no Permanente – Método Grillado con Hec Ras 5.0.3 – Velocidades Máximas.....295

Figura Nro. 5.22.2.26 Inundación Flujo no Permanente – Método Grillado con Hec Ras 5.0.3 – Velocidad Máxima en la zona de protección.....295

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.27 Inundación Flujo no Permanente – Método Grillado con Hec Ras 5.0.3 – Velocidad Máxima en el Puente Socabaya.....296

Figura Nro. 5.22.2.28 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3.....296

Figura Nro. 5.22.2.29 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Tirante Máximo en la Zona de protección 297

Figura Nro. 5.22.2.30 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Tirante Máximo en el Puente Socabaya 297

Figura Nro. 5.22.2.31 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Velocidad Máxima 298

Figura Nro. 5.22.2.32 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Velocidad Máxima en la zona de Protección 298

Figura Nro. 5.22.2.33 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Velocidad Máxima en el Puente Socabaya 299

Figura Nro. 5.22.2.34 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Tirantes Máximos.....299

Figura Nro. 5.22.2.35 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Tirante máximo en la zona de proyecto 300

Figura Nro. 5.22.2.36 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Tirante máximo en el Puente Socabaya 300

Figura Nro. 5.22.2.37 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Velocidad Máxima en la zona de proyecto 301

Figura Nro. 5.22.2.38 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Velocidad Máxima en el Puente Socabaya 301

Figura Nro. 5.22.2.39 Tirante Máximo en la zona de protección para un periodo de retorno de 50 años.....302

Figura Nro. 5.22.2.40 Tirante Máximo en el Puente Socabaya para un periodo de retorno de 50 años.....303

Figura Nro. 5.22.2.41 Tirante Máximo en la zona de protección para un periodo de retorno de 100 años.....304

Figura Nro. 5.22.2.42 Tirante Máximo en el Puente Socabaya para un periodo de.....304

retorno de 100 años.....304

Figura Nro. 5.22.2.44 Tirante Máximo en la zona de protección para un periodo de retorno de 200 años.....305

Figura Nro. 5.22.2.45 Tirante Máximo en el Puente Socabaya para un periodo de retorno de 200 años.....306

Figura Nro. 5.22.2.46 Rio Socabaya 12.5 Km – ArcScene 3D 306

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 6.7.1 Delimitación de la faja Marginal por medio del Software Arc Gis. .314
Figura Nro. 7.4.3.1 Detalle de Gavión H=3.0 m 334
Figura Nro. 7.4.3.2 Perfil de Gavión H=3.0 m 334
Figura Nro. 7.5.3.1 Zonas Sísmicas.....348
Figura Nro. 7.5.3.2 Zonificación en Arequipa 348
Figura Nro. 7.5.3.2 Detalle de reforzamiento de muro de contención 358
Figura Nro. 7.5.3.2 Perfil Muro de Concreto Armado H = 4.0 m 360
Figura Nro. 7.5.3.3 Perfil Muro de Concreto Armado H = 5.0 m 362
Figura Nro. 7.5.3.4 Perfil Muro de Concreto Armado H = 6.0 m 364
Figura Nro. 7.5.3.5 Perfil Muro de Concreto Armado H = 7.5 m 366
Figura Nro. 7.5.4.1 Detalle de Muro de Gravedad H=3.0 m 377
Figura Nro. 7.5.4.2 Perfil de Muro de Gravedad H=3.0 m 377
Figura Nro.7.5.5.1 Detalle de Dique Enrocado H=3.0 m 393
Figura Nro.7.5.5.2 Perfil de Dique Enrocado H=3.0 m.....393

INDICE DE GRAFICOS

Grafica Nro. 5.7.1 Curva Hipsométrica.....95
Grafica Nro. 5.7.2 Polígono de Frecuencias Altimétricas.....96
Grafica Nro. 5.11.1.1.1 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación la Pampilla 129
Grafica Nro. 5.11.1.1.2 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Chiguata.....129
Grafica Nro. 5.11.1.1.3 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación las Salinas 130
Grafica Nro. 5.11.1.1.4 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Characto.....130
Grafica Nro. 5.11.1.1.5 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Aguada Blanca 131
Grafica Nro. 5.11.1.2.1 Diagrama Doble Masa.....133
Grafica Nro. 5.11.2.1 Prueba de Datos Dudosos – Estación la Pampilla.....146
Grafica Nro. 5.11.2.2 Prueba de Datos Dudosos – Estación Chiguata.....147
Grafica Nro. 5.11.2.3 Prueba de Datos Dudosos – Estación las Salinas.....147
Grafica Nro. 5.11.2.4 Prueba de Datos Dudosos – Estación Characato.....148
Grafica Nro. 5.11.2.5 Prueba de Datos Dudosos – Aguada Blanca 148
Grafica Nro. 5.11.2.6 Prueba de Datos Dudosos – Estación la Pampilla.....150
Grafica Nro. 5.11.2.7 Prueba de Datos Dudosos – Estación Chiguata.....150
Grafica Nro. 5.11.2.8 Prueba de Datos Dudosos – Estación las Salinas 151

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.2.9 Prueba de Datos Dudosos – Estación Characato.....151

Grafica Nro. 5.11.2.10 Prueba de Datos Dudosos – Estación Characato.....152

Gráfica Nro. 5.17.1.1 Comparación entre la Distribución Empírica (Histograma de Densidad) y la función de Densidad de Probabilidad para la Distribución Normal.....171

Grafica Nro. 5.17.1.2 Distribución Normal.....174

Grafica Nro. 5.17.2.1 Comparación entre la Distribución Empírica (Histograma de Densidad) y la función de Densidad de Probabilidad para la Distribución Log Normal.....175

Grafica Nro. 5.17.2.2 Distribución Log Normal 177

Grafica Nro.5.17.3.1 Distribución Log Normal II Parámetros.....180

Grafica Nro. 5.17.4.1 Distribución Log Normal III Parámetros 183

Grafica Nro. 5.17.5.1 Distribución Gumbel 186

Grafica Nro. 5.17.6.1 Distribución Log Gumbel.....188

Grafica Nro. 5.17.7.1 Distribución Gamma II Parámetros.....191

Grafica Nro. 5.17.8.1 Distribución Pearson Tipo III.....195

Grafica Nro. 5.17.9.1 Distribución Log Pearson Tipo III 198

Grafica Nro. 5.17.9.2 Resumen de Ajuste de Distribuciones de Probabilidad.....199

Grafica Nro. 5.19.1 Resumen de Curva de Probabilidad Teóricas y Empírica en escala Logarítmica – (3).....217

Grafica Nro. 5.19.2 Resumen de Curva de Probabilidad Teóricas y Empírica en escala Logarítmica – (5).....219

Grafica Nro. 5.20.1.1 Curvas I-D-F Socabaya 226

Grafica Nro. 5.21.2 Hietograma de Precipitación T = 100 años 230

Grafica Nro. 5.21.3 Hietograma de Precipitación T = 50 años 230

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO I

INTRODUCCION

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

Con el fin de garantizar la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia y otros servicios la ley Nro. 29338 **"Ley de Recursos Hídricos"** establece explícitamente la necesidad de mantener una **Faja Marginal** en los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales. (ANA, 2010)

La referida ley establece también que la Autoridad Administrativa del Agua, se encargara de determinar las dimensiones de la referida Faja Marginal tomando en cuenta los criterios que el reglamento de la citada ley establece.

Al constituirse la **Autoridad Nacional del Agua** (**ANA**), como ente responsable de dictar normas y establecer procedimientos para la gestión sostenible de los Recursos Hídricos, su reglamento de organización y funciones le confiere la responsabilidad de aprobar entre otros, la clasificación de los cuerpos de agua y la delimitación de las Fajas Marginales. (ANA, 2010)

"Sobre la base de esta Normatividad Legal me he propuesto el objetivo de elaborar lineamientos basados en criterios técnicos (HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS) para determinar la extensión de la Faja Marginal en el rio Socabaya" como también el "DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS DE TIPO FLEXIBLE Y RIGIDO para la protección de inundaciones en máximas avenidas para un periodo de retorno determinado".

Los términos de referencia, contienen criterios y lineamientos para la clasificación de los cuerpos de agua del Perú, en base a consideraciones hidrográficas, necesidades de las poblaciones locales y otras razones técnicas que establecen en la **"Ley de Recursos Hídricos"**.

Así mismo, se incluye los criterios y metodologías para la determinación del eje de los ríos (**Thalweg**) y el cauce estable de los mismos, principalmente basados en criterios **hidráulicos e hidrológicos**.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Finalmente se presentarán los lineamientos para la delimitación de la faja marginal sustentados en criterios de tipo legal, social, etc.

Es necesario señalar que siendo escasos los antecedentes relacionados con el tema en el país, para la formulación de los criterios propuestos, se ha recurrido a una exhaustiva revisión de metodologías y normas, evidenciándose que no existe mayor investigación que sustente el ancho de la faja marginal, por lo que generalmente se adopta criterios prácticos que permitan cierto margen de seguridad para el ecosistema ribereño. (ANA, 2010)

1.2 ANTECEDENTES

El respaldo legal para la delimitación de cauces y fajas marginales se encuentra amparado desde el **Art. 108** hasta el **Art. 122** del **capítulo III** (**causas, riberas y Fajas Marginales**) del título **V** del reglamento de ley 29338.

Existen usuarios y población interesada que están asentadas en gran parte de las riberas en el rio Socabaya, como en sus tributarios y progresivamente vienen creciendo las áreas invadidas de las Fajas referidas, aprovechando que no se tiene delimitadas.

Existe interés de los gobiernos locales de la zona de estudio, para la delimitación de la Faja Marginal ya que vienen generando problemas en el cumplimiento de los planes del desarrollo territorial urbano por las invasiones y luego en la gestión de riesgos por las máximas avenidas que se presentan en las riberas, apareciendo una serie de damnificados solicitando recursos a los gobiernos locales, teniendo una motivación especial por los daños ocasionados, problemas y necesidad de tener un ordenamiento territorial y conservación del agua y sus bienes asociados. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

Las Fajas Marginales se han venido determinando bajo el marco de la Ley N°17752 **“Ley General de Aguas”** en base a directivas y lineamientos como el Instructivo Técnico N° 001-DGAS-DODR, vigente desde el 28/10/1980.

Al entrar en vigencia la Ley N° 29338 **“Ley de Recursos Hídricos”** y su reglamento aprobado por decreto Supremo N° 001-2010-AG y publicado el 24/03/2010, las Normas basadas en la ley General de Aguas quedaron

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

automáticamente derogadas, por lo que resulta necesario establecer nuevas normas que permitan la determinación de las Fajas Marginales, en concordancia con lo que establece la ley N° 29338. (ANA, 2010)

El reglamento de esta ley por su parte establece explícitamente la necesidad de determinar las Fajas Marginales, asignándole funciones específicas, mientras que su reglamento establece que la **Autoridad Administrativa del Agua** es quien define sus dimensiones. (ANA, 2010)

Una revisión exhaustiva de las normas utilizadas hasta ahora, evidencian el predominio del criterio hidrológico (**control de inundaciones**) en el establecimiento de la Faja Marginal. En este sentido, el presenté proyecto de tesis procura establecer criterios que permitan la determinación de la Faja Marginal para que esta cumpla con todas las funciones que le asigna la ley, fundamentalmente aquella referida a la conservación, tanto de los cuerpos de agua como del ecosistema que forma la interface acuática y terrestre ubicada en las márgenes de los cuerpos de agua. (ANA, 2010)

El proyecto se desarrolló con un análisis de la situación actual del área del proyecto, describiendo sus componentes generales, físicos, bióticos, así como los recursos socio económico que influyen en el desarrollo de las comunidades en ambas márgenes del rio Socabaya.

Se realizó una evaluación real existente de la información de la cuenca para lo cual se visitó al Instituto Nacional de Recursos Naturales (**INRENA**) e instituto Nacional de Estadística e informática (**INEI**), y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (**SENAMHI**) para efectuar una descripción adecuada y representativa.

- El ambiente Físico (Clima y meteorología, topografía, geología y geomorfología, hidrografía, hidrología, calidad de aguas y suelos).
- El ambiente biológico (flora y fauna).
- El ambiente socioeconómico cultural.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El cauce principal del rio Socabaya, año tras año viene creando preocupación a todos los habitantes del valle sobre todo en las épocas de avenidas o las épocas de lluvias, la solución al problema del deterioro de los ecosistemas es preocupación apremiante para los planificadores del desarrollo, en algunos casos, este deterioro está asociado al crecimiento poblacional, ocupación de áreas o zonas intangibles de propiedad marginal por construcciones, instalación de cultivos y comercio informal, constituyendo zonas de alto riesgo y vulnerables a desastres naturales, como también al progreso de la tecnología, que viene generando problemas sociales relacionados a la contaminación ambiental, deterioro de la calidad del agua que responde a situaciones estructurales profundas como son la pobreza y los bajos niveles culturales. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

Delimitación

Por lo mencionado en la definición del problema, el presente proyecto de estudio de tesis se centra en realizar el correcto **Modelamiento Hidrológico e Hidráulico**, determinando así la delimitación de la Faja Marginal del rio Socabaya. (Km 12 +500.00).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Mitigar los posibles daños que puedan presentarse en el futuro (**Inundaciones**), y protección de zonas vulnerables (**Defensas Ribereñas**). Ya que es de vital importancia para el Distrito de Socabaya tratar de solucionar el problema de inseguridad y riesgo físico (**humano**), frente a una máxima avenida en el rio Socabaya. Un problema central que encamina a este proyecto a realizar estudios de Ingeniería (**Hidrología e Hidráulica**) y de la protección de riberas, encauzamiento del rio, obras de ingeniería hidráulica como: Muros de Contención (**Gaviones, Diques Enrocados, Muros de Gravedad y Muros en Voladizo de Concreto Armado**), para la evaluación y elección de la mejor estructura de contención en la zona vulnerable del rio Socabaya.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Realizar la delimitación de la Faja Marginal del Rio Socabaya en el tramo comprendido de Yumina – Socabaya (**12.5 Km**).
- Protección de la población establecida, evitar desastres y emergencias en las zonas de influencia del cauce del rio Socabaya a través de Protección de Riberas (**Defensas Ribereñas**).
- Proporcionar información básica (**Hidrología e Hidráulica**) para promover proyectos de obras hidráulicas, protección y turismo.
- Proporcionar el Diseño de Obras de Protección de Muros de Contención (**Gaviones**, **Diques Enrocados**, **Muros de Gravedad** y **Muros en Voladizo de Concreto Armado**)
- Conservación del cauce del curso de agua y de las condiciones Hidráulicas del Rio Socabaya.
- Revisar y evaluar la normatividad legal vigente respecto a las Fajas Marginales.
- Proteger el terreno de la Faja Marginal como área intangible para el servicio público y así orientar el desarrollo armónico entre la naturaleza y las poblaciones en crecimiento respetando las normas como la **"La Ley General de Aguas"**.
- Establecer criterios para la determinación del ancho de la Faja Marginal que garanticen el libre tránsito, la satisfacción de las necesidades primarias, y la protección de los cursos y cuerpos de agua, naturales y/o artificiales, según lo establecido en el artículo 74° de la **"Ley de Recursos Hídricos"**.
- Validar y colocar los hitos de delimitación de la Faja Marginal en ambas márgenes del rio Socabaya, para proteger el área intangible de acceso y servicio público de las riberas del rio como zona protectora en todo su curso, en la parte urbana 12.5 Km.

1.4.2 Objetivos Específicos

Modelamiento Hidrológico:

- Recopilar información Cartográfica (**Cartas Nacionales**).
- Delimitar la Cuenca del rio Socabaya.
- Calcular Parámetros Físicos o Morfométricos de la Cuenca del rio Socabaya.
- Calcular Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca del rio Socabaya.
- Calcular Parámetros Hidráulicos de la Cuenca del rio Socabaya.
- Ubicar **Estaciones Hidrometeorológicas** que tienen influencia sobre la zona de estudio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Completar los datos faltantes de los registros de precipitación máxima de 24 horas de las Estaciones en estudio por diferentes métodos: **Regresión Lineal**, **Aritmético**, **Regresión Normalizada** y **U.S. Weather Bureau**.
- Determinar la precipitación promedio mediante los métodos: **Aritmético**, **Polígono de Thiessen** e **Isoyetas**.
- Análisis de Consistencia (**Grafico**, **Doble Masa**, **Estadístico**) y Datos Dudosos (**Outliers**).
- Evaluar las **Distribuciones de Frecuencia** más usadas en la Hidrología para definir la distribución de mejor ajuste a los registros históricos para las Estaciones Hidrometeorológicas de mayor influencia en la zona de estudio. Como también verificar las Distribuciones con los modelos (**Prueba de Chi Cuadrado**, **Error Cuadrático Mínimo** y **Prueba de Smirnov – Kolmorov**)
- Elaboración de las Curvas **I-D-F** (**Intensidad Duración y Frecuencia**)
- Modelar con **HEC – HMS**, el proceso lluvia escorrentía para la obtención de las descargas máximas para diferentes periodos de retorno.
- Modelar con el **Método Racional Modificado** (**Temez**), el proceso lluvia escorrentía para la obtención de las descargas máximas para diferentes periodos de retorno.

Modelamiento Hidráulico

- Representar en modelo digital, la topografía del cauce del rio Socabaya (**12.5 Km**) y el tramo donde se encuentran emplazados los puentes respectivos (**Puente Socabaya y Sabandia**).
- Definir el eje del cauce del rio Socabaya (**Thalweg**).
- Delimitar el ancho de cauce del rio Socabaya.
- Determinar el coeficiente de rugosidad de Manning para el cauce del rio Socabaya. (**Método Cowan**)
- Modelar con el Software **HEC – RAS**, el nivel de superficie de agua producida por el caudal de máxima avenida a partir de la cuenca principal del Rio Socabaya (**Periodo de Retorno 50 y 100 años**), que permitirá realizar un dimensionamiento adecuado de la protección contra inundaciones para la localidad, en puntos críticos de constante inundación, así como en zonas de inminente peligro, para lo cual se cuenta con un tramo de estudio de **12.5 Km de longitud** (**Yumina – Confluencia con el rio Yarabamba**).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Determinar las características hidráulicas, luego del tránsito del caudal de máxima avenida (**Periodo de Retorno 50 y 100 años**) en el tramo de estudio del Rio Socabaya, considerando para ello la utilización de secciones transversales distribuidas perpendicularmente a la línea del thalweg en el cauce principal del rio Socabaya.
- Determinar los tirantes y velocidades máximas, los mismos que permitirán diseñar la protección contra inundaciones (**Estructura Hidráulica de Protección**).
- Determinar la profundidad de **Socavación General**, luego de transitar el caudal de máxima avenida para el caso sin estructura hidráulica y la local para el caso con estructura hidráulica.
- Proporcionar información de obras de infraestructura hidráulica de protección y conservación del rio.
- Diseño de obras de infraestructura hidráulica de protección como conservación del rio (**Gaviones, Diques Enrocados, Muros de Gravedad y Muros en Voladizo de Concreto Armado**).
- Realizar el análisis de estabilidad de cada una de las estructuras hidráulicas propuestas, frente a diferentes solicitudes de **carga y sismo**, verificando los factores de seguridad correspondientes a **volteo**, **deslizamiento** y **Presión de contacto en la base**.
- Diagnostico e Identificación de los factores contaminantes del rio Socabaya.
- Elaboración de mapas de inundación en el tramo de estudio del rio Socabaya (**12.5 Km**), como también planos de la infraestructura de contención (**Gaviones**, **Diques Enrocados**, **Muros de Gravedad** y **Muros en Voladizo de Concreto Armado**).

1.5 JUSTIFICACION

Se justifica el estudio de tesis ampliamente para conservar el cauce y Fajas Marginales ya que actualmente los usuarios de propiedades aledañas e interesados se asientan en las riberas del rio Socabaya, y en sus diferentes ríos tributarios, poniendo en riesgo las actividades productivas y también su integridad física en periodo de máxima avenidas y legalmente se sustenta en los puntos indicados en el **capítulo III** (**Causas, Riberas y Fajas Marginales**) del título **V** del reglamente de la ley 29338.

El Distrito de Socabaya, tiene como fuente principal de recurso hídrico el rio Socabaya para el abastecimiento de agua para los cultivos, necesarios para el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

progreso de la ciudad, teniendo en consideración como actividades principales del valle la agricultura y ganadería. (Proyecto de mitigación sector Lara – Socabaya – Arequipa, 2002)

La explosión demográfica de la capital del departamento de Arequipa y en sus distritos están dando lugar a una serie de problemas sociales como son desempleo, delincuencia, invasión de áreas reservadas por el estado, confinamiento de viviendas y cuyo resultado inmediato es la contaminación de las aguas como la acumulación de desperdicios al cauce del rio, afectando de manera acelerada la contaminación del recurso hídrico. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

Este crecimiento acelerado de la población urbana también se ve reflejada en el valle del Distrito de Socabaya, con una serie de problemas sociales como ya se mencionó, en consecuencia, esto conlleva al deterioro del rio por diferentes factores, ocupación de riberas por viviendas no autorizados, la calidad del agua e invasión de áreas de la **Faja Marginal** (**ocupación indebida de áreas aledañas a los ríos**). Situación que se ve con bastante preocupación sobre todo en la zona urbana, cuya solución en parte pasa por la Delimitación de la Faja Marginal, **Es precisamente por esta situación que este Proyecto de Tesis se centra en la recuperación del rio y el respeto de las normas legales.**

Queda evidenciada la importancia del proyecto no solo porque el agua es sinónimo de vida, si no también es muy necesario en el desarrollo socioeconómico del Distrito de Socabaya.

1.6 METAS

La meta principal del proyecto de tesis es la construcción de **Obras Civiles** como los Muros de Contención en Voladizo de Concreto Armado.

- Descolmatación del cauce
- Excavación y corte de terreno
- Construcción de los Muros
- Rellenó con material propio.

Así como también, áreas de recuperación, áreas de protección del cauce y ribera. Lo cual se presentará como resultados de los **estudios hidrológicos e hidráulicos**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

en **mapas de inundación en la zona** de estudio por medio del Software Arc Gis 10.1.

1.7 BASE LEGAL

Constitución política del Perú

- Decreto Ley No. 17752 **"Ley General de Aguas"**
- Decreto Supremo No. 929-73-AG. Reglamento del Título VI **"De las propiedades marginales"** del Decreto Ley No.17752. Ley General de aguas.
- Decreto Supremo No. 012-94-AG. **"Declaran áreas intangibles los cauces, riberas y fajas marginales de los ríos, arroyos, lagos, lagunas y vasos de almacenamiento"**.

LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL ESTA SUSTENTADA EN LAS SIGUIENTES NORMATIVIAS GENERALES

DECRETO LEY N º 17752 "LEY GENERAL DE AGUAS"

Artículo 5º.- Son igualmente de propiedad inalienable e imprescriptible del Estado:

a) La extensión comprendida entre la baja y alta marea, más una faja no menor de 50 metros de ancho paralela a la línea de alta marea.

b) Los terrenos marginales marítimos que se reservan por razones de Seguridad Nacional o uso público.

c) Los álveos o cauces de las aguas.

d) Las áreas ocupadas por los nevados y los cauces de los glaciares.

e) Los estratos o depósitos por donde discurren o se encuentran las aguas subterráneas.

f) Las islas existentes y las que se forman en el mar, en los lagos, lagunas o esteros o en los ríos, siempre que no procedan de una bifurcación de las aguas, al cruzar tierras de propiedad de particulares.

g) Los terrenos ganados por causas naturales o por obras artificiales, al mar, a los ríos, lagos o lagunas, esteros y otros cursos o embalses de aguas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Artículo 79º.- En las propiedades aledañas a los álveos naturales, se mantendrá libre la faja marginal de terreno, necesario para el camino de vigilancia y en su caso, para el uso primario del agua, la navegación, el tránsito, la pesca u otros servicios. Las dimensiones de la faja, en una o ambas márgenes serán fijadas por la Autoridad de Aguas, respetando, en lo posible, los usos y costumbres establecidos. Podrá también dicha Autoridad, cuando fuera necesario, fijar la zona sujeta a servidumbre de abrevadero. En todos estos casos no habrá lugar a indemnización por la servidumbre, pero quienes usaren de ellas, quedan obligados, conforme al derecho común, indemnizar los daños que causaren, tanto en las propiedades sirvientes como en los cauces públicos o en las obras hidráulicas. (ANA, 2011)

REGLAMENTO DEL TITULO VI "DE LAS PROPIEDADES MARGINALES" DEL DECRETO LEY N º 17752- LEY GENERAL DE AGUAS".

Artículo 1º.- Se entiende por propiedades marginales, para los efectos del presente Reglamento, los predios rústicos confinantes con las márgenes de los álveos o cauce de los ríos, arroyos, lagos, lagunas, esteros, golfos, bahías, ensenadas o con el mar territorial. (ANA, 2011)

Artículo 2º.- Se entiende por álveo o cauce, el continente de las aguas que ocupan en sus máximas crecientes. (ANA, 2011)

Artículo 13º.- Se entiende por riberas las áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel de sus aguas mínima y el que este alcance en sus mayores avenidas ordinarias. (ANA, 2011)

Artículo 14º.- Los límites de las riberas, serán determinados por la Administración Técnica para los efectos del presente Reglamento. (ANA, 2011)

Artículo 19º.- Se entiende por Faja Marginal el área inmediata superior a la Ribera de un río, arroyo, laguna, charco, estanque, vaso de almacenamiento y otros. (ANA, 2011)

Artículo 20º.- Los propietarios de las tierras aledañas a los álveos están obligados a mantener libre la faja marginal del terreno destinado al camino de vigilancia y,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

en su caso, al uso primario del agua, la navegación, el tránsito, la pesca u otros servicios. En todo caso no habrá lugar a indemnización por la servidumbre; pero en caso de daños, los usuarios quedan obligados a la respectiva indemnización. (ANA, 2011)

Artículo 21º.- La Administración Técnica fijará en cada caso el ancho de la faja marginal en uno o ambos cauces, teniendo en cuenta la importancia del cauce y la infraestructura necesaria para la conservación del servicio que va a prestar. (ANA, 2011)

Artículo 23º.- No se permitirá instalación o construcción de viviendas dentro de las fajas marginales, salvo que se hubiesen efectuado obras de defensa y con la previa autorización del Ministerio de Vivienda. (ANA, 2011)

1.8 VÍAS DE ACCESO Y ACCESIBILIDAD A LA ZONA DEL PROYECTO

Se estima que la población actual de la cuenca es de 925295 habitantes. La mayor parte de la población de la cuenca se concentra en Arequipa Metropolitana, cuyos distritos más poblados son Cerro Colorado (**137194 Hab**.), Paucarpata (**121273 Hab**.), Cayma (**86079 Hab**.), Alto Selva Alegre (**78626 Hab**.), José Luis Bustamante y Ribero (**75118 Hab**.), Socabaya (**72227 Hab**.) y Arequipa. Otros poblados importantes de la cuenca son La Joya (**28219 Hab**.), Pedregal y Majes (**41444 Hab**.) (PEDC – SOCABAYA, 2017)

La agricultura es una de las actividades más importantes de la cuenca **Quilca** – **Vitor** – **Chili**, en cuento a las vías de acceso a la ciudad de Arequipa, que es el centro técnico y administrativo de la **Cuenca Quilca - Vitor – Chili**, se accede desde la ciudad de Lima, mediante la carretera Panamericana recorriendo 1120 Km en 14 horas de viaje. Cuenta con el aeropuerto Rodríguez Ballón, al cual puede acceder desde el aeropuerto internacional Jorge Chávez, de Lima – Callao, en 1 hora de vuelo. Por la marítima, puede accederse a los puertos de Ilo y Matarani, los cuales están unidos a la Ciudad de Arequipa mediante la carretera Panamericana y distantes 500 y 130 Km respectivamente. (PEDC – SOCABAYA, 2017).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO II

UBICACIÓN DEL PROYECTO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO II

2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se encuentra localizado geográficamente en el Sur Oeste de la ciudad de Arequipa, en la región de Arequipa, provincia de Arequipa, a una distancia de 12 Km del centro histórico de la ciudad, comprendida entre las coordenadas 16° 27’ 51’’ Latitud Sur y 71° 31’ 40’’ Longitud Oeste, se localiza en un pequeño valle circundado de cerros rocosos de una altura media que son ramales de la cadena de cerros llamada Calera, a una altura de 2310 m.s.n.m. (Proyecto de mitigación sector Lara – Socabaya, 2002)

2.1.1 Limites Distritales

Al Norte con José Luis Bustamante y Rivero, al Sur con Yarabamaba y Quequeña, al Este con Mollebaya, Sabandia y Characato, al Oeste con Jacobo D. Hunter y la cadena de cerros de la Calera que sigue de Sur a Norte.

2.1.2 Población

La población total del Distrito de Socabaya se eleva a 45000 Habitantes, esta población representa el 5.7% de población de Arequipa y el 4.2% de la población departamental. Su densidad poblacional es de 2050 habitantes por Km². La distribución de su población es bastante desigual, sabiendo que la mayor parte de ella (97.14%) se concentra en las áreas urbanas dejando el 2.86% restante (1.096 Hab.) en las áreas rurales. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

2.1.3 Anexos del Distrito

El pueblo	los Cristales	Salaverry
La Pampa	Villa Campo Ferial	Corredor el Golf
Alto Buena Vista	Urbanización Lara	Santa Cruz de Lara
Pueblo Viejo	Lara tradicional	Los Bosques

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

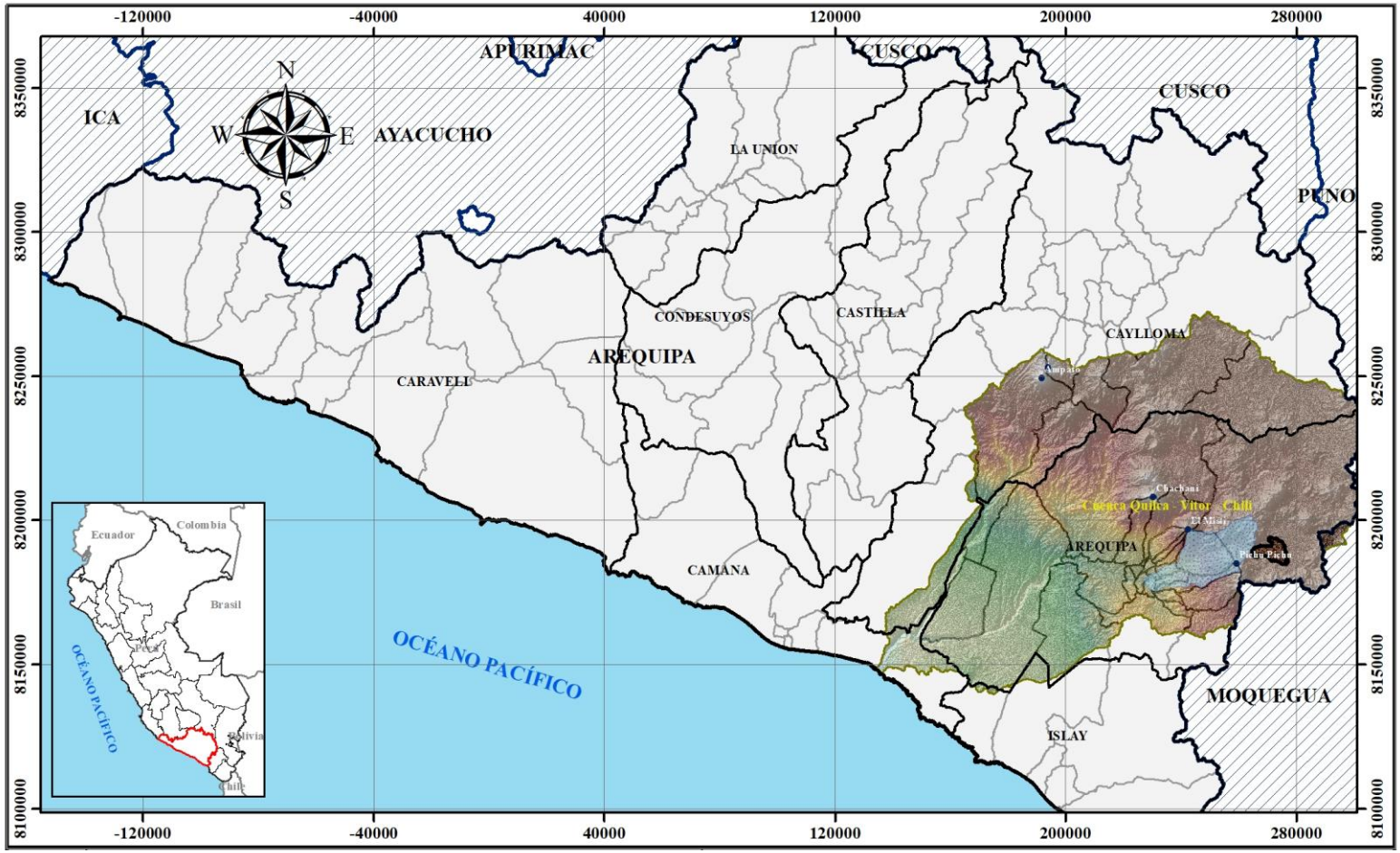
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Machaguaya	Amplia. San Agustín	La Arboleda
Las Peñas	Tres de Octubre	La Palizada
El Pasto	La Mansión I - II	Las Magnolias
Chuca	San Cristóbal	Matual Campiña
Cuatro de Octubre	Villa Granjas Sur	La campiña
Corazón de Jesús	Coscollo	Urb. San Martin
Las esmeraldas	24 de junio	Bellapampa
Umapalca	Chilpina	Huasacache
Villa el golf	Porvenir Apacheta	Ciudad mi trabajo
Los Ángeles	Las Casuarinas	La Breña
José A. Quiñones	Primero de Mayo	Ex Cordea
Ampl. Socabaya	Las Rocas	Buena Vista
Santa Marta	Los Rosales	Pecua. La Pampa

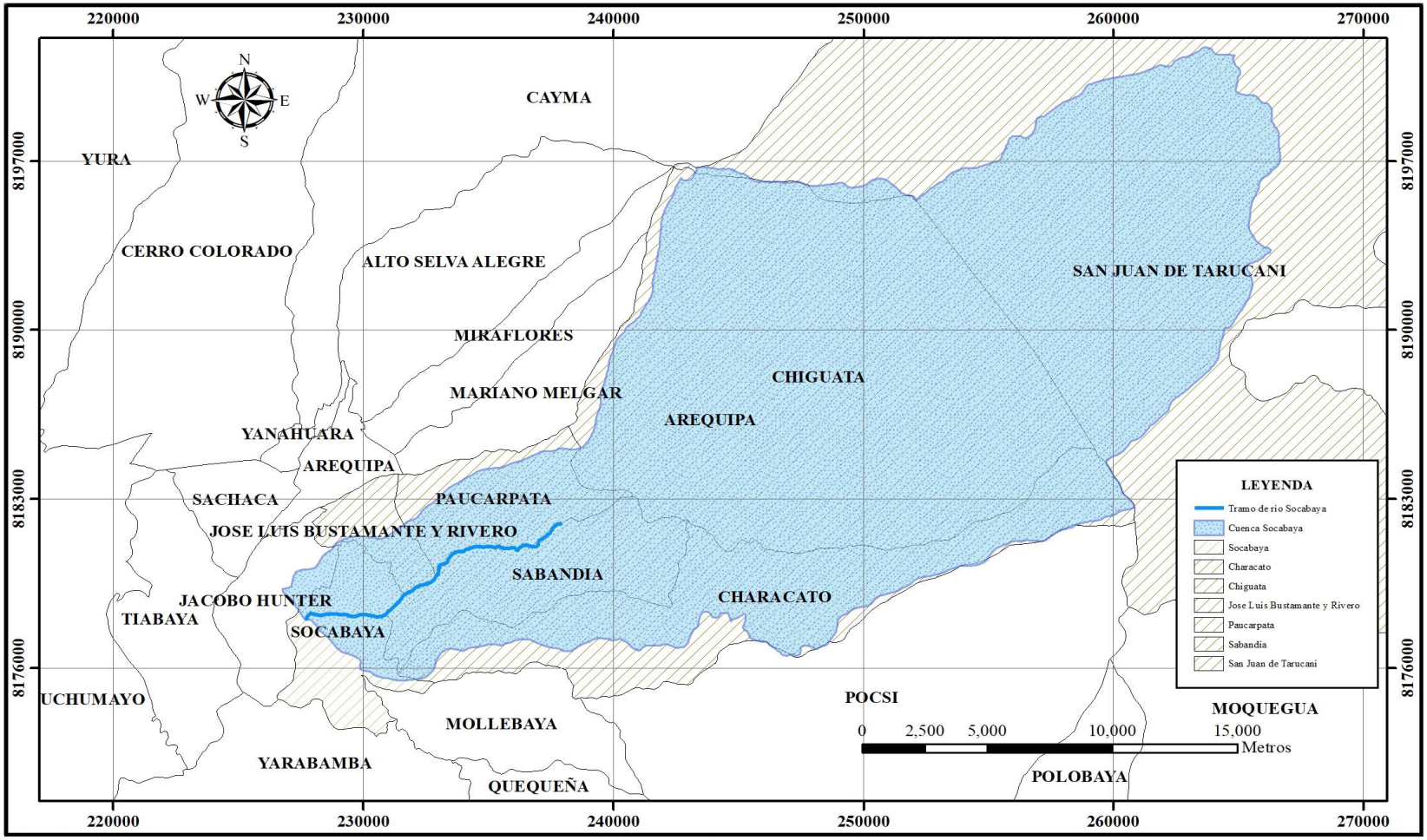
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 2.1.1 Ubicación Geográfica de la Cuenca del rio Socabaya



Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.1.2 Ubicación Distrital de la Cuenca del rio Socabaya



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2 UBICACIÓN HIDROGRÁFICA

Hidrográficamente la cuenca del rio Socabaya pertenece a la Cuenca **Quilca – Vitor – Chili**, ubicada en la parte media de dicha sub cuenca dentro de las zonas urbanas de los distritos que se pueden observar en la Figura Nro. 2.1.2

La cuenca Quilca – Chili (**conocida Chili**) está ubicada en la vertiente occidental de la cordillera de los andes, y consecuentemente pertenece a la vertiente del océano Pacifico. Abarca prácticamente la totalidad de la provincia de Arequipa, al sur Oeste del territorio peruano, entre la Latitud Sur 15° 37’ 50’’ y 16° 47’ 10’’ y Longitud Oeste 70° 49’ 15’’ y 72° 26’ 35’’. Tiene una extensión total de 13817 Km². La cuenca Quilca – Chili está configurada en 11 Unidades Hidrográficas de nivel 4, seis de las cuales son tributarias y cinco que conforman el cauce principal, además 4 unidades Hidrográficas de nivel 5 (**Inter cuencas**). Como se puede apreciar en la Figura Nro. 2.2.1 (Delimitación y codificación de unidades hidrológicas del Perú, 2008)

Cuadro Nro. 2.2.1 Superficie de unidades Hidrográficas

UNIDADES HIDROGRAFICAS		SUPERFICIE Km²	%
CODIGO	NOMBRE		
13196	Cuenca Centeno	87.36	0.63
13197	Intercuenca 13197	50.24	0.36
13198	Cuenca San Jose	128.37	0.93
13199	Intercuenca 13199	94.41	0.68
132	**Cuenca Quilca-Vitor-Chili**	**13,457.01**	**97.39**
		13,817.39	**100.00**

Fuente: Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la cuenca Quilca- Chili, 2015

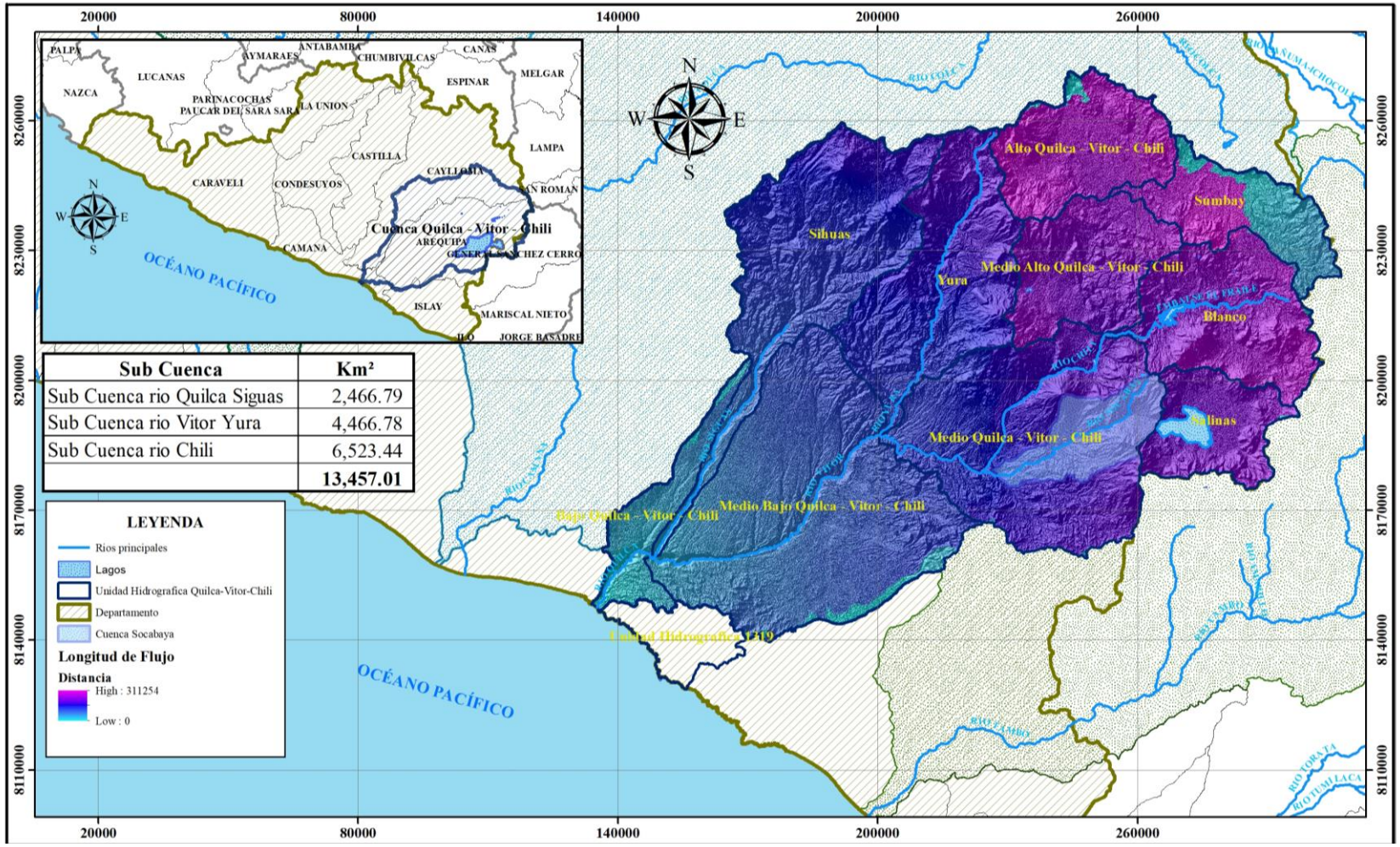
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 2.2.1 Ubicación Hidrográfica de las Cuencas en el área del Proyecto



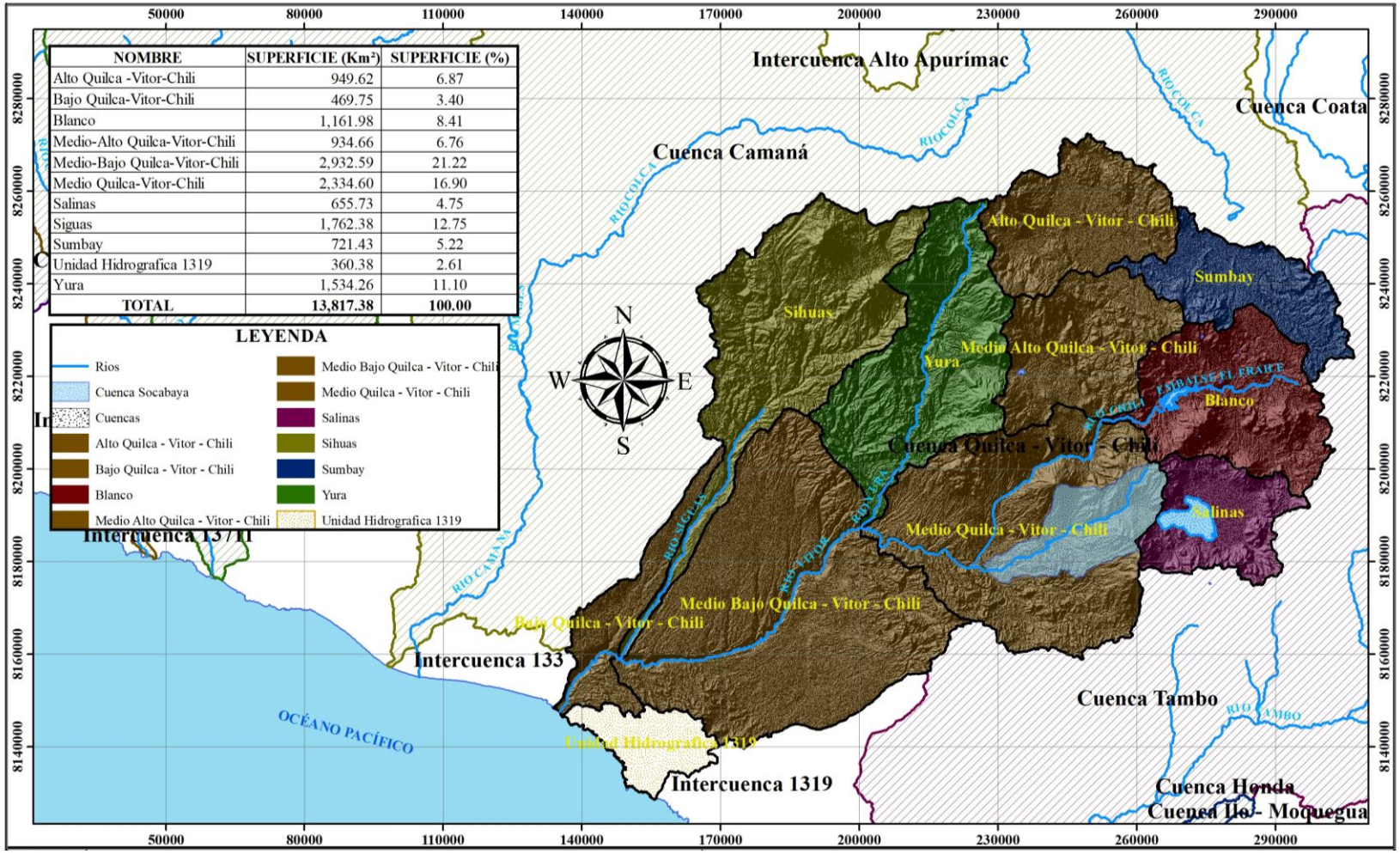
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.2.2 Ubicación de la Cuenca Quilca - Vitor - Chili



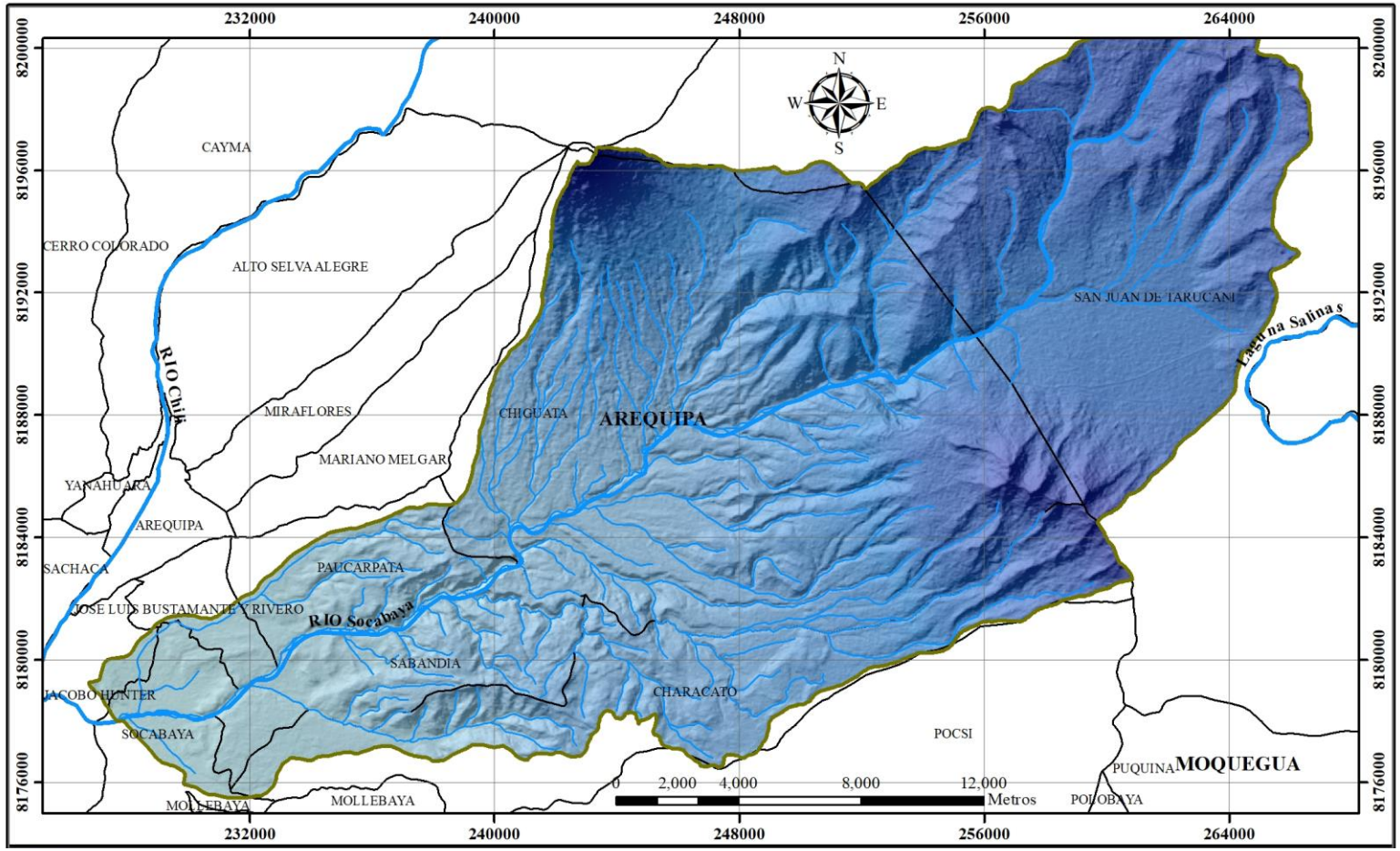
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.2.3 Ubicación de las Unidades Hidrográficas de la Cuenca Quilca - Vitor - Chili



Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.2.4 Ubicación del rio Socabaya



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3 UBICACIÓN POLÍTICA

La zona del proyecto está ubicada políticamente en:

REGION : Arequipa

PROVINCIA : Arequipa

DISTRITO : Socabaya

CUENCA : Rio Socabaya

Se sabe que la Autoridad Nacional del Agua (**ANA**) como ente rector del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, ha elaborado un estudio denominado **Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos**, (**2016**) con el objetivo de asegurar la continuidad a través de un desarrollo sostenible y responsable del Recursos Hídrico, basándose en criterios e indicadores que permitan la intervención de la misma. Uno de estos indicadores establece que la cuenca **Quilca –Vitor – Chili**, ubicada en el departamento de Arequipa, en la cual se identificó como la de mayor vulnerabilidad considerando de alta prioridad (**en el primer nivel**) predominando el aspecto Hidrológico (**Estrés Hídrico**), así como también la presencia de puntos críticos en eventos extremos (**Inundaciones**)

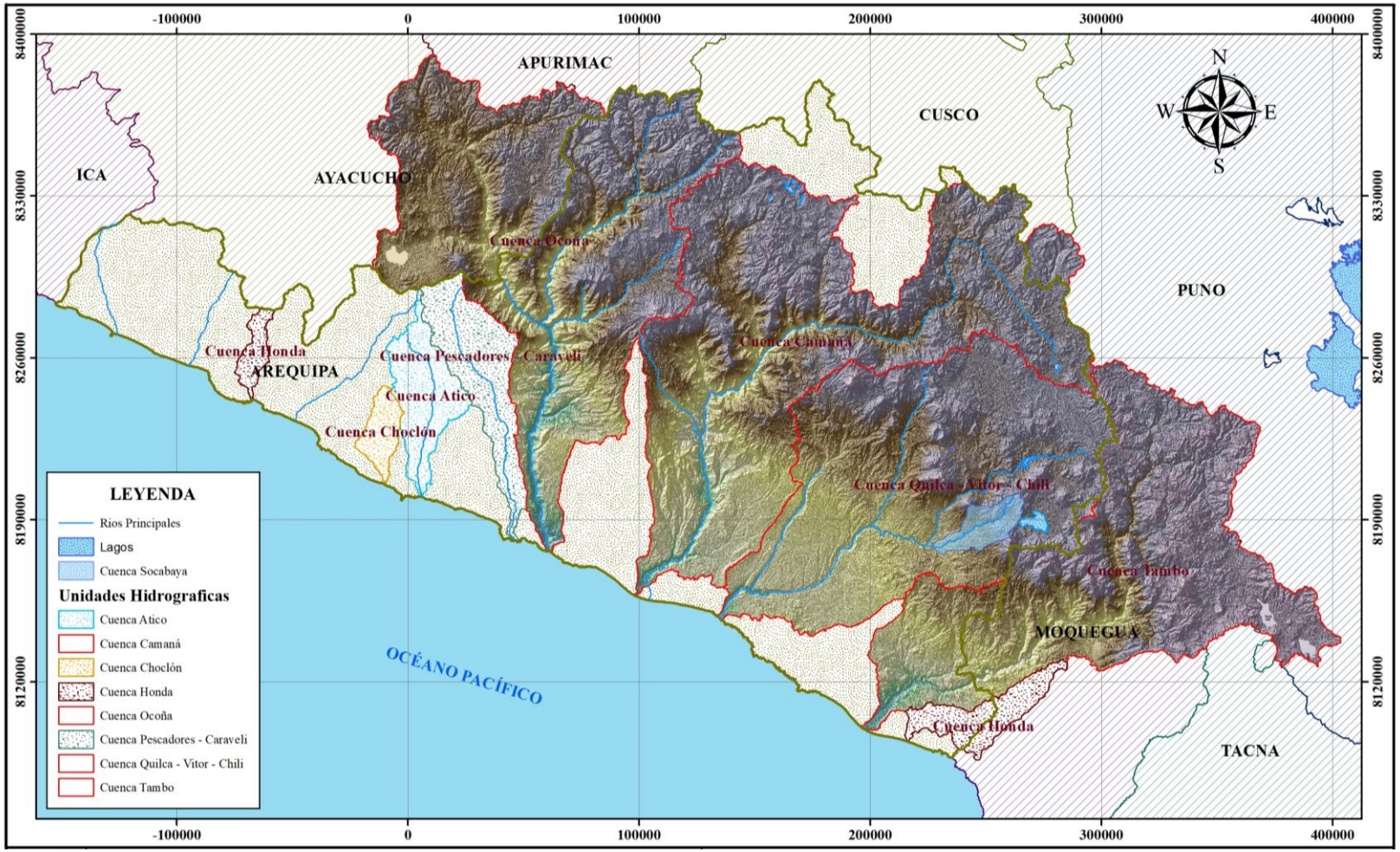
Cuadro Nro. 2.3.1 Tramo de Estudio del Rio Socabaya

PUNTOS	ESTE	NORTE	LONGITUD	OBSERVACION
PUNTO INICIO	237921	8182026	12.5 Km	Yumina
PUNTO FINAL	227773	8177930		Confluencia con el Yarabamba

Fuente: Elaboración Propia

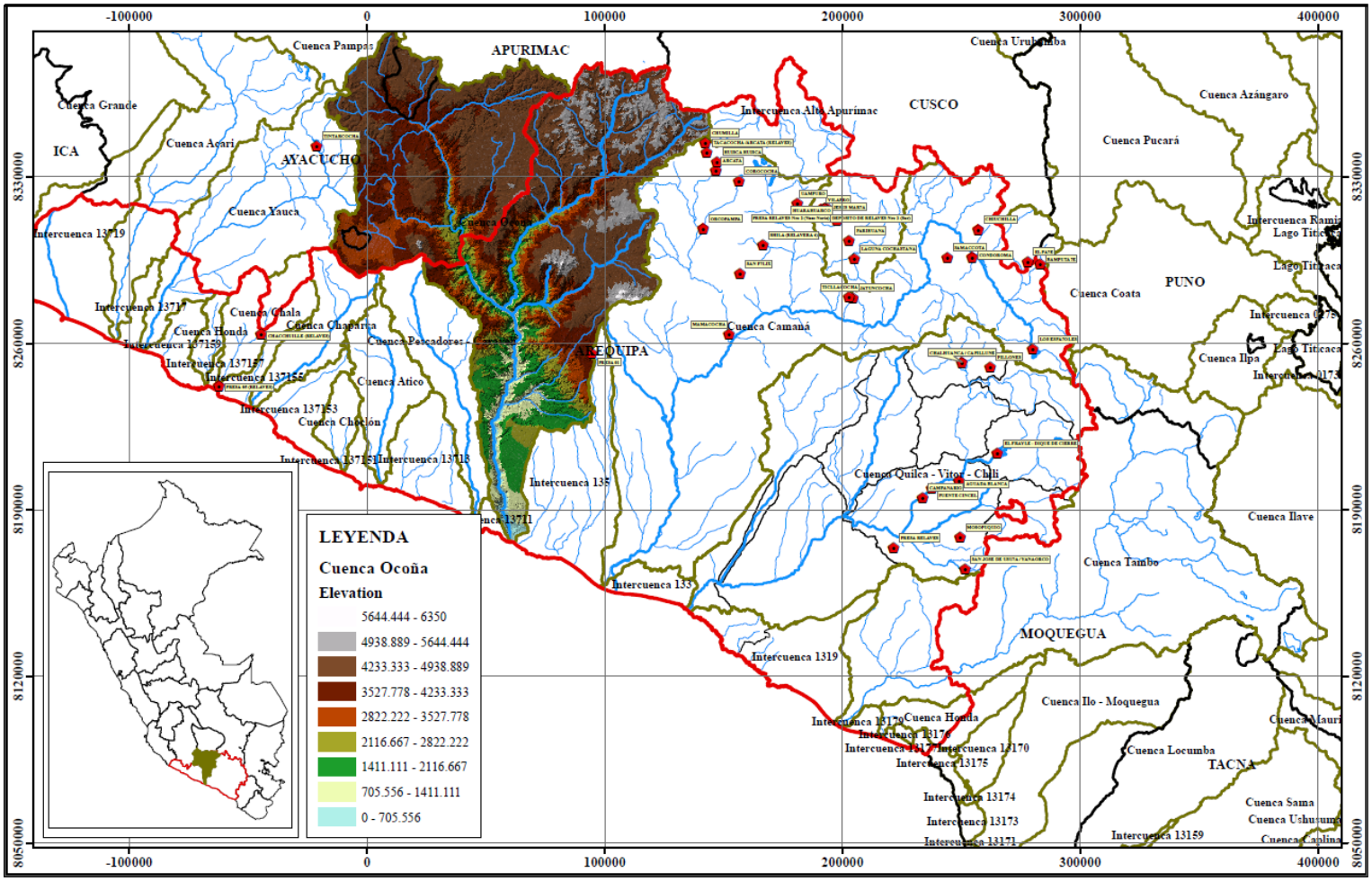
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 2.3.1 Ubicación de Unidades Hidrográficas del Departamento de Arequipa



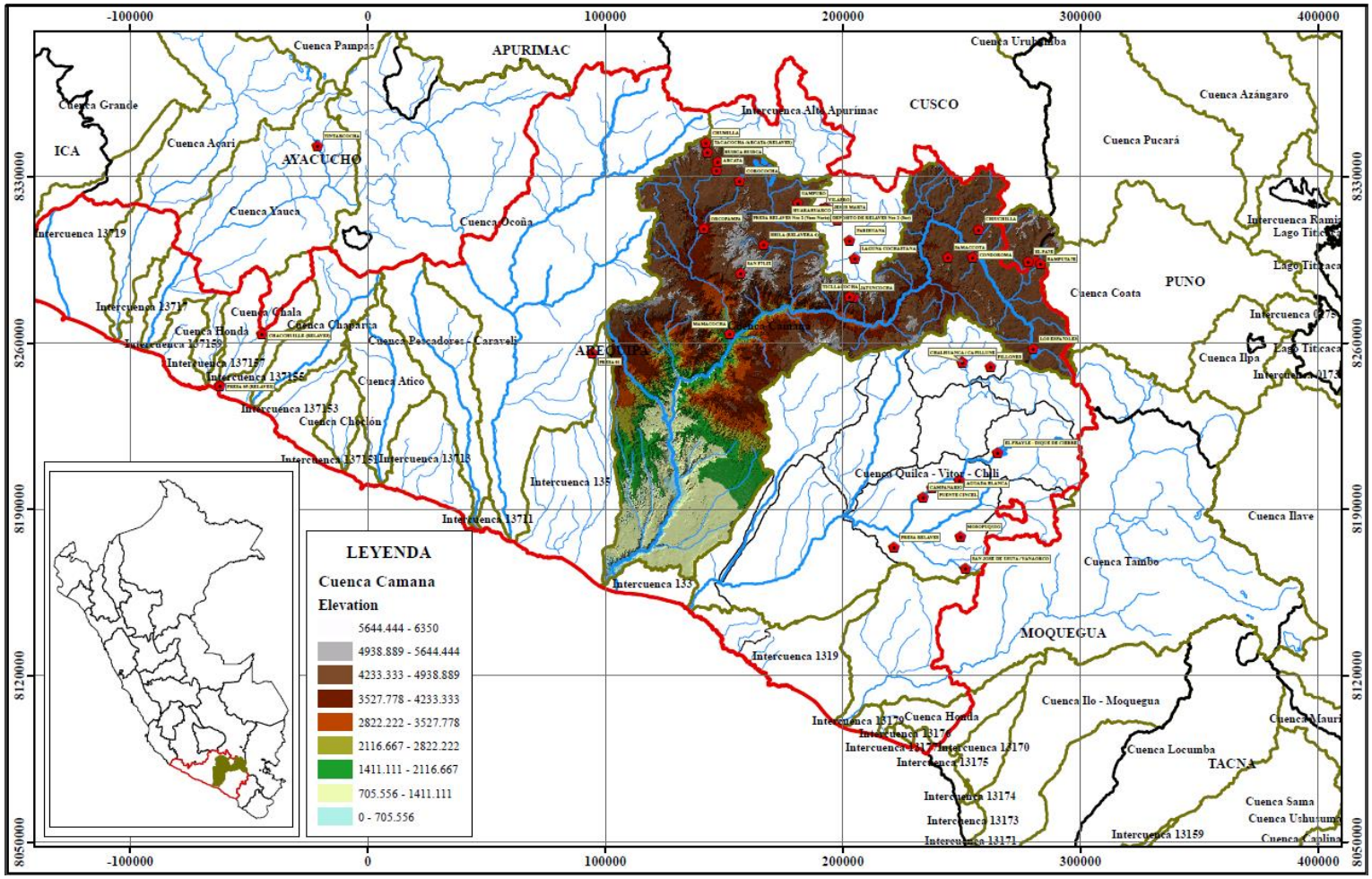
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.3.2 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Ocoña



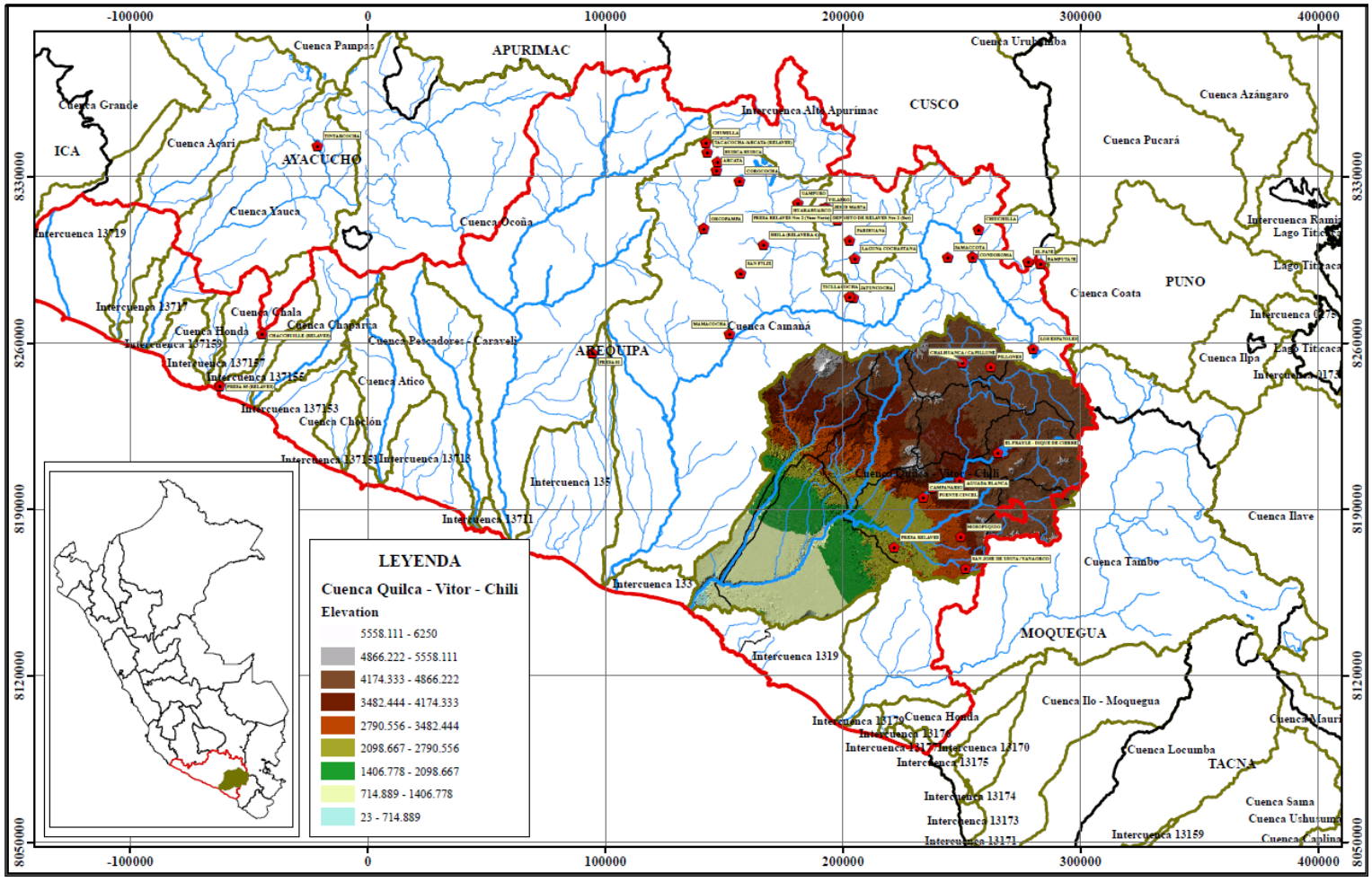
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.3.3 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Camana



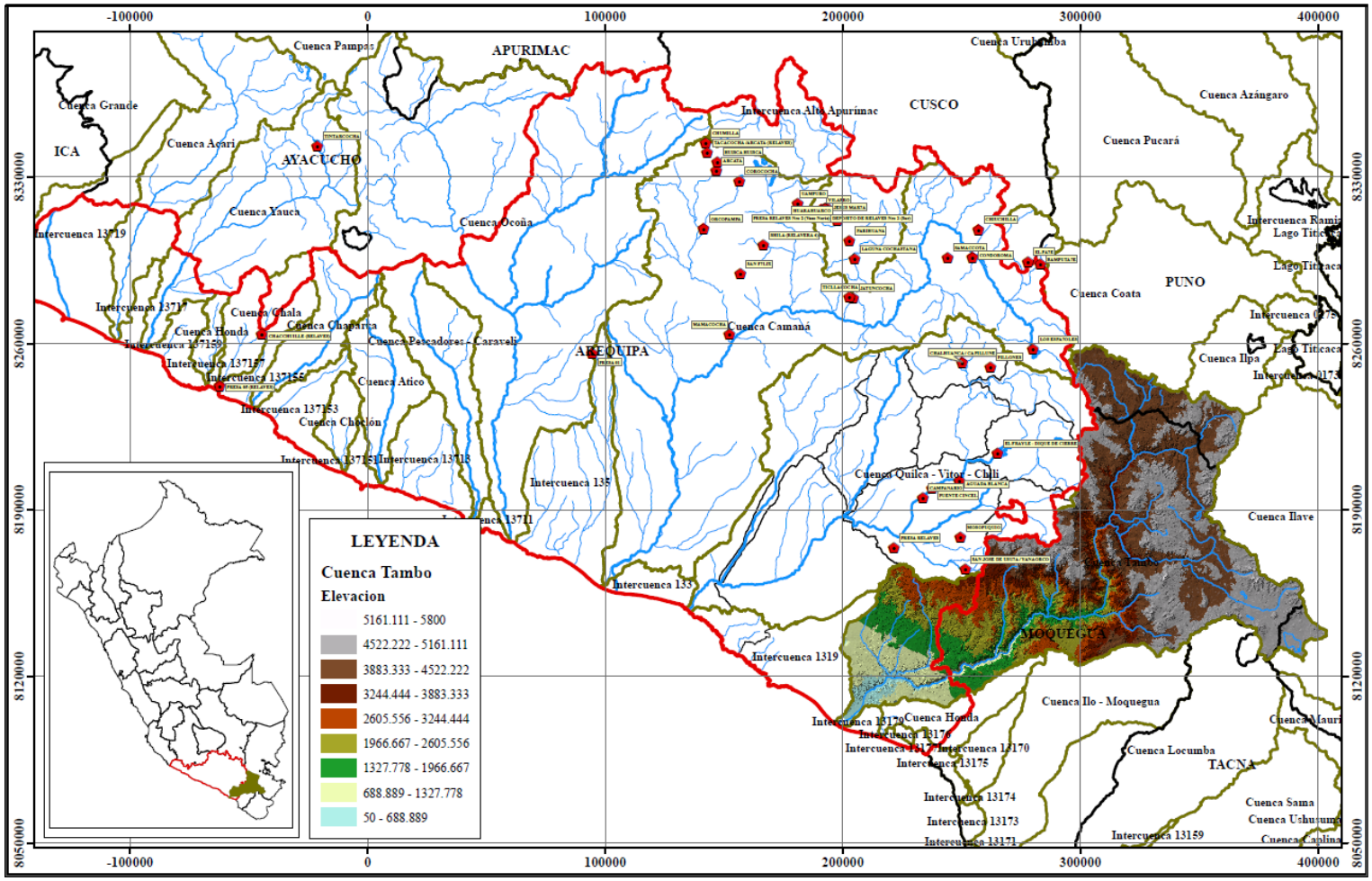
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.3.4 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Quilca – Vitor - Chili



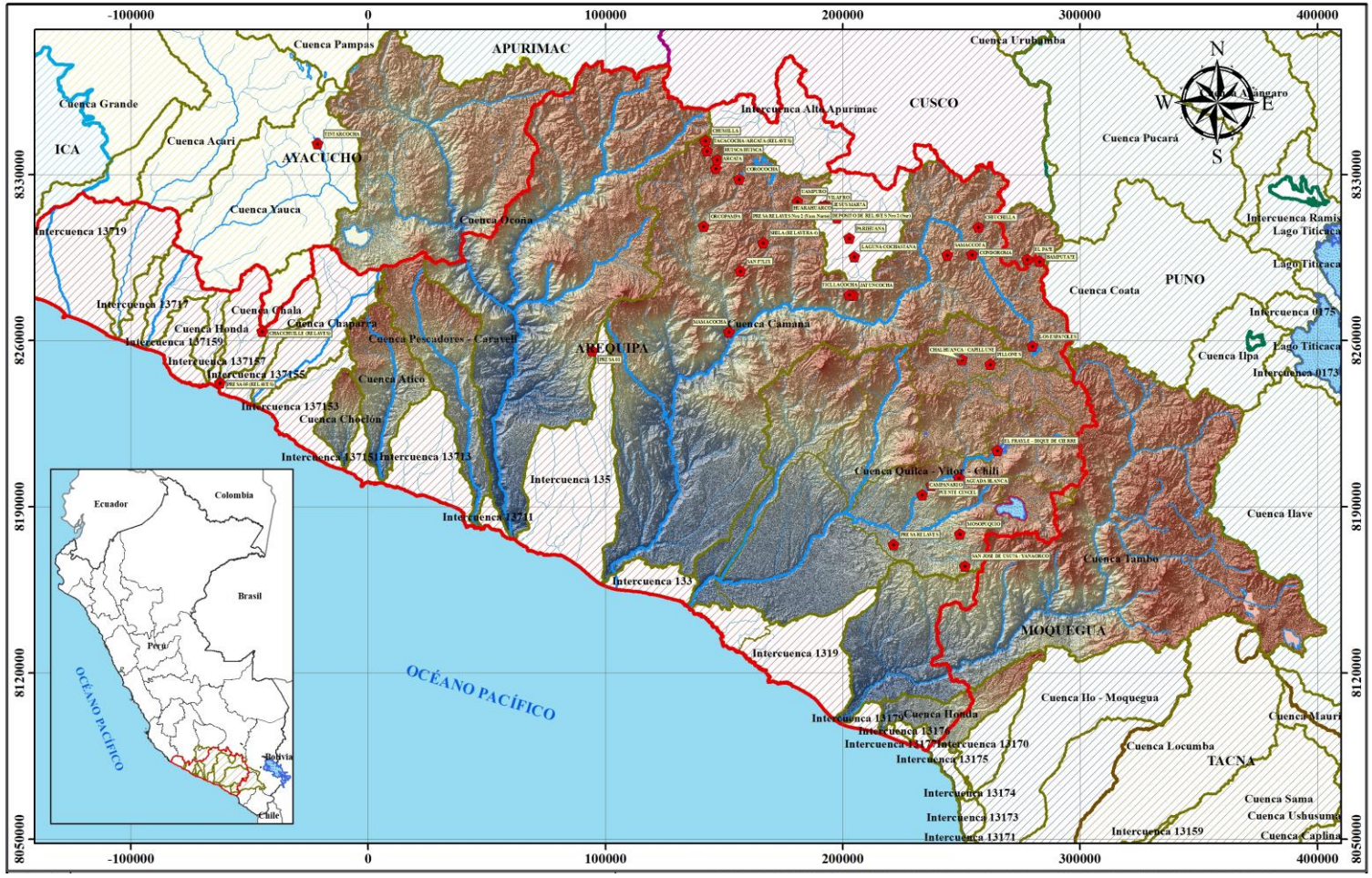
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.3.5 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Tambo



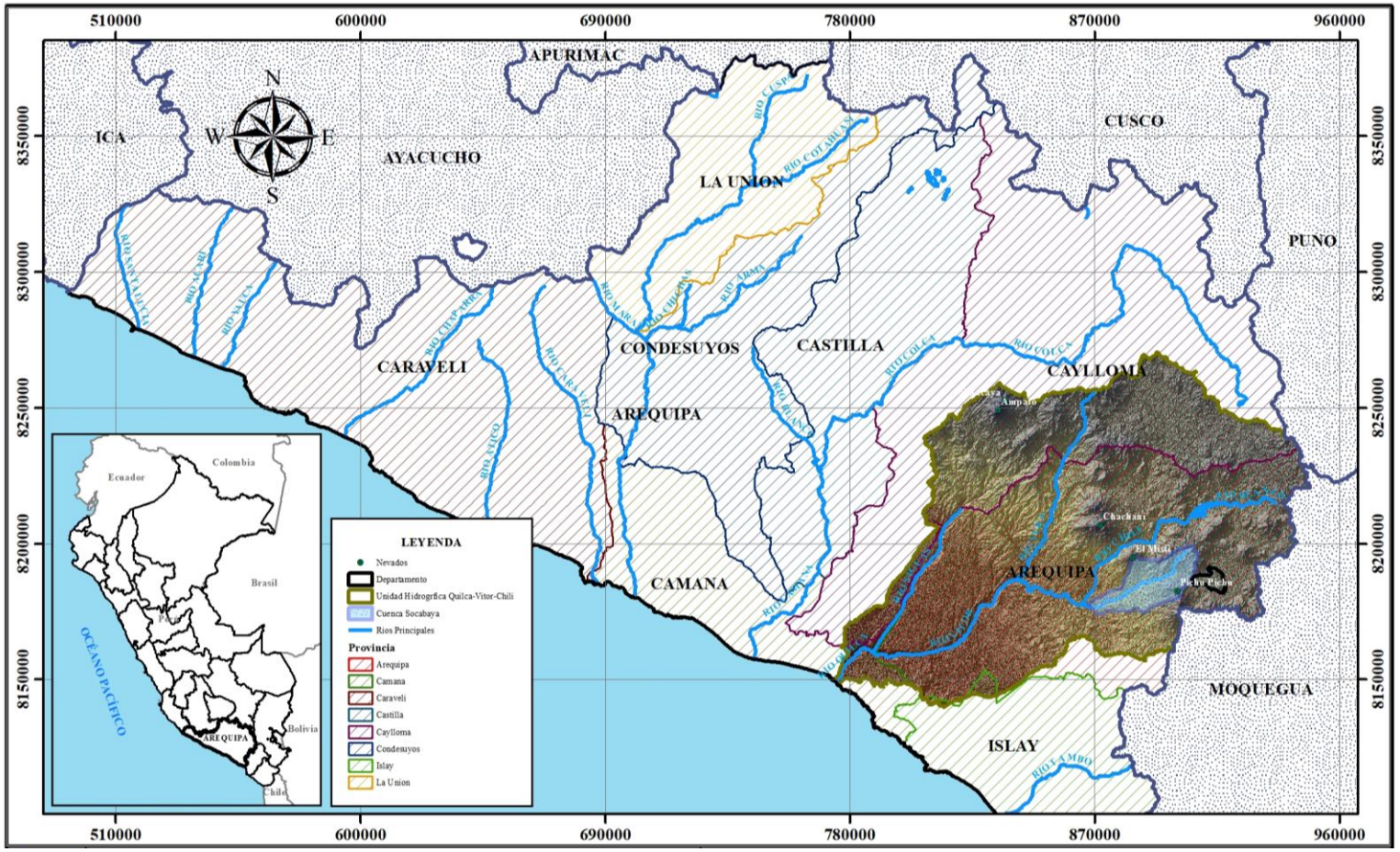
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.3.6 Modelo Digital del Terreno – Cuenca Pecadores Caraveli



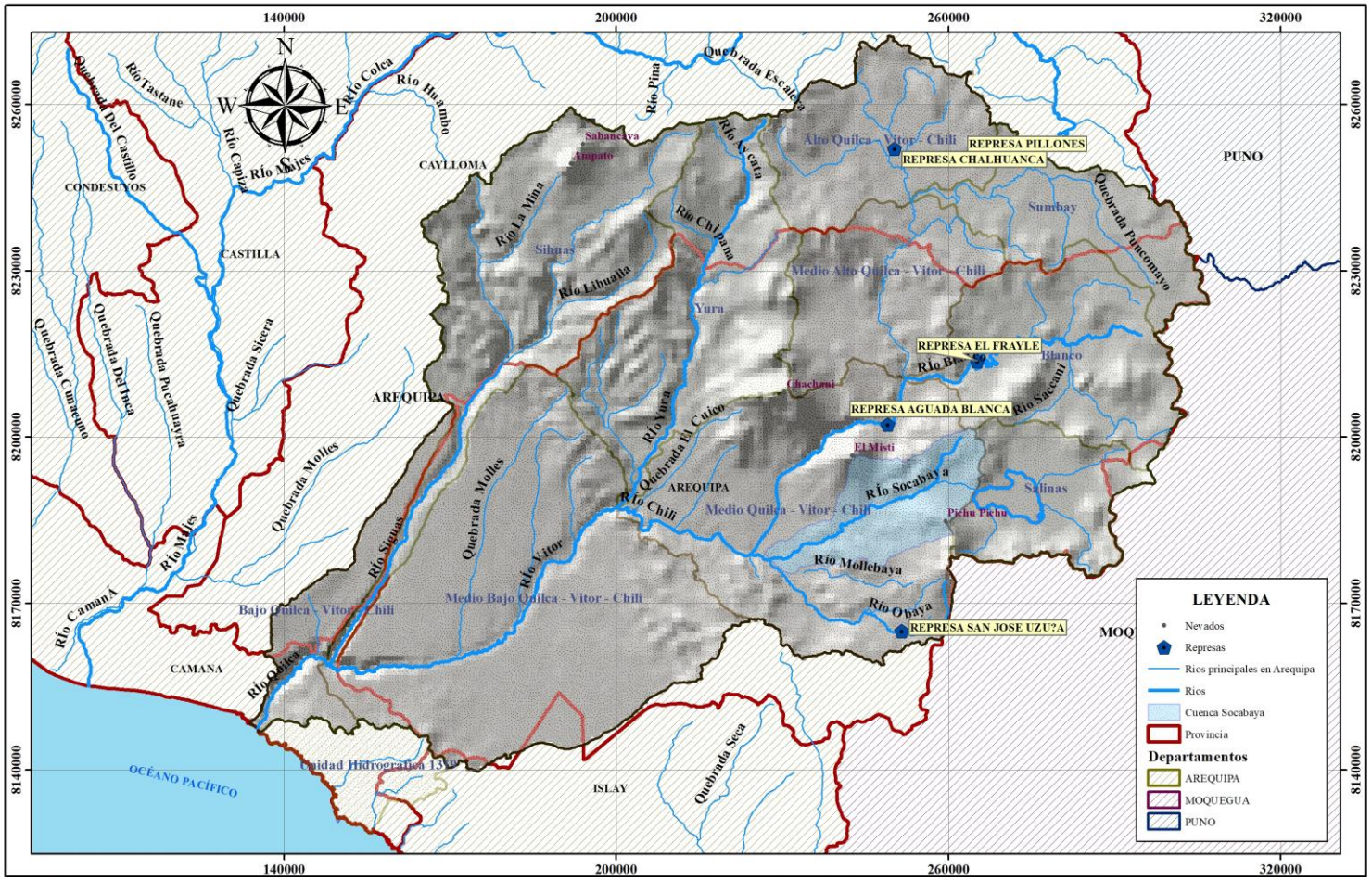
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.3.7 Ubicación Provincial del proyecto y sus Afluentes principales



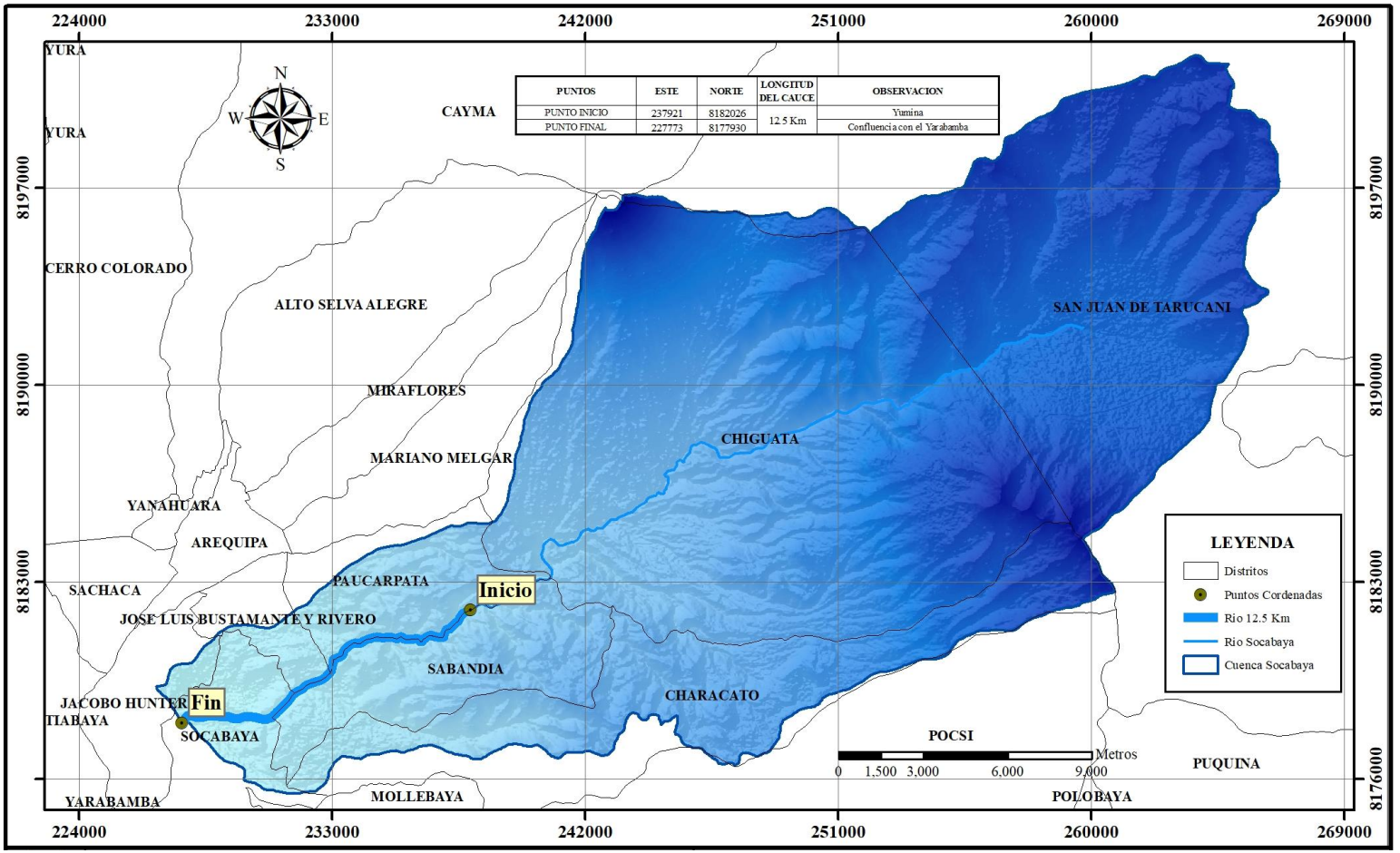
Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.3.8 Determinación fisiográfica de la cuenca Quilca – Vitor - Chili



Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 2.3.9 Ubicación del tramo de rio en estudio para el proyecto



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO III

MARCO TEORICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO III

3. MARCO TEORICO

3.1 DEFINICIONES Y TÉRMINOS

Para el presente proyecto se precisan algunas definiciones o términos que se utilizan en el estudio de **"Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya"**, con el fin de facilitar sus conceptos y utilización. (ANA, 2010) Para el efecto del presente estudio, tendremos en cuenta definiciones y términos que a continuación se detallan:

- **Eje de un cauce:**

  Línea imaginaria que sigue la dirección predominante del flujo de agua, determinado por el "talweg" del cauce. (ANA, 2010)

- **Talweg:**

  Línea que conecta los puntos más bajos de sucesivas secciones transversales de un cauce superficial. (ANA, 2010)

- **Sinuosidad:**

  Relación entre la distancia de dos puntos del "talweg" medida a lo largo del cauce y la distancia en línea recta entre ambos puntos. (ANA, 2010)

- **Degradación:**

  Descenso general y progresivo del perfil longitudinal del lecho de un cauce como resultado de la erosión a largo plazo. Generalmente es debido a causas antrópicas. (ANA, 2010)

- **Agradación:**

  Crecimiento o elevación general y progresiva del perfil longitudinal del lecho de un cauce como resultado de la deposición de sedimentos. Generalmente asociado a causas antrópicas. (ANA, 2010)

- **Nivel medio de las aguas:**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Nivel promedio alcanzado por la superficie libre de los cuerpos de aguas considerando el máximo periodo de información del que se disponga. (ANA, 2010)

- **Nivel promedio de máximas avenidas o crecientes ordinarias:**

  Es el promedio de los niveles alcanzados por la superficie libre del cuerpo de aguas, considerando todos aquellos niveles que superen el nivel medio de las aguas definido en el párrafo precedente. (ANA, 2010)

- **Nivel de aguas mínimas:**

  Nivel bajo el cual el cauce se encuentra permanentemente ocupado por el cuerpo de agua. En el caso particular de cauces estacionales o temporales, el nivel de aguas mínimas corresponde al "talweg" del cauce. (ANA, 2010)

- **Nivel de aguas máximas extraordinarias:**

  Nivel que puede alcanzar un cuerpo de agua al transitar sobre la avenida máxima extraordinaria. Esta avenida se establece de acuerdo a la envergadura, importancia y potencial de daños materiales o personales que podrían originar el desborde del cuerpo de agua. (ANA, 2010)

- **Cauce o alveolo:**

  Área de terreno que contiene un cuerpo de agua, pudiendo ser este de régimen permanente o temporal. El límite superior del cauce o alveolo está constituido por el nivel promedio de máximas avenidas o crecientes ordinarias, mientras el límite inferior es el "talweg" del cauce. (ANA, 2010)

- **Ribera:**

  Área de terreno comprendido entre el nivel mínimo de las aguas y el nivel promedio de avenidas o crecientes ordinarias. Esta área está comprendida dentro del cauce o álveo. En el caso de cauces temporales o estacionales. La ribera constituye la totalidad del cauce o álveo. (ANA, 2010)

- **Faja marginal:**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Faja de terreno inmediato y contiguo a la ribera de los cuerpos de agua naturales o artificiales, que permiten el uso primario de las aguas, la protección, operación, rehabilitación, mantenimiento, vigilancia y libre acceso a dichos cuerpos de agua. El ancho de esta faja de terreno, medido en proyección horizontal, se determina según los criterios que se detallan en el presente documento a partir del límite superior de la ribera del cuerpo de agua. (ANA, 2010)

- **Uso primario del agua:**

Consiste en la utilización directa y efectiva del agua en las fuentes naturales y cauces públicos de agua, con el fin de satisfacer necesidades humanas primarias. Comprende el uso de agua para la preparación de alimentos, consumo directo y aseo personal, asi como su uso en ceremonias culturales y religiosas. Para el ejercicio del uso primario nos e requieren autorización administrativa y se ejerce por disposición de la ley. (ANA, 2010)

3.2 ASPECTOS HIDRAULICOS

3.2.1 Clasificación de los Cuerpos de Agua

De acuerdo a lo establecido en el artículo 73° de la ley N° 29338 **"ley de recursos hídricos"** y el artículo 106° de su reglamento, se propone la siguiente clasificación de los cuerpos de agua, atendiendo a criterios de carácter administrativo, ambiental, hidrográfico, productivo e hidráulico entre otros. Del mismo modo, establecida la clasificación de un cuerpo de agua, esta puede variar en el tiempo debido a la variación del estado y/o características que dieron origen a su clasificación inicial, tratándose por lo tanto de un proceso dinámico que requiere actualización y sistematización periódica. (ANA, 2010)

3.2.1.1 Según el Sistema Hidrográfico

De acuerdo a la región hidrográfica donde se ubican, los cuerpos de agua pueden permanecer a:

- Vertiente del Pacifico
- Vertiente del Amazonas
- Vertiente del Titicaca

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.1.2 Según su Régimen

De acuerdo al periodo durante el cual se presenta flujo o volumen de agua almacenada, los cuerpos de agua se clasifican en:

Temporales o estacionales:

Cuerpos de agua que cuentan con caudal o volumen de agua almacenada, solo durante una parte del año.

Permanentes:

Cuerpos de agua con flujo o volumen almacenado durante todo el año, pudiendo ser estos variables durante el año.

Eventuales o transitorios:

Cuerpos de agua que pueden permanecer sin caudal o volumen almacenado durante años consecutivos.

3.2.1.3 Según su Uso

Navegabilidad

Navegables:

Son cuerpos de agua que, por su profundidad, caudal y características de sus márgenes, pueden ser utilizados para la navegación, dependiendo de sus condiciones hidráulicas, esta condición de navegabilidad puede ser temporal o permanente.

No Navegables:

Son cuerpos de agua que no permiten su uso con fines de navegabilidad en ninguna época del año, debido generalmente a su poca profundidad.

Regulación

Regulados:

Son cuerpos de agua sobre los cuales se ha construido obras de regulación estacional o plurianual (embalses).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

No Regulados:

Cuerpos de agua cuyo régimen de descarga natural no se encuentra modificado por estructuras de regulación estacional o plurianual.

Fauna

Con fauna ictiológica:

Son cuerpos de agua donde existen especies ictiológicas.

Sin fauna ictiológica:

Cuerpos de agua donde se han extinguido las especies ictiológicas o nunca las hubo.

Con aportes adicionales

Naturales:

Cuerpos de agua provenientes de su propia cuenca.

Afianzados:

Cuerpos de agua que reciben aportes hídricos de otras cuencas mediante obras de trasvase.

3.2.1.4 Según las Necesidades de Calidad de las Aguas

Esta clasificación obedece a la realizada por la ANA mediante resolución jefatural N° 202-2009-ANA-J, para indicar la situación de calidad que se debe mantener o alcanzar según los usos y necesidades de conservación a corto o mediano plazo.

Categoría 1:

Cuerpos de agua que se destinan al uso poblacional y/o recreacional.

Categoría 2:

Cuerpos de agua que se destinan a actividades marino costeras.

Categoría 3:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuerpos de agua que se destinan al riesgo de vegetales y bebida de animales.

Categoría 4:

Cuerpos de agua que se destinan a la conservación del medio acuático.

3.2.1.5 Según su Morfología

Esta clasificación solo es aplicable a cauces de aguas corrientes (ríos o quebradas) (ANA, 2010)

Rectilíneos:

Son cauces con un índice de sinuosidad menor que 1.5 y que presentan un único canal.

Meandricos:

Son cauces que presentan una sinuosidad mayor que 1.5 y que poseen un único canal.

Trenzados o Anastomosados:

Son cauces sinuosos que presentan más de un canal, que se entrecruzan.

3.2.1.6 Según su Ubicación

Nacionales:

Son cuerpos de agua que cuyas márgenes se ubican íntegramente dentro del territorio nacional.

Fronterizos:

Son aquellos cuerpos de agua cuyas márgenes pertenecen a más de un país. Esta clasificación comprende a los ríos cuyos cauces constituyen límite internacional y aquellos que poseen tramos en dos países. Son llamados también de cauce sucesivo.

Rurales:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuerpos de agua cuyas márgenes están comprendidas en áreas no urbanizadas.

Urbanos:

Cuerpos de agua cuyas márgenes se encuentran total o parcialmente comprendidas en un área urbanizada.

3.2.1.7 Según su Grado de Estabilidad

Estables:

Cuerpos de agua cuyas márgenes presentan una conformación capaz de mantener confinada el agua, aun durante la ocurrencia de eventos extremos (**caudales máximos, oleajes, erosión, sedimentación, sismo, sobre elevación de la superficie de agua, etc**.) (ANA, 2010)

Inestables:

Cuerpos de agua cuyas márgenes no son capaces de mantener el agua confinada, excepto en periodos de tiempo menores de un año.

3.2.2 Características de los Cauces

Como se ha señalado, debido a las variaciones que presentan las características de las márgenes de los cauces naturales, todo proceso de determinación del eje del cauce siempre estará referido necesariamente, a un tramo especifico del cauce, el cuál debe ser elegido tomando en cuenta los criterios de homogeneidad descritos. (ANA, 2010)

3.2.3 Determinación del Ancho Medio del Cauce

El ancho de un cauce se define como la distancia horizontal entre la parte superior de sus márgenes en los datos opuestos de la corriente, medida en ángulo recto a la orientación general de las márgenes. (ANA, 2010)

3.2.4 Determinación del Eje del Cauce

El eje de un cauce se determina mediante el trazo en planta del “talweg” del cauce determinado en base a secciones transversales cuya equidistancia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

no será mayor de 100 ml ni menos de 20 ml, dependiendo del objeto de la determinación del eje del cauce. (ANA, 2010)

Las secciones transversales podrán ser obtenidas mediante levantamientos topográficos y/o batimétricos utilizando instrumentos topográficos adecuados o ecosondas.

Cauce estable

Se define como cauce estable, a la condición en la cual una corriente de agua tiene una pendiente y una sección transversal que permiten que el cauce transporte el agua y el sedimento entregado por la cuenca colectora, sin degradación o gradación, ni erosión significativa de las márgenes. (ANA, 2010)

El cálculo de la sección estable es fundamental en hidráulica de los cauces naturales superficiales por que, ante una eventual alteración de la geometría de la sección natural, sea por ejecución de obras hidráulicas o actividades antrópicas (construcción de puentes, encauzamientos explotación de canteras, etc.) es necesario determinar una nueva sección geométrica capaz de conservar el equilibrio entre la corriente y los materiales que conforman en lecho del cauce. (ANA, 2010)

Desde el punto de vista teórico, los cauces estables se dividen en dos tipos: aquellos donde no existe transporte de sedimentos y cauces estables donde por los menos en alguna época del año, se produce transporte de sedimentos.

Cuando existe arrastre en el fondo y las orillas, la estabilidad es dinámica porque el cauce sufre desplazamiento en planta, siendo mínima la erosión lateral. (ANA, 2010)

3.3 ASPECTOS HIDROLOGICOS

- **Hidrología**

La hidrología, es la ciencia que versa sobre el agua de la tierra, su existencia, distribución y circulación, sus propiedades físicas, químicas y su interacción con el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **El Ciclo Hidrológico**

  Se denomina Ciclo Hidrológico al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (Solido, Liquido, Gaseoso) como en su forma (agua atmosférica, superficial y sub superficial). El ciclo no tiene ni principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua.

- **Clima**

  Estado normal o medio de la atmosfera para un periodo temporal dado dentro del año y en una posición geográfica dada.

- **Cuenca Hidrográfica**

  La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura.

- **Divisoria**

  Es una línea imaginaria que presenta el límite entre las cuencas hidrográficas vecinas de dos cursos de agua.

- **Cota de aguas máximas**

  Es la cota de aguas máxima esperada para el caudal de diseño

- **Sub cuenca**

  La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago, embalse o una confluencia de ríos)

- **Estación Pluviométrica**

  Lugar equipado con instrumental mecánico o digital que requieren la intervención de un operario para obtener datos meteorológicos de precipitación, temperatura, humedad de aire, dirección y velocidad del viento, radiación, evaporación, entre otros, para describir y explicar el clima de una región.

- **Isoyetas**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Son líneas o curvas que representan el mismo valor de la precipitación, permiten trazar mapas y ver su comportamiento.

- **Precipitación**

Precipitación es en general, el termino que se refiere a todas las formas de humedad emanadas de la atmosfera y depositadas en la superficie terrestre (lluvia, granizo, roció, neblina, nieve o helada). Los elementos necesarios para la formación de precipitaciones son los siguientes: humedad atmosférica, radiación solar, mecanismo de enfriamiento del aire, condensación (aire húmedo saturado) y coalescencia.

- **Precipitación Máxima Probable**

La precipitación máxima probable está definida como una cantidad de precipitación que es cercana al límite físico superior para una duración dada sobre una cuenca particular.

- **Máximas Avenidas**

Si el periodo observado es de un año, el caudal de avenidas de ese año es el "**máximo caudal ordinario**" presentado en el cauce durante un año, y si el periodo es de varios años, entonces es "**un caudal de avenidas extraordinario**" este último es necesario conocerlo a fin de diseñar las obras hidráulicas. La fijación de un caudal extraordinario de avenidas se hace con estudios estadísticos basados en los valores de máximos caudales ordinarios para un periodo de retorno de 25, 50, 75,100 años etc. (ANA, 2010)

- **Tormenta**

Se define tormenta al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas.

- **Intensidad**

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir la altura de lámina por unidad de tiempo (mm/h o pulg/h), su valor varia durante la tormenta, puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Riesgo**

  Probabilidad o proximidad de una ocurrencia de un evento que provoque un daño o peligro.

- **Duración**

  Se mide en minutos u horas, es el tiempo transcurrido entre el comienzo y el fin de la tormenta.

- **Periodo de Duración**

  Es un periodo de tiempo dentro de la duración de la tormenta. Se escogen periodos de duración tipos, por ejemplo: 10m, 30m, 60m, 120m, 240m. Lo que se busca, son las intensidades máximas para esos periodos de duración.

- **Curva Intensidad – Duración – Frecuencia**

  Es el elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

- **Escurrimiento Superficial**

  Es la parte del agua caída en el suelo que ha logrado quedarse en él y que por ello se desplaza por la superficie formando las diferentes corrientes fluviales en el momento de originarse la lluvia. El proceso de generación de escorrentía superficial se lleva a cabo hasta que la intensidad de la lluvia es mayor que la actual capacidad de infiltración del suelo y se define cuando la intensidad de la lluvia es más baja que la velocidad actual de infiltración.

- **Hidrograma**

  Grafico que permite ver el comportamiento del caudal acumulado durante la tormenta a través del tiempo de la misma.

- **Hidrograma Unitario**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Es un método lineal propuesto por Sherman en 1932, es un hidrograma típico para la cuenca. Se denomina unitario puesto que, el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1cm (o 1 pulg).

- **Hidrogramas Sintético**

  Es un hidrograma sintético que se obtiene usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca de interés. Su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar.

- **Hietograma**

  Grafico que permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta.

- **Hietograma de Lluvia**

  Es una gráfica de profundidad de lluvia o intensidad en función del tiempo

- **Hidrograma de Caudal**

  Es una gráfica o una tabla que muestra el caudal como función del tiempo en un lugar dado de la corriente. El hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la escorrentía de una cuenca de drenaje particular.

- **Exceso de Precipitación o Precipitación Efectiva**

  Es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa.

- **Hietograma de Exceso de Precipitación**

  Es la gráfica de exceso de precipitación contra tiempo. Es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía.

- **Coeficiente de Escorrentía**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Puede definirse como la relación entre la escorrentía y la precipitación sobre un periodo de tiempo dado.

- **Flujo en Canal**

  Es una corriente más angosta que fluye en una trayectoria confinada.

- **Método racional**

  Método que estigma el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente C (coeficiente de escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca.

- **Altura libre**

  Es la distancia vertical entre la cota de aguas máximas o de diseño y el fondo de vigas o cota inferior de la estructura del puente.

- **Caudal**

  Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o periodo dado.

- **Tránsito de Caudales**

  Es un procedimiento para determinar el tiempo y la magnitud del caudal (hidrograma de caudal) en un punto en un curso de agua utilizado hidrogramas conocidos o supuestos en un o más puntos aguas arriba. Si el flujo es una creciente el procedimiento se conoce específicamente como tránsito de crecientes.

- **Modelos**

  Se define un modelo de un sistema como la conceptualización de las interrelaciones y respuestas de un sistema real, a la que se incorpora la esencia del mismo, y que es capaz de predecir las interacciones principales y sus respuestas a un conjunto de datos propuestos, es decir es la representación artificial del sistema.

- **Modelo de Distribución**

  Arquetipo digno de ser utilizado o imitado y que se toma como pauta a seguir.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Numero de curva**

  Son números que han sido determinados y tabulados por el Soil Conservation Service, con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra.

- **Parámetro**

  Es un elemento descriptivo de una variable o una característica numérica de la misma (Media, Mediana, Varianza, Rango, etc.)

- **Tiempo de concentración**

  Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuya a la salida.

- **Software de Análisis hidrológico HEC-HMS**

  Sistema de Modelamiento desarrollado por el centro de Ingeniería Hidrológica (HEC – Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), que permite simular la respuesta que tendrá la cuenca de un rio en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

- **Software de Análisis hidráulico HEC-RAS**

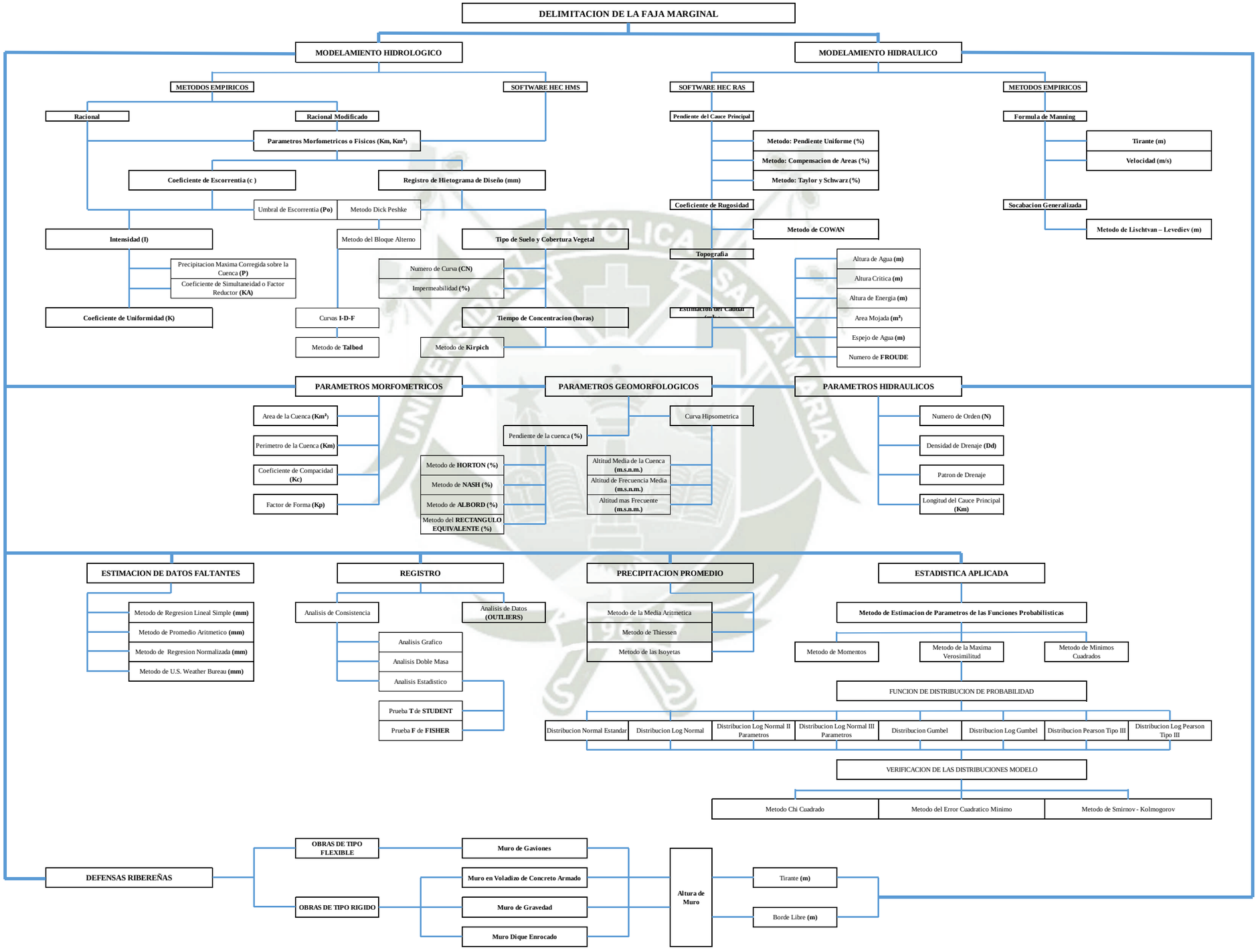
  Es un sistema de modelamiento desarrollado por el centro de Ingeniería Hidrológica (HEC – Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), que permite simular la respuesta que tendrá el flujo de agua a través de los ríos naturales y de otros canales.

- **Soil Conservation Service (SCS)**

  Agenda federal de estados unidos que trabaja en asociación con el pueblo americano para conservar y mantener los suelos y recursos naturales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 3.3.1 Proceso de Modelamiento Hidrológico e Hidráulico – Elaboración Propia



REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV
SITUACION ACTUAL Y CARACTERISITICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV

4. SITUACION ACTUAL Y CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1 CLIMA

Para el análisis del clima en el área de estudio se ha tomado como estación representativa la estación climatológica ordinaria de **SOCABAYA**, esta información fue adquirida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (**SENAMHI**).

Cuadro Nro. 4.1.1 Precipitaciones Pluviales – Estación Socabaya

ESTACION	ALTITUD	PERIODO DE REGISTRO	PRECIPITACION	
			MEDIA (mm/año)	MAX. 24H. (mm/día)
Socabaya	2340	1963 - 1993	72.4	50

Fuente: Elaboración Propia

4.2 ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

4.2.1 Precipitación

Para el estudio se ha procesado la precipitación total mensual y máxima de 24 horas, registradas en las estaciones de **LA PAMPILLA, CHIGUATA, AGUADA BLANCA Y LAS SALINAS**. Dichos parámetros se han obtenido del Servicio Nacional de meteorología e hidrología (**SENAMHI**) y Autoridad Autónoma de Majes (**AUTODEMA**).

Cuadro Nro. 4.2.1.1 Precipitación Total Mensual – Estación la Pampilla

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2005	6.60	9.20	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	9.60
2	2006	17.00	34.60	33.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
3	2007	10.70	27.90	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
4	2008	106.40	23.70	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.30
5	2009	4.90	35.60	13.40	1.40	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2010	1.90	12.10	1.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
7	2011	39.70	74.40	1.00	5.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.10
8	2012	98.20	153.80	31.30	19.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	2.10
9	2013	32.80	**SD**	26.70	0.00	2.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10
10	2014	33.30	0.00	2.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	2015	13.70	103.40	52.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**SD**	0.00	0.00	0.00

*__SD__: Sin dato de Registro de Precipitación Mensual

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 4.2.1.2 Precipitación Total Mensual – Estación Chiguata

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2005	29.50	25.70	28.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	**SD**
2	2006	26.90	80.20	72.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.80
3	2007	46.70	73.60	10.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
4	2008	139.20	77.10	10.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.40
5	2009	9.90	108.10	19.50	8.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.20	0.00	0.80	0.00
6	2010	10.50	32.40	8.60	3.40	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60
7	2011	73.10	160.40	5.90	7.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.90
8	2012	162.10	230.70	78.00	28.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60
9	2013	61.50	100.50	63.50	0.00	5.40	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50
10	2014	67.40	0.80	7.90	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	2015	11.80	97.20	118.60	0.00	**SD**	**SD**	**SD**	**SD**	**SD**	**SD**	0.00	0.00

*__SD__: Sin dato de Registro de Precipitación Mensual

Cuadro Nro. 4.2.1.3 Precipitación Total Mensual – Estación Las Salinas

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2005	61.40	126.70	42.20	18.80	0.00	0.00	0.00	0.00	12.80	0.00	7.40	51.40
2	2006	97.50	66.00	164.90	5.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.60	14.00	26.40
3	2007	103.20	61.40	113.80	13.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.10	6.30	30.70
4	2008	132.10	72.00	84.40	0.00	0.00	0.40	0.00	5.40	0.00	12.20	0.00	35.60
5	2009	75.30	118.60	52.80	4.40	0.00	0.00	9.40	0.00	2.80	1.00	41.70	11.50
6	2010	35.40	86.90	33.20	10.10	3.20	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	83.00
7	2011	**SD**	124.90	39.80	44.70	14.90	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	8.80	94.50
8	2012	129.20	147.00	74.10	52.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.70	0.00	85.30
9	2013	123.30	96.30	67.70	0.00	8.20	52.40	9.60	15.10	0.00	15.80	0.00	42.40
10	2014	130.00	11.40	51.10	56.10	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	6.60	3.10	2.80
11	2015	116.80	119.00	**SD**	51.90	0.00	0.00	0.00	1.40	5.30	17.80	0.80	18.90

*__SD__: Sin dato de Registro de Precipitación Mensual

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 4.2.1.4 Precipitación Total Mensual – Estación Aguada Blanca

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2005	**SD**	60.90	25.20	30.80	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	0.00	0.00	0.30
2	2006	71.60	52.90	69.20	0.30	0.00	1.10	0.00	0.00	0.20	6.90	1.90	6.30
3	2007	48.90	51.10	26.90	5.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	15.40
4	2008	**SD**	**SD**	12.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00
5	2009	47.30	87.30	30.00	49.90	0.00	0.00	4.90	0.00	0.00	0.00	3.30	0.40
6	2010	36.40	46.12	36.40	8.10	6.30	0.00	0.00	0.00	0.50	0.90	0.00	29.52
7	2011	92.20	112.00	14.50	35.90	18.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	57.40
8	2012	67.80	81.90	41.40	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10	12.50	0.00	41.10
9	2013	99.20	75.00	25.00	0.00	7.50	28.30	4.60	1.00	0.00	5.50	0.00	5.50
10	2014	63.90	8.30	7.70	14.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	2.30	0.00	0.00
11	2015	63.30	62.10	61.30	8.50	0.00	0.00	3.10	0.00	1.40	0.00	4.10	0.00

*__SD__: Sin dato de Registro de Precipitación Mensual

Cuadro Nro. 4.2.1.5 Precipitación Máxima 24 horas – Estación la Pampilla

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	28.00	0.00	21.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
2	1996	12.10	8.90	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1997	11.20	33.40	23.20	0.00	0.00	0.00	0.00	12.40	2.50	0.00	0.00	6.60
4	1998	9.50	1.90	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40
5	1999	3.00	12.30	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	1.50
6	2000	20.20	9.20	23.70	0.30	0.90	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
7	2001	4.90	14.50	30.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
8	2002	3.20	15.40	15.00	0.50	0.00	0.40	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
9	2003	5.50	0.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	2004	8.40	8.10	0.40	0.00	0.00	0.00	3.90	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30
11	2005	4.40	5.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	4.40
12	2006	5.70	14.90	10.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
13	2007	7.50	7.90	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
14	2008	25.50	5.40	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.30
15	2009	3.90	8.40	4.60	0.80	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	2010	0.80	4.70	0.50	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
17	2011	13.40	17.00	1.00	3.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
18	2012	21.80	35.30	13.30	18.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.90
19	2013	16.10	124.50	6.40	0.00	2.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40
20	2014	16.00	0.00	1.90	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	2015	11.00	28.40	12.80	0.00	0.00	0.00	0.00					

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 4.2.1.6 Precipitación Máxima 24 horas – Estación Chiguata

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	26.00	0.00	48.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1996	15.90	10.20	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1997	14.90	44.00	28.50	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	4.80	0.00	0.00	16.40
4	1998	10.40	12.60	3.90	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.40
5	1999	10.20	19.90	25.00	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.20
6	2000	14.30	22.10	36.20	1.40	0.40	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20
7	2001	11.40	19.40	20.90	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60
8	2002	10.40	24.30	21.70	6.10	0.00	0.00	8.90	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
9	2003	8.40	2.50	9.20	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
10	2004	17.70	18.70	0.60	0.00	0.00	0.00	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60
11	2005	11.10	13.00	7.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	8.40
12	2006	5.50	14.40	13.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.80
13	2007	23.40	9.60	5.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
14	2008	20.70	14.60	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50
15	2009	2.40	9.90	6.40	4.20	0.00	0.00	0.40	0.00	0.20	0.00	0.40	0.00
16	2010	3.30	9.70	2.90	2.60	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70
17	2011	16.50	19.20	2.30	2.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80
18	2012	25.30	39.30	36.60	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80
19	2013	28.50	18.00	21.50	0.00	2.90	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.60
20	2014	16.30	0.80	2.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	2015	4.40	20.00	14.30	0.00								

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 4.2.1.7 Precipitación Máxima 24 horas – Estación Characato

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	81.40	0.00	32.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
2	1996	20.75	11.15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1997	17.80	58.90	32.90	0.00	0.00	0.00	0.00	21.50	6.80	0.00	0.00	38.10
4	1998	19.90	13.40	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.95
5	1999	25.00	45.80	52.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30
6	2000	18.20	42.60	15.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05
7	2001	6.15	56.80	57.50	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	2002	19.00	22.40	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	2003	15.70	2.80	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	2004	29.80	7.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20
11	2005	12.00	6.40	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20
12	2006	11.20	23.60	25.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
13	2007	29.50	30.10	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00
14	2008	36.50	12.10	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	2009	7.00	16.50	8.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	2010	0.50	8.00	0.80	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	2011	16.10	20.00	5.80	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.30
18	2012	46.90	52.90	46.00	20.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
19	2013	32.30	30.05	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
20	2014	36.80	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	2015	5.00	57.60	55.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro Nro. 4.2.1.8 Precipitación Máxima 24 horas – Estación Aguada Blanca

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2002	6.30	13.70	0.90	7.70	0.90	2.50	14.50	0.00	0.00	0.00	2.60	5.30
2	2003	8.80	6.50	13.90	9.80	3.30	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	6.90
3	2004	16.70	24.30	11.40	3.10	0.00	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60
4	2005	**SD**	21.80	13.90	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00	0.30
5	2006	15.80	16.00	15.30	0.30	0.00	1.10	0.00	0.00	0.20	6.90	0.80	1.80
6	2007	15.90	10.80	11.10	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	6.60
7	2008	**SD**	**SD**	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40
8	2009	26.80	18.50	10.40	14.70	0.00	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	1.60	0.40
9	2010	11.80	19.02	17.60	6.90	5.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.90	0.00	7.00
10	2011	21.40	25.90	6.40	15.90	18.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	15.30
11	2012	20.20	6.20	9.80	15.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	9.30	0.00	6.80
12	2013	31.90	20.80	7.00	0.00	4.50	13.90	4.10	0.80	0.00	5.50	0.00	5.50
13	2014	14.00	5.80	5.20	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.20	0.00	0.00
14	2015	25.80	11.40	9.50	3.60	0.00	0.00	3.10	0.00	1.40	0.00	2.50	0.00

*__SD__: Sin dato de Registro de Precipitación Máxima de 24 horas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 4.2.1.9 Precipitación Máxima 24 horas – Estación Las Salinas

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	41.20	12.10	30.90	12.30	6.10	0.00	0.00	0.00	6.10	0.00	3.00	10.10
2	1996	15.00	21.10	8.20	3.40	1.20	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	5.50	8.20
3	1997	10.00	21.50	19.40	9.70	1.00	0.00	0.00	8.50	7.30	0.50	9.70	12.50
4	1998	24.50	24.50	6.30	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	11.60
5	1999	13.90	42.30	24.40	18.30	0.00	0.00	0.00	0.00	6.10	4.00	4.00	8.50
6	2000	13.80	14.20	11.10	8.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.60	3.00	0.00	20.60
7	2001	11.20	27.20	18.90	16.40	0.00	1.30	0.00	2.20	0.00	15.00	2.30	10.40
8	2002	26.60	17.20	42.00	13.60	1.50	5.50	9.50	0.00	0.00	4.30	5.00	14.80
9	2003	19.50	13.00	16.20	9.90	3.50	0.00	0.60	5.20	0.30	0.00	0.50	13.60
10	2004	22.60	39.60	10.20	13.00	0.00	0.00	12.50	1.50	1.30	0.00	0.00	2.80
11	2005	9.00	28.40	9.30	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	7.30	0.00	6.20	13.60
12	2006	21.20	16.00	19.30	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.10	9.40	7.40
13	2007	13.80	10.60	24.40	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.10	3.00	12.40
14	2008	22.10	13.70	32.80	0.00	0.00	0.40	0.00	5.40	0.00	8.40	0.00	9.60
15	2009	16.30	18.20	11.00	3.60	0.00	0.00	5.80	0.00	2.00	1.00	10.70	6.50
16	2010	7.50	12.70	7.80	3.20	1.80	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	13.60
17	2011	**SD**	24.80	10.80	16.00	14.90	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	6.00	22.70
18	2012	20.40	18.90	12.90	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.60	0.00	13.90
19	2013	28.60	15.70	17.40	0.00	5.40	37.60	8.60	10.50	0.00	14.10	0.00	11.80
20	2014	18.40	4.00	20.70	15.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	2.50	3.10	2.40
21	2015	18.60	15.40	16.70	14.00	0.00	0.00	6.00	2.20	2.90	3.40	6.20	0.60

*__SD__: Sin dato de Registro de Precipitación Máxima de 24 horas

Las precipitaciones son irregulares, de acuerdo a la estación del año, sin embargo, se registran precipitaciones como se mostraron en los anteriores cuadros.

4.2.2 Temperatura

La temperatura es el elemento meteorológico cuya variación está ligada al factor altitudinal. Socabaya por su localización geográfica pertenece a un clima templado de tipo continental, de tal manera el lugar de estudio presenta temperaturas máximas de 23 °C y mínimas de 7 °C en la estación de verano y 22 °C y 4 °C en la estación de invierno. En las horas de 11.00 a.m. a 14.00 p.m. se alcanza la mayor temperatura, y la sensación de frío de mayor intensidad se presenta a las 4.00 a.m. Las horas de sol, promedian entre 12 y 13 horas en la estación de verano y 10 horas en la estación de invierno. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.3 Humedad Relativa

De acuerdo al registro de la estación **SOCABAYA**, se aprecia que la humedad relativa en la zona de la cuenca Socabaya se mantiene con poca variación durante todo el año (**42.75% aproximadamente**). Esto significa que, la cuenca Socabaya, presenta un considerable grado de humedad relativa, con valores máximos de 68% y mínimos de 27%. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

4.3 GEOLOGÍA

4.3.1 Origen Geológico

Depósitos fluviales, arrastra material granular en tiempo de precipitación desde el rio chiguata que luego toma el nombre de Sabandia posteriormente Socabaya. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

Los suelos que conforman la cuenca del rio Socabaya, en general se caracterizan por ser depósitos aluviales, constituidos de clastos redondeados como consecuencia del arrastre de las aguas.

4.3.2 Tipo de roca

Rocas volcánicas (tufos volcánicos, láminas de biodita, andesitas, lavas y feldespatos), rocas ígneas intrusivas (batoliticas como tonalita, granodeorita y gabradiorita), conglomerados poco consolidados. Los bordes de ambas márgenes del rio Socabaya, están formado por suelos cohesivos y material de préstamo, que son fácilmente arrastrados por el caudal del rio, en sus máximas avenidas. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

4.3.3 Vientos

La mayor intensidad de los vientos es entre las 13.00 y 15.00 horas, con mayor acentuación en los meses en las estaciones de invierno y primavera debido a la disminución de la nubosidad. La orientación de los vientos es de Noroeste a Sur Este en horas de la mañana y los vientos vespertinos y nocturnos tienen una dirección predominante de Este a Oeste. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL CAUCE

4.4.1 Explotación

Comercial, volumen de explotación pequeño, la potencia depende del material arrastrado en épocas de precipitaciones. Piedra seleccionada natural de rio, también se encuentra piedra chancada de quijada y piedra seleccionada chancada.

4.4.2 Riesgos climáticos (Sismos)

Se analizó los grandes sismos históricos y obtuvo cantidades estimadas de longitudes de ruptura en un diagrama espacio-tiempo de los grandes sismos históricos del Perú. Se muestra la existencia de tres zonas diferentes correspondientes a la segmentación de la placa de Nazca subducida en la placa Sudamericana. (Dorbath, 1990)

La ubicación de la ciudad de Arequipa en el borde Occidental de Sudamérica, la coloca dentro del área de influencia derivada de la convergencia de las Placas de Nazca y Sudamérica y por lo tanto a la eventual ocurrencia de sismos de nivel destructivo. Las referencias históricas nos señalan que en los últimos 500 años la ciudad ha sufrido 23 sismos severos.

En el siguiente plano de microzonificación sísmica, elaborado por la **Unidad Emis**, podemos identificar las siguientes zonas en el distrito de Socabaya de acuerdo al siguiente rango de riesgo. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

- **ALTO RIESGO:** Zonas que pertenecen a la Comunidad Campesina Pampas Viejas de Socabaya, Centro Poblado de Bellapampa, Lara.
- **MEDIANO RIESGO:** Cauce del río Socabaya
- **MODERADO RIESGO:** Zonas que conforman predios agrícolas ubicadas al este del Complejo Arqueológico de Pillo.
- **BAJO RIESGO:** Resto de Zonas del distrito

4.4.3 Inundaciones

En la ciudad de Arequipa, se han registrado a través del tiempo, precipitaciones pluviales de magnitud considerable que ocasionaron desbordes en el cauce de los ríos. Las torrenteras (**Quebradas de**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

escorrentía), son otro factor de riesgo, frente a la amenaza de inundaciones y a la vulnerabilidad de su infraestructura y ubicación de construcciones en sus márgenes. Por los documentos consultados, no se registran inundaciones que hayan afectado considerablemente en zonas que pertenezcan al distrito de Socabaya, sin embargo, es necesario considerar este riesgo y prever medidas frente a un eventual suceso. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

4.4.4 Suelos

En algunos sectores del distrito, es definido como Suelo Barroso de Socabaya (sbs), situado entre las urbanizaciones Lara y Miguel Grau, Santa Rosa y Libertador San Martín. Son suelos primarios relativamente muy jóvenes, formados a partir de "flujo de lodo", presentan un relieve ondulado con fuertes pendientes, que varían entre 8 y 20 % en la parte Sur y moderadas hacia el Norte con un 5 y 6%, éstas permiten un drenaje superficial rápido. Existen también el tipo: Suelo Paludial Reciente, en zonas cercanas al Golf y en áreas, ubicadas al sur oeste, como el Complejo Arqueológico Pillo, se establece la clasificación de Rocas Terciarias. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

En el siguiente mapa de **microzonificación sísmica del Atlas Ambiental de Arequipa** se puede observar, la clasificación de los suelos en cinco zonas, específicamente en Socabaya se definiría de la siguiente manera:

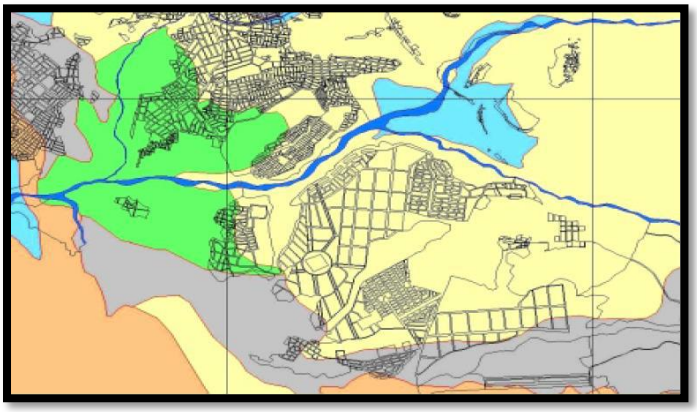
- **ZONA IB, SILLARES, CANTIZALES Y GRAVAS COHESIVAS**. La capacidad portante no es mayor a 2Kg/cm2 las zonas ubicadas son El Pueblo de Socabaya, Asociación taller Ampliación Socabaya, Asociación Semi rural de Umapalca, La Pampa. (**color maíz en la imagen 4.4.4.1**)
- **ZONA III SUELO FLUVIALES, TOBACEOS**. En esta zona la máxima capacidad portante es de 0.7 Kg/cm2 , corresponde al cauce del Río Socabaya. (**color celeste en la imagen 4.4.4.1**)
- **ZONA IV, ARENAS SUELTAS SUMERGIDAS**. Es la zona más crítica, con una capacidad portante menor a 0.7 Kg/cm2, por la composición de los suelos y el bajo nivel freático. Se ubican las zonas de Lara, Bellapampa y Chillpinilla. (**color verde en la imagen 4.4.4.1**)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

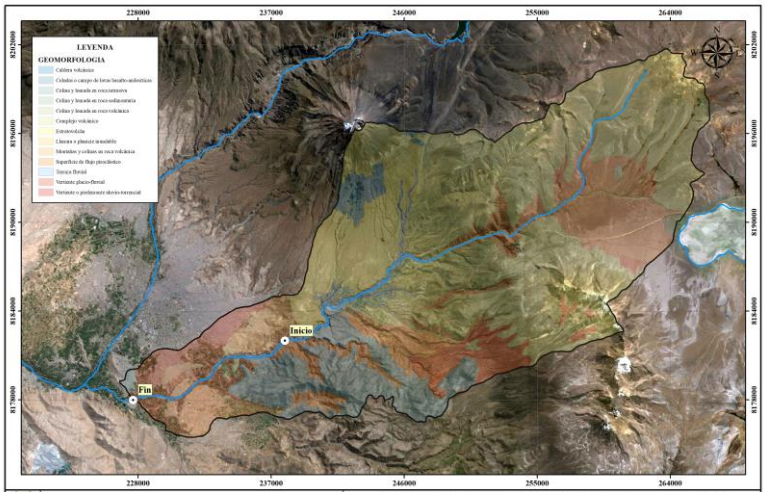
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 4.4.4.1 Clasificación de suelos, GEO AREQUIPA



La Geomorfología de la cuenca Socabaya muestra un lecho de rio denominada terraza fluvial, mientras tanto el área de estudio en el distrito de Socabaya se muestra una superficie de flujo piroclastico tal como se muestra en la figura Nro. 4.4.4.2

Figura Nro. 4.4.4.2 Geomorfología de la Cuenca Socabaya



Fuente: Elaboración Propia

4.4.5 Vegetación, flora

La vegetación de Socabaya está determinada por las condiciones climáticas del lugar, presenta vegetación forestal con especies como: eucalipto, molle y sauces. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

4.4.6 Fauna

La fauna del distrito está representada por las siguientes especies:

- Pajaros (gorriones, chihuancos, tancas, colibríes, etc.)
- Palomas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Tórtolas
- Rabiblancas
- Perdices
- Zorros
- Zorrinos
- Vizcachas
- Cuculíes

4.4.7 Área Agrícola y campiña

Uno de los soportes ambientales más importantes del ecosistema de Socabaya está constituido por la extensa área de Campiña, dedicada a la actividad agrícola. Sin embargo, debido al proceso de urbanización no planificada, sumado a factores como la migración, baja rentabilidad de la actividad agrícola, manejo político inadecuado, etc. Se promueve un proceso continuo y acelerado de disminución del área destinada al uso agrícola.

Esto afecta a la calidad ambiental de Socabaya y por consiguiente la calidad de vida de la ciudadanía. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

4.4.8 Calidad Agrícola del suelo

Una de las características importantes de los suelos de Socabaya, se refiere a la alta calidad agrológica que presenta; diversos estudios como los de la Municipalidad Provincial de Arequipa determinan el gran valor que tienen los suelos agrícolas en toda la extensión del distrito. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

En el cuadro siguiente se determina que el área agrícola, en el año 2000, constituía el 9.7% del total, con una extensión de 910.42 hectáreas.

Cuadro Nro. 4.4.8.1 Área Agrícola

AMBITO	HECTAREAS	PORCENTAJE
AREQUIPA	9356.56	100%
SOCABAYA	910.42	9.70%

Fuente: Geo Arequipa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Entre los distritos que poseen sus áreas agrícolas con alta calidad agrológica, Socabaya se ubica en el tercer lugar, se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro Nro. 4.4.8.2 Calidad Agrologica Alta

DISTRITO	HAS.
TIABAYA	1128.67
SABANDIA	1054.3
SOCABAYA	910.42
CHARACATO	507.23
J.L. BUSTAMANTE	469.4
PAUCARPATA	233.1
AREQUIPA	124.14

Fuente: Geo Arequipa

4.4.9 Cuencas, ríos y fuentes de agua

El río Socabaya es el principal recurso hídrico del distrito, su régimen es irregular, torrentoso en época de lluvia, permaneciendo el resto del año con un caudal mínimo que riega las zonas agrícolas adyacentes. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

En el distrito de Socabaya se ha identificado 50 fuentes, resumidas en el siguiente cuadro:

Cuadro Nro. 4.4.9.1 Clasificación de Fuentes

TIPO	Nro.
MANANTIALES	10
TUNELES DE CAPTACION	2
SISTEMAS DE DRENAJE	5
POZOS TUBULARES	2
POZOS A TAJO ABIERTO	31
TOTAL	**50**

Fuente: Equipo Técnico PEDC

El cauce del rio es variado y amplio que va desde los 17.14 metros en lugares de la cuenca alta y 155.72 metros. Existe erosión de las riberas u orillas del rio en muchos tramos, en algunos tramos adyacentes se ha depositado relleno con material de desechos de construcción, lo cual es un peligro ante una avenida

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

máxima, ocasionando daños a las riberas del rio y estructuras de captación y propiedades marginales. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

En forma general, varios lugares a lo largo de los 12.5 Km, se verían perjudicados ante un incremento de caudales, afectando terrenos de cultivo y población colindante, entre otras estructuras hidráulicas como la bocatoma y los canales de derivación que se encuentra aguas arriba en la margen del rio Socabaya. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

4.4.10 Transporte y Accesibilidad

Las principales vías troncales en Arequipa son básicamente ejes radiales que unen al centro histórico con las áreas noroeste, suroeste, sureste, y este de la ciudad. Son altamente recorridas por buses urbanos, la mayoría sirviendo a más de una docena de rutas cada una. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

- Av. Ejército (ruta troncal del noroeste)
- Av. Parra (ruta troncal del suroeste)
- Av. Malecón Socabaya / Alcides Carrión (ruta troncal del sureste)
- Av. Mariscal Castilla / Jesús (ruta troncal del este)

El distrito de Socabaya se estructura vialmente por un eje que es conformado por las Av. Garcilazo de la Vega, Socabaya, Salaverry; esta concentra el mayor flujo vehicular hasta la intersección con la Av. Paisajista que disminuye a medida que se aproxima al Pueblo Tradicional. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

La Av. Socabaya con una sección aprox. de 13.9 m., con 4 carriles en dos sentidos, y el tipo de pavimento es asfalto; es la vía de acceso al distrito y a la zona sur de Arequipa, por lo que sirve de soporte a diferentes actividades de uso comercial. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

A nivel distrital, las vías de interconexión con otros distritos son:

- Vía Paisajista que se articula con Hunter.
- Av. Las Peñas que se articula con J.L. Bustamante y Rivero
- Vía hacia el Penal, articulando a Socabaya con Characato y Yarabamba.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO V

ESTUDIO DE LA CUENCA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO V

5. ESTUDIO DE LA CUENCA

5.1 GENERALIDADES

Contar con un buen dato hidrológico en un proyecto hídrico es sumamente importante ya que esto permite garantizar el caudal a derivar, así como definir el dimensionamiento de los elementos que conforman la Faja Marginal.

La hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas, físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos, como se explicó en el Capítulo III.

El presente proyecto de tesis tiene como finalidad presentar la metodología y resultados de los análisis hidrológicos correspondientes al estudio del proyecto para la **"Delimitación de la Faja Marginal YUMINA – SOCABAYA"**. Los datos hidrológicos usados en el presente proyecto se obtuvieron de las siguientes fuentes: El Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (**SENAMHI**), el Instituto Geofísico de la U.N.S.A. (**Estación Characato**) y la Autoridad Autónoma de Majes (**AUTODEMA**).

5.2 METODOLOGIA

5.2.1 Trabajos preliminares

- Reconocimiento del ámbito del proyecto.
- Recolección de información pluviométrica.
- Recopilación de información bibliográfica.
- Recopilación de la información cartográfica.
- Topográfica.

5.2.2 Trabajos finales de gabinete

- Digitalización de la información cartográfica en sistema CAD.
- Determinación de los parámetros de la cuenca.
- Análisis y tratamiento de la información pluviométrica.
- Distribución de las probabilidades para las precipitaciones.
- Determinación de la curva de Intensidad - Duración – Frecuencia.
- Determinación de los parámetros hidrológicos en la cuenca.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Aplicación del Método Racional modificado (**TEMEZ**).
- Aplicación del Modelo Hidrológico.

5.3 INFORMACION CARTOGRAFICA Y GEOGRAFICA

Para la información cartográfica básica para la generación de mapas temáticos y el estudio hidrológico de la cuenca se ha hecho uso de la Carta Nacional, Hoja 33-T y Hoja 33-S a escala 1: 100,000 con curvas a 50 m, levantadas por el Instituto Geográfico Nacional (**IGN**).

Para la adquisición y recolección de información hidrometeorológica se tuvo como fuentes al Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrología (**SENAMHI**) y la Autoridad Autónoma de Majes (**AUTODEMA**).

5.4 DESCRIPCION GENERAL DEL MODELO PARA LA CUENCA

Según el ***Ing. Juan Cabrera***, Entender el ciclo hidrológico implica entender la **"respuesta"** de la cuenca de manera continua en el tiempo y en el espacio, por este motivo la base de la modelación hidrológica es la modelación de cuencas.

Existen muchas referencias de clasificación de modelos, sin embargo, se detallarán las principales a continuación:

- **Modelos conceptuales de procesos básicos:** pueden ser empíricos, conceptuales o basados en procesos.
- **Modelos de acuerdo a la naturaleza de los algoritmos básicos:** pueden ser determinísticos o estáticos.
- **Modelos de representación espacial:** pueden ser agrupados o distribuidos.

En consecuencia, el modelo que se utilizara en el siguiente estudio hidrológico es de **conceptualización de los procesos básicos**, ya que estos modelos se basan en relaciones de entrada y salida, dentro de estos podemos mencionar el método racional y método de numero de curva (**generación de caudales**).

5.5 DETERMINACION DE PARAMETROS DE LA CUENCA

5.5.1 Delimitación

La cuenca está delimitada por la línea imaginaria conocida como **"*divortium acuarium*"** o línea **"*divisoria de aguas*"** que podría definirse

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

como el lugar geométrico de los puntos más altos que separan las precipitaciones que caen en hoyas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial.

5.5.2 Metodología

- Ubicar la desembocadura del cauce principal de la cuenca por delimitarse.
- Hacia aguas arriba de la desembocadura identificar los afluentes hasta sus orígenes, así como los ríos próximos de las cuencas vecinas, definiendo así una "franja de delimitación" donde se delineará posteriormente el **"divortium"**.
- En la **"franja de delimitación"** ubicar las cumbres más altas
- Unir las **"cimas de las cumbres más altas"** ubicadas en la franja, aplicando el criterio de máxima pendiente. Cada tramo delimitado se verificará mediante el **"criterio de la gota de agua"** (**la gota podrá ir hacia una u otra cuenca a seguir la línea de máxima pendiente, la divisoria es perpendicular a las direcciones alternativas de la gota de lluvia**). La línea así trazada constituirá el **"divortium acuarium"**.
- Identificar el cauce principal en todo su recorrido. su origen es a la vez la naciente de la cuenca, su longitud se considera también la longitud de la cuenca y es un dato empleado para la determinación de parámetros morfológicos. Debe registrarse la altitud, latitud y longitud tanto de la naciente como de la salida del cauce principal.

5.6 DESCRIPCIÓN HIDROGRÁFICA

Hidrográficamente el área del proyecto comprende una **sub Cuenca del Chili**, el drenaje de las aguas de lluvia en este sector se lleva a cabo en cursos denominados quebradas (**corrientes efímeras**). En tal sentido, el área refleja un grado de ramificación de sexto orden (**STRAHLER**), como se aprecia en el plano M19-II.

5.6.1 Área de la Cuenca

El área de la cuenca del rio Socabaya, ha sido calculada en **AUTOCAD**, a partir de la delimitación digitalizada de las cuencas. Se ha obtenido un valor de: 509.883 Km² (**proyección horizontal incluida entre su divisoria**)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.6.2 Perímetro de la Cuenca

El perímetro de la cuenca del rio Socabaya fue determinado en **AUTOCAD**, obteniéndose un valor de 118.876 Km.

5.6.3 Pendiente de la Cuenca

Esta característica controla en buena parte la velocidad con la que se da la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto. Se ha utilizado distintos criterios para obtener valores representativos de este parámetro:

- Criterio de Horton
- Criterio de Nash
- Criterio de Alvord
- Criterio del Rectángulo Equivalente

5.6.3.1 Criterio de Horton

- **Procedimiento**

1. El plano de **DELIMITACION** de la cuenca (**con curvas de nivel**)
2. Trazar reticulado siguiendo la orientación del curso principal, asociado a un sistema de ejes rectangulares x, y.
3. Contar en cada dirección (**X e Y**) el número de intersecciones de los ejes con las curvas de nivel y medir la longitud de cada eje, ambos dentro de la cuenca. (Dr. Ing. Luis V. Reyes Carrasco, 1992)

- **Cálculos**

1. Pendientes de la cuenca en las direcciones X e Y:

$$\boldsymbol{Sx} = \frac{\boldsymbol{D} * \boldsymbol{Nx}}{\boldsymbol{Lx}} \boldsymbol{Sec}\ \alpha$$

$$\boldsymbol{Sy} = \frac{\boldsymbol{D} * \boldsymbol{Ny}}{\boldsymbol{Ly}} \boldsymbol{Sec}\ \alpha$$

Dónde:

$\boldsymbol{S_x}, \boldsymbol{S_y}$: Pendiente de la cuenca en las direcciones X e Y respectivamente.

$\boldsymbol{N_x}, \boldsymbol{N_y}$: Número de intersecciones y tangencias de las líneas del reticulado en la dirección X e Y con las curvas de nivel.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$\boldsymbol{D}$: Equidistancia vertical entre las curvas de nivel (Km).

$\boldsymbol{L_x, L_y}$: Longitud total de las líneas del reticulado comprendidas dentro de la cuenca, en las direcciones X e Y respectivamente (Km).

2. Pendiente total de la cuenca:

$$\boldsymbol{Sc} = \frac{\boldsymbol{N} * \boldsymbol{D}}{\boldsymbol{L}} \boldsymbol{Sec}\ \alpha$$

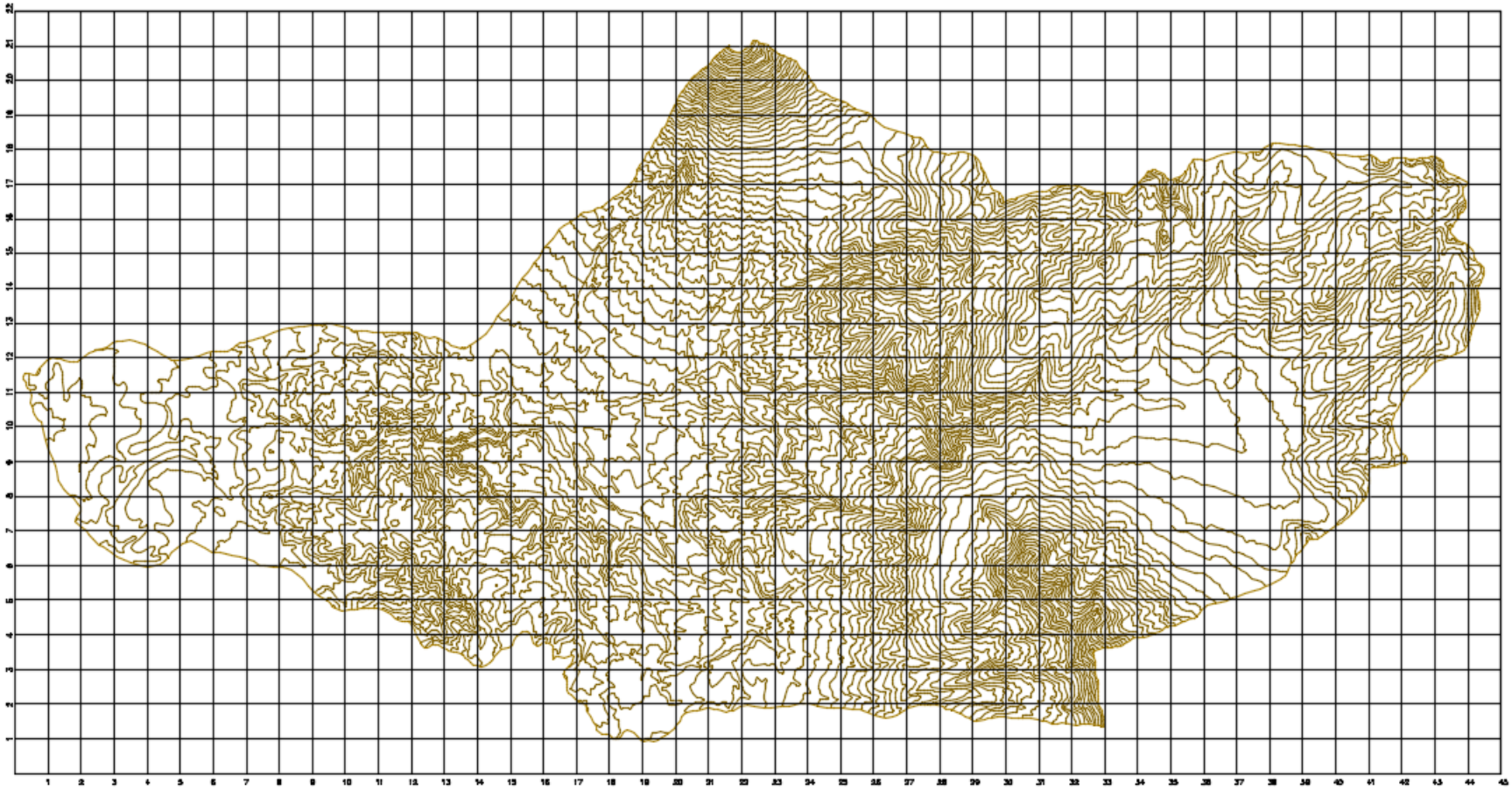
$$\boldsymbol{N} = \boldsymbol{Nx} + \boldsymbol{Ny}$$

$$\boldsymbol{L} = \boldsymbol{Lx} + \boldsymbol{Ly}$$

Horton proporciona el valor promedio a usar de Sec α = 1.57

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.6.3.1.1 Determinación de la pendiente de la cuenca SOCABAYA, criterio de HORTON



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.6.3.1.1 Determinación de la pendiente – Método de Horton

línea del reticulado	intersección y tangencias		Long. Líneas reticulares (m)	
	Nx	Ny	Lx	Ly
0	0	0	0	0
1	3	4	2628.329	845.523
2	6	49	4825.048	15596.801
3	10	52	6136.303	16003.546
4	10	88	6396.781	22333.516
5	6	111	5338.696	27320.039
6	14	112	5797.46	31356.518
7	12	91	6259.362	37633.024
8	20	90	6831.158	39233.725
9	28	84	7644.093	40966.526
10	32	100	8170.88	40908.66
11	29	88	7960.204	41686.313
12	41	108	8482.514	41353.671
13	48	87	8856.068	29704.035
14	31	87	9382.084	29134.724
15	33	95	9991.975	28245.601
16	36	75	11372.364	26705.779
17	45	61	13897.712	20869.422
18	43	23	15426.753	11247.464
19	36	16	16718.013	6101.611
20	62	21	17978.32	3671.067
21	77	6	18570.499	582.666
22	94	0	18881.642	0
23	88	0	18964.005	0
24	67	0	18147.443	0
25	71	0	17537.402	0
26	77	0	17221.564	0
27	84	0	16580.696	0
28	59	0	15958.089	0
29	74	0	16319.658	0
30	76	0	14886.378	0
31	76	0	15245.231	0
32	67	0	15563.42	0
33	51	0	13127.723	0
34	35	0	13099.287	0
35	34	0	12890.783	0
36	26	0	12926.654	0
37	27	0	12827.287	0

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

38	25	0	12696.058	0
39	29	0	11606.612	0
40	34	0	10745.07	0
41	31	0	9283.734	0
42	31	0	7310.287	0
43	24	0	5924.508	0
44	9	0	2825.642	0
SUMA	1811	1448	509233.789	511500.231

Cuadro Nro. 5.6.3.1.2 Resultados Pendiente de la cuenca – Método de Horton

$S_X = \frac{N_X * D}{L_X}$	**0.1778**
$S_Y = \frac{N_Y * D}{L_Y}$	**0.1415**
$L = L_X + L_Y$	**1020734.0200**
$N = N_X + N_Y$	**3259.0000**
$S_C = \frac{N*D}{L} Sec\ \alpha$	**0.2506**

- **Conclusión:**

La pendiente de la cuenca Socabaya es 25.06%

5.6.3.2 Criterio de Nash

- **Procedimiento**

1. Se emplea el mismo reticulado y curvas de nivel que para el método de Horton

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. Se consideran las intersecciones entre los ejes en la dirección X y los ejes en la dirección Y. En cada punto de intersección de traza una recta perpendicular a las curvas de nivel próximas y se calcula la pendiente.
3. **LA PENDIENTE DE LA CUENCA** es el promedio de las pendientes en los puntos de intersección, descartando los valores **"cero"** que se obtienen cuando la intersección se produce sobre una curva de nivel. (Dr. Ing. Luis V. Reyes Carrasco, 1992)

- **Cálculos**

1. Pendiente en la intersección

$$Si = \frac{D}{di}$$

Dónde:

$\boldsymbol{d}$: Distancia mínima entre las curvas de nivel próximas. Corresponde a la perpendicular a amabas que pasa por el punto de intersección (m).

$\boldsymbol{D}$: Equidistancia vertical entre las curvas de nivel empleadas, pro procedimiento es constante (m).

2. La pendiente de la cuenca

$$Sc = \frac{\sum Si}{N - m}$$

Dónde:

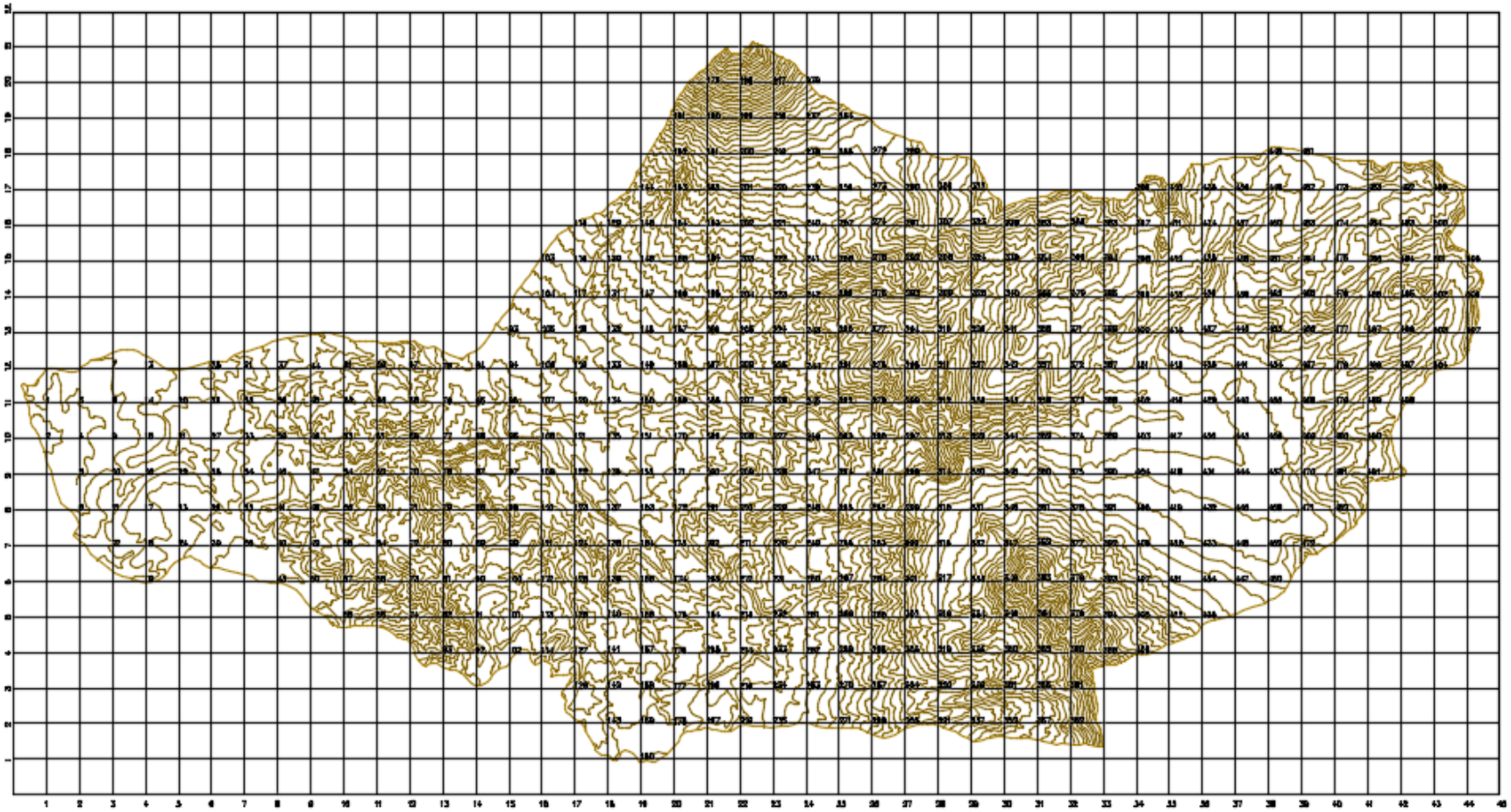
$\boldsymbol{N}$: Número total de intersecciones.

$\boldsymbol{m}$: Número de intersecciones eliminadas.

Los datos obtenidos pueden analizarse estadísticamente, considerando las pendientes calculadas en cada intersección a fin de trazar una gráfica de distribución de frecuencias y analizar mejor la variación de las pendientes en la cuenca.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.6.3.2.1 Determinación de la pendiente de la cuenca SOCABAYA, criterio de NASH



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.6.3.2.1 Determinación de la Pendiente – Método de Nash

Intersección Nro.	coordenadas		distancia mínima	pendiente S (m/m)
	X	Y		
1	1	11	452.869	0.1104
2	1	10	440.726	0.1134
3	2	11		0.0000
4	2	10	260.811	0.1917
5	2	9	198.848	0.2514
6	2	8	296.165	0.1688
7	3	12		0.0000
8	3	11	317.945	0.1573
9	3	10	737.434	0.0678
10	3	9	475.301	0.1052
11	3	8	122.456	0.4083
12	3	7		0.0000
13	4	12	764.558	0.0654
14	4	11	367.344	0.1361
15	4	10	195.973	0.2551
16	4	9		0.0000
17	4	8	460.604	0.1086
18	4	7		0.0000
19	4	6	402.273	0.1243
20	5	11	283.282	0.1765
21	5	10		0.0000
22	5	9	142.136	0.3518
23	5	8	539.704	0.0926
24	5	7	463.632	0.1078
25	6	12	123.157	0.4060
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
476	40	9		0.0000
477	40	8	95.571	0.5232
478	41	17		0.0000
479	41	16	268.358	0.1863
480	41	15	108.236	0.4620
481	41	14	76.107	0.6570
482	41	13	97.008	0.5154
483	41	12		0.0000
484	41	11		0.0000
485	41	10		0.0000
486	41	9		0.0000
487	42	17	112.431	0.4447
488	42	16		0.0000
489	42	15	146.709	0.3408
490	42	14		0.0000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

491	42	13		0.0000
492	42	12	172.769	0.2894
493	42	11		0.0000
494	43	17	60.808	0.8223
495	43	16		0.0000
496	43	15		0.0000
497	43	14		0.0000
498	43	13		0.0000
499	43	12	58.252	0.8583
500	44	17	55.136	0.9068
501	44	16	135.779	0.3682
502	44	15	56.369	0.8870
503	44	14		0.0000
504	44	13		0.0000
505	44	12		0.0000
506	44	11		0.0000
507	44	10		0.0000

Cuadro Nro. 5.6.3.2.2 Resultados Pendiente de la cuenca - Método de Nash

$\sum S$	**132.6068**
$S_c = \frac{\sum S}{(N-m)}$	**0.2616**

- **Conclusión:**

La pendiente de la cuenca Socabaya es de 26.16%

5.6.3.3 Criterio de Alvord

- **Procedimiento**

1. Se basa en la determinación de la pendiente del área de influencia de una curva de nivel cualquiera (**considerando 3 curvas de nivel consecutivas de la cuenca**).
2. Se calcula el ancho promedio de la curva.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. Se calcula la pendiente parcial del área de influencia.
4. El promedio ponderado de las pendientes correspondientes a cada curva de nivel será la pendiente de la cuenca. (Dr. Ing. Luis V. Reyes Carrasco, 1992)

- **Cálculos**

1. Ancho promedio de la curva

$$\boldsymbol{bi = \frac{ai}{li}}$$

Dónde:

$\boldsymbol{b_I}$: El ancho promedio de la curva.

$\boldsymbol{a_i}$: El área de influencia de la curva central.

$\boldsymbol{l_i}$: La longitud de la curva central entre los límites de la cuenca.

2. Pendiente parcial del área de influencia

$$\boldsymbol{Si = \frac{D}{bi} = \frac{D}{\frac{ai}{li}} = \frac{D * li}{ai}}$$

3. Pendiente de la cuenca

$$\boldsymbol{Sc = \frac{D * L}{A}}$$

Dónde:

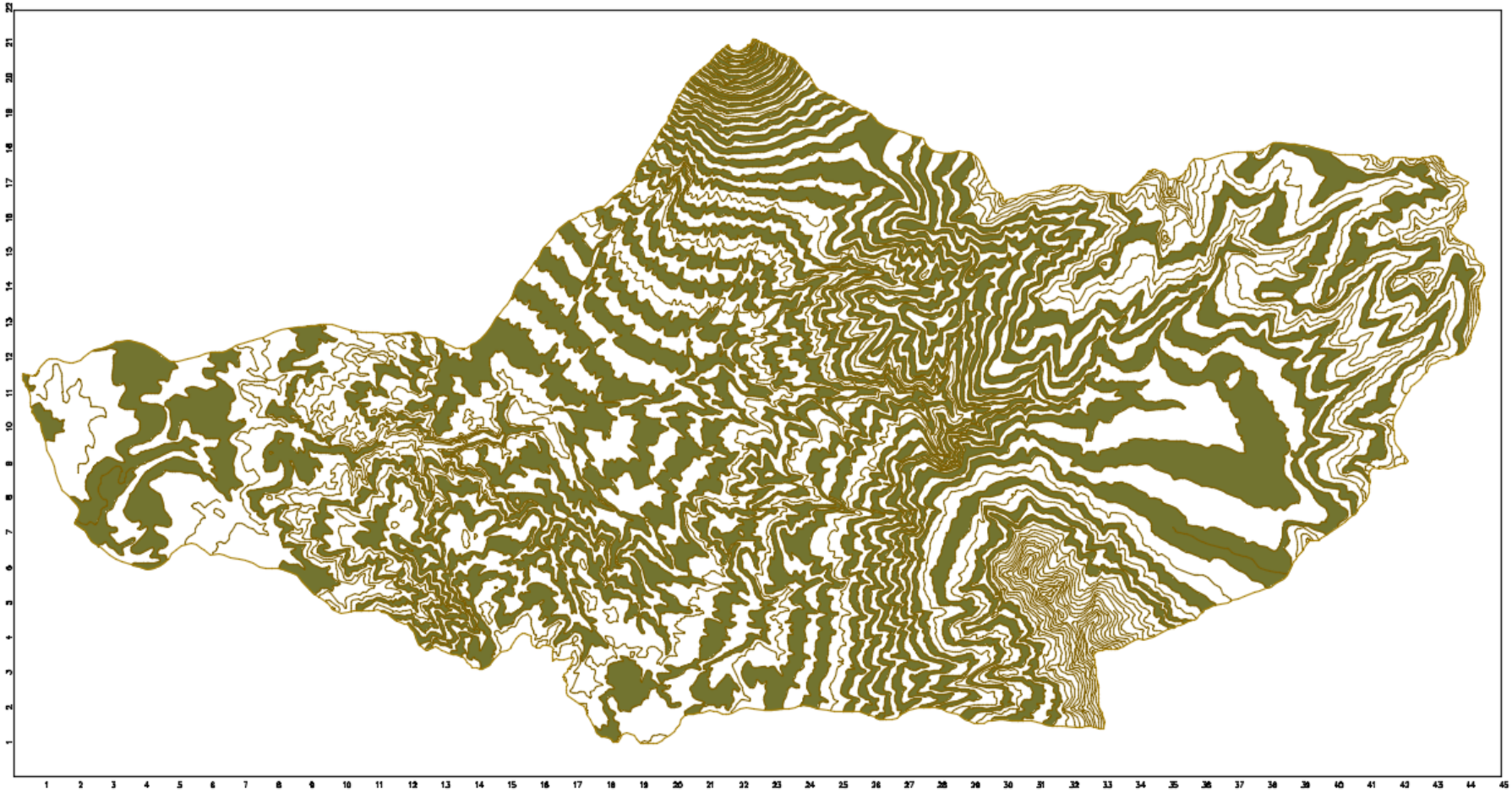
$\boldsymbol{D}$: Desnivel constante entre las curvas de nivel (km).

$\boldsymbol{L}$: longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca (km).

$\boldsymbol{A}$: Área de la cuenca.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.6.3.3.1 Determinación de la pendiente de la cuenca SOCABAYA, criterio de ALVORD



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.6.3.3.1 Determinación de la Pendiente – Método de alvord

ITEM	Curva (m)	Longitud (m)
1	5700	311.728
2	5650	1114.576
3	5600	1279.122
4	5550	1473.454
5	5500	1853.275
6	5450	2380.357
7	5400	4399.405
8	5350	5914.039
9	5300	9071.149
10	5250	12084.486
11	5200	13978.493
12	5150	15788.111
13	5100	16821.048
14	5050	17493.514
15	5000	20715.034
16	4950	26238.716
17	4900	32487.39
18	4850	44410.889
19	4800	48561.025
20	4750	58685.437
21	4700	65366.995
22	4650	68089.01
23	4600	71697.435
24	4550	74230.02
25	4500	71734.766
26	4450	70893.856
27	4400	69479.254
28	4350	68358.5
29	4300	66558.947
30	4250	63872.312
31	4200	55977.332
32	4150	53538.034
33	4100	50189.714
34	4050	50137.185
35	4000	49781.757
36	3950	51781.512
37	3900	51583.437
38	3850	49631.951
39	3800	50626.425
40	3750	44774.407
41	3700	42483.14

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

42	3650	41650.025
43	3600	41438.945
44	3550	45201.157
45	3500	43338.058
46	3450	50938.117
47	3400	45879.726
48	3350	49141.347
49	3300	48991.673
50	3250	58102.49
51	3200	63670.567
52	3150	58873.24
53	3100	53041.443
54	3050	46954.317
55	3000	46540.799
56	2950	43939.214
57	2900	46456.053
58	2850	53731.343
59	2800	49508.385
60	2750	42735.194
61	2700	42041.215
62	2650	41938.284
63	2600	31362.588
64	2550	27687.627
65	2500	20176.257
66	2450	12063.302
67	2400	14110.021
68	2350	15312.355
69	2300	9365.488
70	2250	2453.76

Cuadro Nro. 5.6.3.3.2 Resultados Pendiente de la cuenca - Método de Alvord

$S_C = \frac{D * L}{A}$	**0.267**

- **Conclusión:**

La pendiente de la cuenca Socabaya es de 26.70%

5.6.3.4 Criterio del rectángulo equivalente

- **Procedimiento**

1. Determinar el coeficiente de compacidad Kc (perímetro de la cuenca / perímetro de un circulo de área igual a la de la cuenca).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2. En este método se sustituye a la cuenca por un rectángulo que tenga igual área e igual perímetro.

$$\boldsymbol{A = L * l}$$

$$\boldsymbol{P = 2(L + l)}$$

3. El rectángulo equivalente tendrá igual coeficiente de compacidad e igual curva hipsométrica.
4. En estas condiciones, la pendiente de la cuenca será igual a la pendiente media del rectángulo equivalente. (Dr. Ing. Luis V. Reyes Carrasco, 1992)

- **Cálculos**

1. Coeficiente de compacidad

$$\boldsymbol{Kc = 0.2821 * \frac{P}{A^{\frac{1}{2}}}}$$

2. Lado mayor del rectángulo

$$\boldsymbol{L = \frac{kc\sqrt{\pi A}}{2}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi(kc)^2}}\right]}$$

3. Lado menor del rectángulo

$$\boldsymbol{l = \frac{kc\sqrt{\pi A}}{2}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi(kc)^2}}\right]}$$

4. Pendiente de la cuenca

$$\boldsymbol{Sc = \frac{H}{L}}$$

Dónde:

H: desnivel total entre los extremos de la cuenca.

L: Lado mayor del rectángulo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.6.3.4.1 Resultados Pendiente de la cuenca - Método del Rectángulo Equivalente

$K_C = 0.2821 * \frac{P}{A^{1/2}}$	**1.485**
$L = \frac{K_C * \sqrt{\pi * A}}{2}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi (K_C)^2}}\right]$	**49.042**
$l = \frac{K_C * \sqrt{\pi * A}}{2}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi (K_C)^2}}\right]$	**10.397**
$S_C = \frac{H}{L}$	**7.035**

- Conclusión:

La pendiente de la cuenca Socabaya es de 7.035%

5.6.4 Resultados Obtenidos

Los valores de pendiente (%) obtenidos por cada criterio se muestran a continuación:

Cuadro Nro. 5.6.4.1 Resultados de la Pendiente de la Cuenca Socabaya

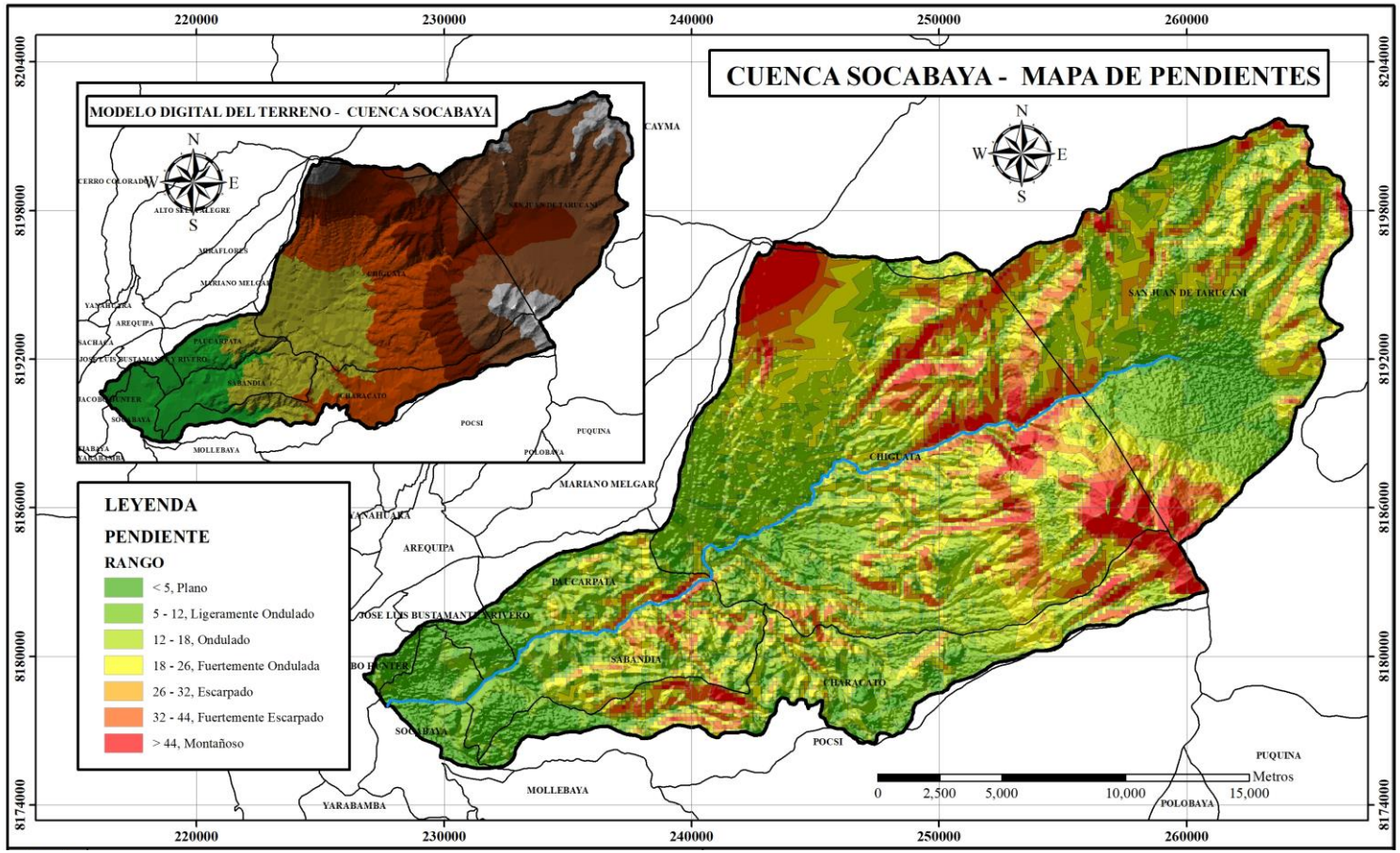
CRITERIO	VALOR
CRITERIO DE HORTON	**S = 25.06 %**
CRITERIO DE NASH	**S = 26.16 %**
CRITERIO DE ALVORD	**S = 26.70 %**
CRITERIO DEL RECTANGULO EQUIVALENTE	**S = 7.04 %**

El valor de la **PENDIENTE** para la cuenca del rio Socabaya, se adoptará como el promedio de los criterios: Horton, Nash y Alvord (**se ha descartado el criterio del Rectángulo Equivalente por presentar un valor muy distinto a los demás**). Por lo tanto, **LA PENDIENTE DE LA CUENCA DEL RIO SOCABAYA es dé 25.97 %**.

Como se puede observar en la Figura Nro. 5.6.3.3.2 elaborado con el Software Arc Gis 10.1 se obtuvo una pendiente promedio de la cuenca Socabaya de 18 – 26 % que conlleva a una **pendiente fuertemente ondulada**, que se encuentra entre los parámetros ya cálculos anteriormente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.6.3.3.2 Mapa de Pendientes de la Cuenca Socabaya mediante Arc Gis 10.1



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.7 CURVA HIPSOMÉTRICA

La curva hipsométrica representa la relación entre la altitud en m.s.n.m. y la superficie que queda por encima de dicha altitud. Para graficarla se ha utilizado el plano de delimitación de la cuenca (**con curvas de nivel**).

El POLIGONO DE FRECUENCIAS ALTIMETRICAS, es la representación gráfica de la distribución en porcentaje de las superficies ocupadas por diferentes escalones altitudinales.

Los datos empleados para la obtención de la curva hipsométrica y el polígono de frecuencias altimétricas son las siguientes:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

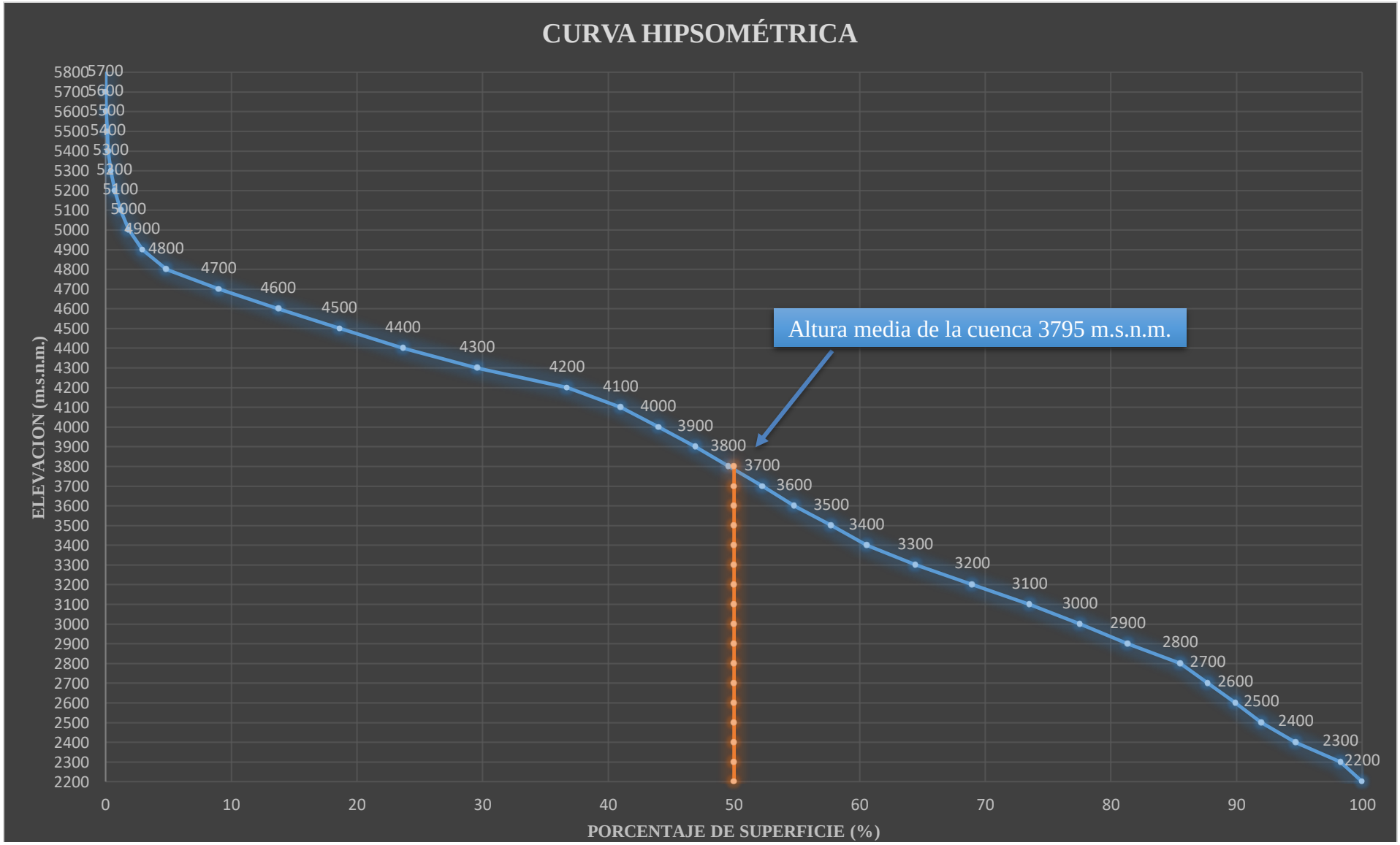
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.7.1 Curva Hipsométrica

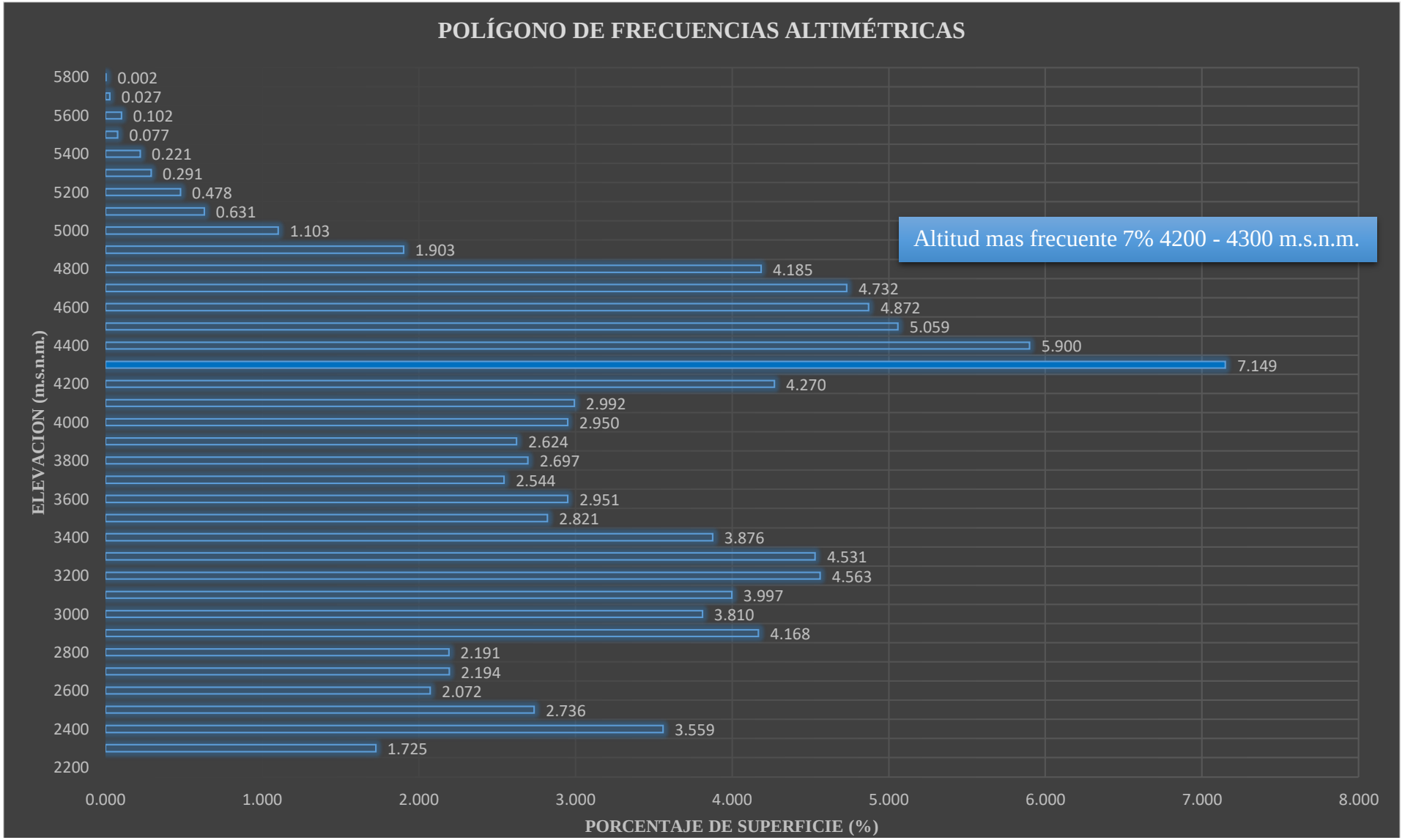
ELEVACIÓN	ÁREA SOBRE COTA (Km²)	ÁREA ENTRE COTA (Km²)	ÁREA ACUMULADA (Km²)	% DE ÁREAS ENTRE COTAS	% DE ÁREAS ACUMULADAS	ÁREA SOBRE COTA %
2200	509.804				0	100
2300	501.01	8.794	8.794	1.725	1.725	98.275
2400	482.866	18.144	26.938	3.559	5.284	94.716
2500	468.918	13.948	40.886	2.736	8.020	91.980
2600	458.353	10.565	51.451	2.072	10.092	89.908
2700	447.17	11.183	62.634	2.194	12.286	87.714
2800	435.999	11.171	73.805	2.191	14.477	85.523
2900	414.748	21.251	95.056	4.168	18.646	81.354
3000	395.322	19.426	114.482	3.810	22.456	77.544
3100	374.945	20.377	134.859	3.997	26.453	73.547
3200	351.684	23.261	158.12	4.563	31.016	68.984
3300	328.586	23.098	181.218	4.531	35.547	64.453
3400	308.828	19.758	200.976	3.876	39.422	60.578
3500	294.448	14.38	215.356	2.821	42.243	57.757
3600	279.406	15.042	230.398	2.951	45.193	54.807
3700	266.439	12.967	243.365	2.544	47.737	52.263
3800	252.691	13.748	257.113	2.697	50.434	49.566
3900	239.312	13.379	270.492	2.624	53.058	46.942
4000	224.275	15.037	285.529	2.950	56.008	43.992
4100	209.022	15.253	300.782	2.992	59.000	41.000
4200	187.253	21.769	322.551	4.270	63.270	36.730
4300	150.806	36.447	358.998	7.149	70.419	29.581
4400	120.729	30.077	389.075	5.900	76.319	23.681
4500	94.939	25.79	414.865	5.059	81.377	18.623
4600	70.101	24.838	439.703	4.872	86.249	13.751
4700	45.977	24.124	463.827	4.732	90.981	9.019
4800	24.642	21.335	485.162	4.185	95.166	4.834
4900	14.941	9.701	494.863	1.903	97.069	2.931
5000	9.319	5.622	500.485	1.103	98.172	1.828
5100	6.103	3.216	503.701	0.631	98.803	1.197
5200	3.667	2.436	506.137	0.478	99.281	0.719
5300	2.184	1.483	507.62	0.291	99.572	0.428
5400	1.058	1.126	508.746	0.221	99.792	0.208
5500	0.666	0.392	509.138	0.077	99.869	0.131
5600	0.146	0.52	509.658	0.102	99.971	0.029
5700	0.009	0.137	509.795	0.027	99.998	0.002
5800	0	0.01	509.805	0.002	100.000	0.000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Grafica Nro. 5.7.1 Curva Hipsométrica



Grafica Nro. 5.7.2 Polígono de Frecuencias Altimétricas



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.7.2 Resumen de Parámetros de la Cuenca Socabaya

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR
ALTITUD MAS FRECUENTE	Mayor área en %	7% 4200 - 4300
ALTITUD DE FRECUENCIA MEDIA	La media en % de áreas	3714.60 m.s.n.m.
ALTITUD MEDIA	La que tiene 50% (por encima y debajo) del área total de la cuenca	3795 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración Propia

5.8 PENDIENTE MEDIA DEL CURSO PRINCIPAL

5.8.1 Método: Pendiente Uniforme

Este método considera la pendiente del cauce, como la relación entre el desnivel que hay entre los extremos del cauce y la proyección horizontal de su longitud. (Dr. Ing. Luis V. Reyes Carrasco, 1992)

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde:

S: Pendiente

H: Diferencia de cotas entre los extremos del cauce, en Km

L: Longitud del cauce, en Km

5.8.2 Método: Compensación de Áreas

Una manera más real de evaluar la pendiente de un cauce, es compensándola, es decir, elegir la pendiente de una línea que se apoya en el extremo final del tramo y que tiene la propiedad de contener la misma área (**abajo y arriba**), respecto al perfil del cauce. (Dr. Ing. Luis V. Reyes Carrasco, 1992)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.8.3 Método: Taylor y Schwarz

Este método considera que un rio está formado por n tramos de igual longitud, cada uno de ellos con pendiente uniforme. (Dr. Ing. Luis V. Reyes Carrasco, 1992)

La ecuación de Taylor y Schwarz, es:

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \cdots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}}\right]^2$$

Donde:

n: Número de tramos iguales, en los cuales se subdivide el perfil.

$S_1, S_2 \ldots S_n$: Pendiente de cada tramo.

S: Pendiente media del cauce.

La ecuación, tiene una mejor aproximación cuanto más grande sea el número de tramos, en los cuales se subdivide el perfil longitudinal del rio.

Por lo general, se espera en la práctica de que los tramos sean de diferentes longitudes, en este caso Taylor y Schwarz recomienda utilizar la siguiente ecuación:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} L_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{L_i}{S_i^2}}\right]^2$$

Donde:

S: Pendiente media del cauce.

L_i: Longitud del tramo i

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

S_i: Pendiente del tramo i

Cuadro Nro. 5.8.1 Resultados Obtenidos de la Pendiente del Cauce Principal

METODO	VALOR
PENDIENTE DE UN TRAMO	**1.642 %**
PENDIENTE TAYLOR Y SCHARZ	**1.082 %**
PENDIENTE AREA COMPENSADA	**1.600 %**

Fuente: Elaboración propia

- **Conclusión:**

  La pendiente del curso principal es el promedio: 1.4436 %

  La delimitación de la cuenca socabaya con el software Arc Gis, se puede realizar de dos maneras, una es con las cartas nacionales del IGN (Instituto Geográfico Nacional) de manera gratuita y otra es mediante una imagen Aster, también de manera gratuita, la data de la superficie a través del centro LP DAAC de la NASA gracias a la política hecha entre la NASA y Japon.

- Las curvas se obtienen del ING o del Aster del Satélite, para transformar la superficie en formato shape en un TIN (Triangulated irregular network).
- Luego el formato TIN lo convertimos en formato RASTER, de acuerdo al tamaño que sea conveniente.
- Mejoramos el formato Raster con la herramienta fill, para rellenar algunos vacíos propios de convertir en formato Raster en Arc gis
- Luego generamos un archivo Flow Direction, para determinar la dirección de la escorrentía según las curvas procesadas en la superficie.
- Luego el generamos un archivo Flow Accumulation, para la dirección de los afluentes en la cuenca.
- Luego generamos un punto de control para que el Software delimite la cuenca de acuerdo a la topografía de la superficie generada.

Calculo del Área, Perímetro, Centroide, etc

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- En la opción de Open Attribute Table, agregamos un campo de precisión doble para calcular la geometría a través de las unidades en las que deseamos trabajar, de la misma forma con el perímetro, cota máxima, mínima etc.

Curva Hipsométrica

- Primero reclasificamos el dem de la cuenca con la opción Reclassify.

Pendiente de la cuenca

- Calculamos la pendiente promedio de la cuenca a través de la opción de Slope, con la consuslta estadística del Software Arc Gis

Longitud del Cauce Principal

- Calculamos la longitud más larga del flujo a través de la opción Flow Length en la cuenca.

Orden de ríos

- Para hallar el orden de los ríos usamos la calculadora raster a través de reconocimientos de intersecciones y de orden del flujo.

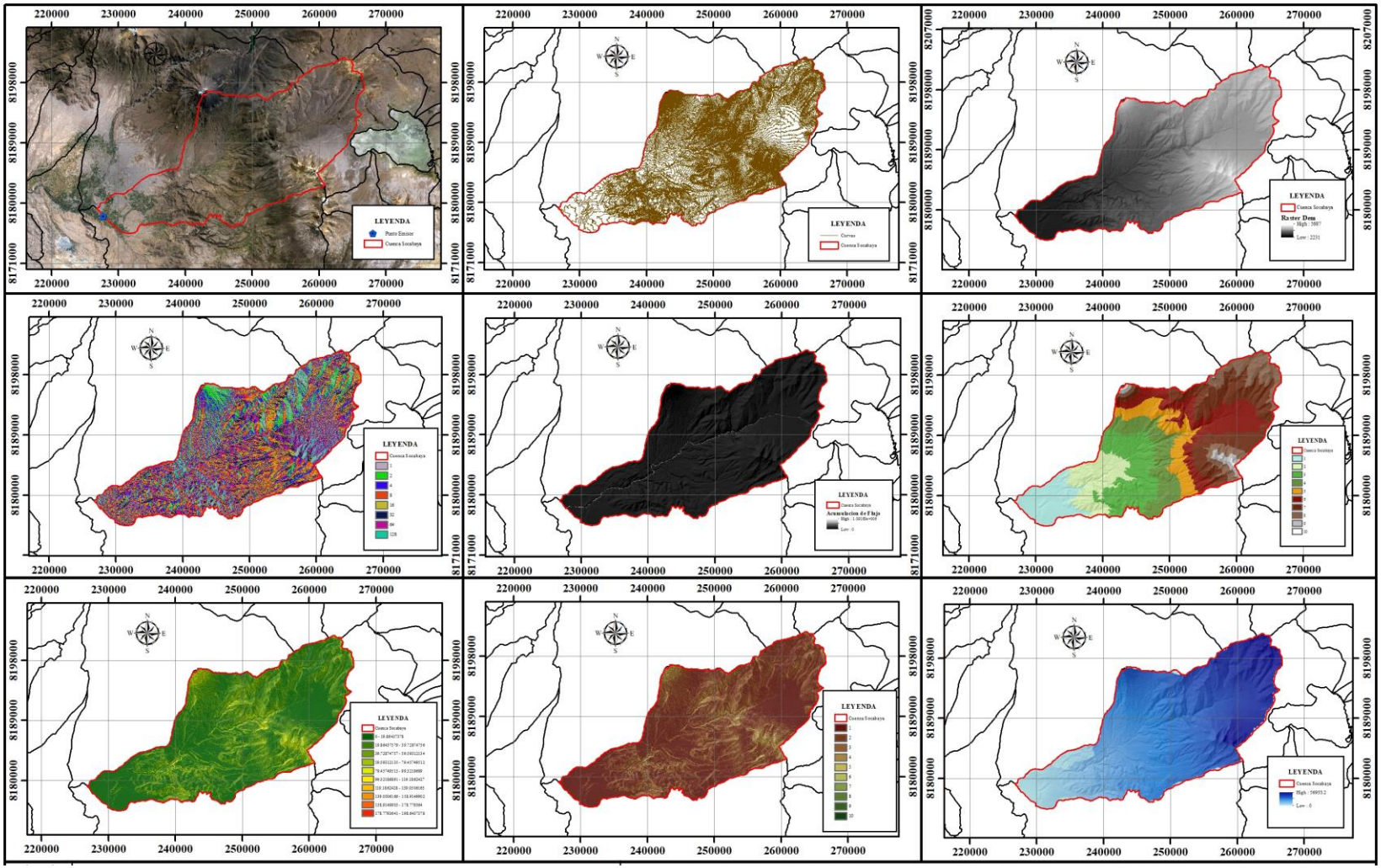
Pendiente de la red hídrica

- Para calcular la pendiente promedio de la red hídrica, interpolamos la red con el raster de las pendientes halladas anteriormente con la opción interpolate Shape.

Podemos observar que los cálculos efectuados por medio de los métodos tradicionales en Excel para hallar la curva Hipsometría y el polígono de frecuencias con curvas de nivel cada 25 metros esta próximas por el cálculo del Software Arc Gis que son más precisas en el cálculo efectuado de la superficie de la cuenca, como se puede apreciar en los parámetros geométricos, parámetros de forma, parámetros de relieve y parámetros de red Hidrográfica en la cuenca Socabaya.

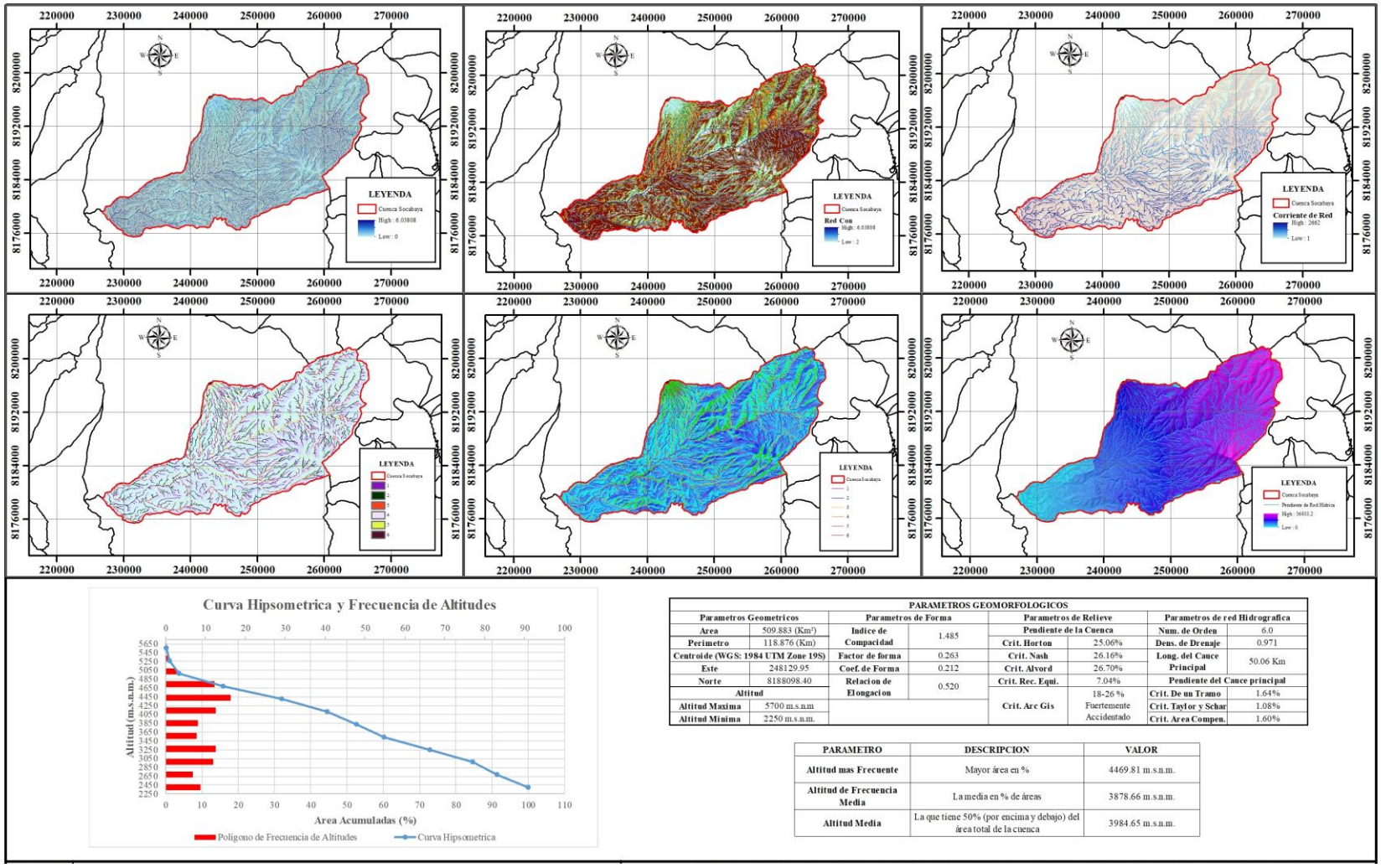
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.8.1 Calculo de parámetros Geomorfológicos con Arc Gis en la cuenca Socabaya - I



Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 5.8.2 Calculo de parámetros Geomorfológicos con Arc Gis en la cuenca Socabaya - II



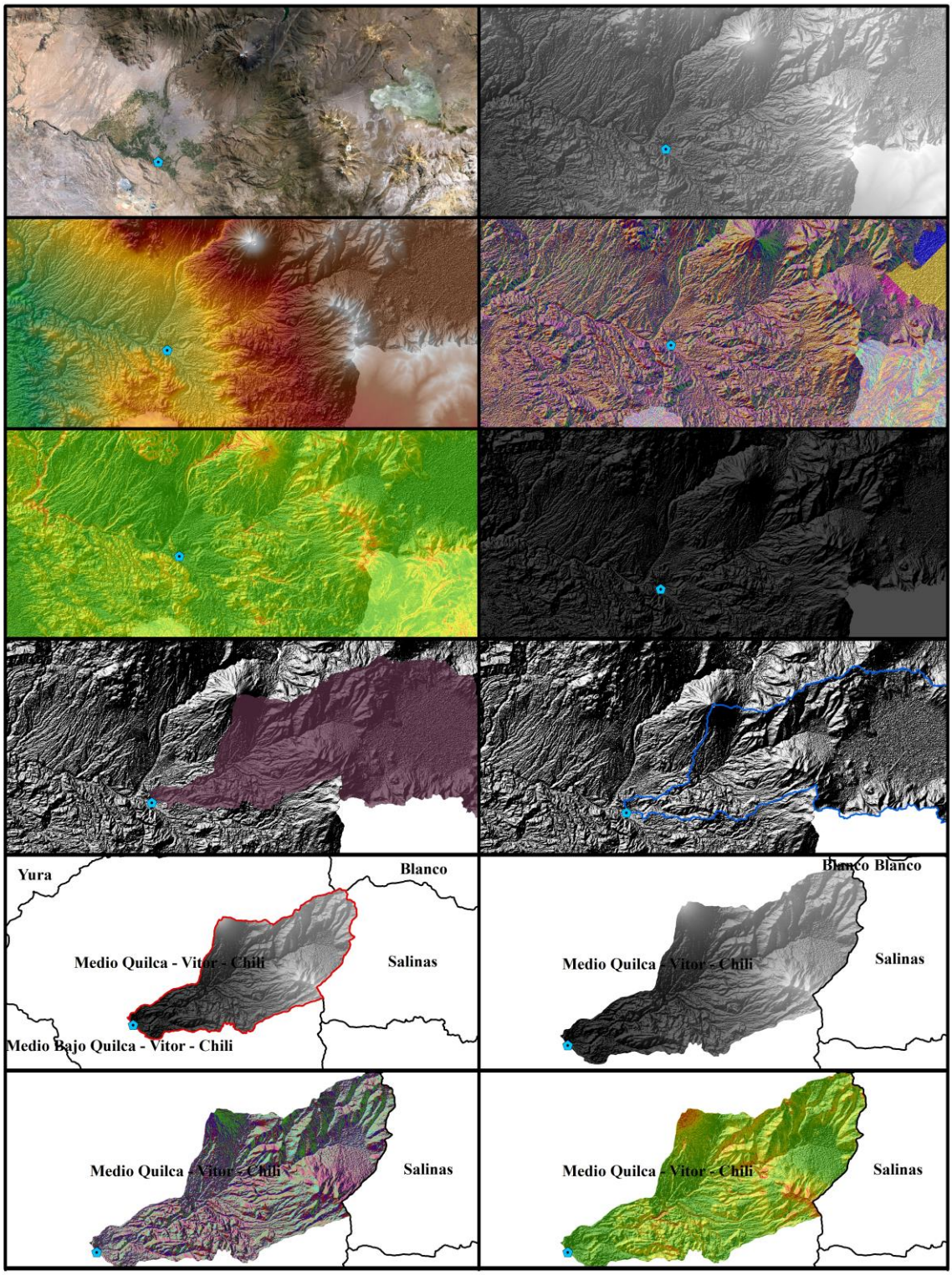
PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS							
Parametros Geometricos		Parametros de Forma		Parametros de Relieve		Parametros de red Hidrografica	
Area	509.883 (Km²)	Indice de Compacidad	1.485	Pendiente de la Cuenca		Num. de Orden	6.0
Perimetro	118.876 (Km)			Crit. Horton	25.06%	Dens. de Drenaje	0.971
Centroide (WGS: 1984 UTM Zone 19S)		Factor de forma	0.263	Crit. Nash	26.16%	Long. del Cauce Principal	50.06 Km
Este	248129.95	Coef. de Forma	0.212	Crit. Alvord	26.70%		
Norte	8188098.40	Relacion de Elongacion	0.520	Crit. Rec. Equi.	7.04%	Pendiente del Cauce principal	
Altitud				Crit. Arc Gis	18-26 % Fuertemente Accidentado	Crit. De un Tramo	1.64%
Altitud Maxima	5700 m.s.n.m					Crit. Taylor y Schar	1.08%
Altitud Minima	2250 m.s.n.m.					Crit. Area Compen.	1.60%

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR
Altitud mas Frecuente	Mayor área en %	4469.81 m.s.n.m.
Altitud de Frecuencia Media	La media en % de áreas	3878.66 m.s.n.m.
Altitud Media	La que tiene 50% (por encima y debajo) del área total de la cuenca	3984.65 m.s.n.m.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.8.3 Delimitación de la cuenca Socabaya haciendo uso del Software Arc Gis 10.1



Fuente : Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.8.2 Resumen de las características de la Cuenca Socabaya

ITEM	PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	DESCRIPCIÓN
PARÁMETROS FÍSICOS	Área de la cuenca	A	509.883 Km²	A= Área de la cuenca (Km²)
	Perímetro de la cuenca	P	118.876 Km	P= Perímetro de la cuenca (Km)
	Coeficiente de compacidad	$K_C = \frac{0.282 * P}{\sqrt{A}}$	1.485	P= Perímetro de la cuenca (Km) A= Área de drenaje (Km²)
	Factor de forma de la cuenca	$K_F = \frac{A}{L^2}$	0.263	L=Longitud axial de la cuenca (Km), A=Área de drenaje (Km²).Una cuenca con Kf bajo esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor Kf.
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS	Pendiente media de la cuenca	S_c	25.97%	A mayor pendiente de la cuenca, mayor rapidez en el viaje de la escorrentía, los caudales pico son mayores. La infiltración tiende a ser menor.
	Altitud media de la cuenca	H_m	3795 m.s.n.m.	(Curva hipsométrica) altitud que tiene el 50% del área total de la cuenca por encima y el 50% por debajo.
	Altitud de frecuencia media	H_{fm}	3714.60 m.s.n.m.	(Polígono de frecuencias altimétricas) estableciendo la media de los porcentajes de las áreas.
	Altitud más frecuente	H_f	4250 m.s.n.m.	(Polígono de frecuencias altimétricas) corresponde al escalón que alberga el mayor porcentaje de área.
	Pendiente del cauce principal	S_p	1.4436%	La velocidad de escurrimiento depende de la pendiente de sus canales fluviales (a mayor pendiente mayor velocidad).
PARÁMETROS HIDRÁULICOS	Numero de orden	N	6	Orden de la Red Hídrica (STRAHLER). Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de la cuenca.
	Densidad de drenaje	$D_d = \frac{L}{A}$	0.971	L= Longitud total de las corrientes (Km), A= Área total de la cuenca (Km²) Una cuenca bien drenada, tendrá hidrogramas más empinados. Dd= 0.5 a 3.5 Km/Km²
	Patrón de drenaje	-	Dendrítico	Modelo dendrítico. Ramificación irregular de corrientes tributarias, determinado fundamentalmente por la dirección de la pendiente del terreno.
	Longitud del cauce principal	L_c	50.060 Km	-

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.9 INFORMACION PLUVIOMETRICA

5.9.1 Estaciones Pluviométricas

La información pluviométrica utilizada en el presente estudio ha sido obtenida de dos instituciones: El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (**SENAMHI**) y el Instituto Geofísico de la U.N.S.A. (**Estación Characato**).

La red de Estaciones de Registro Pluviométrico, no está adecuadamente distribuida en la cuenca, sin embargo, las Estaciones elegidas pueden suministrar una muestra típica válida para la zona de estudio.

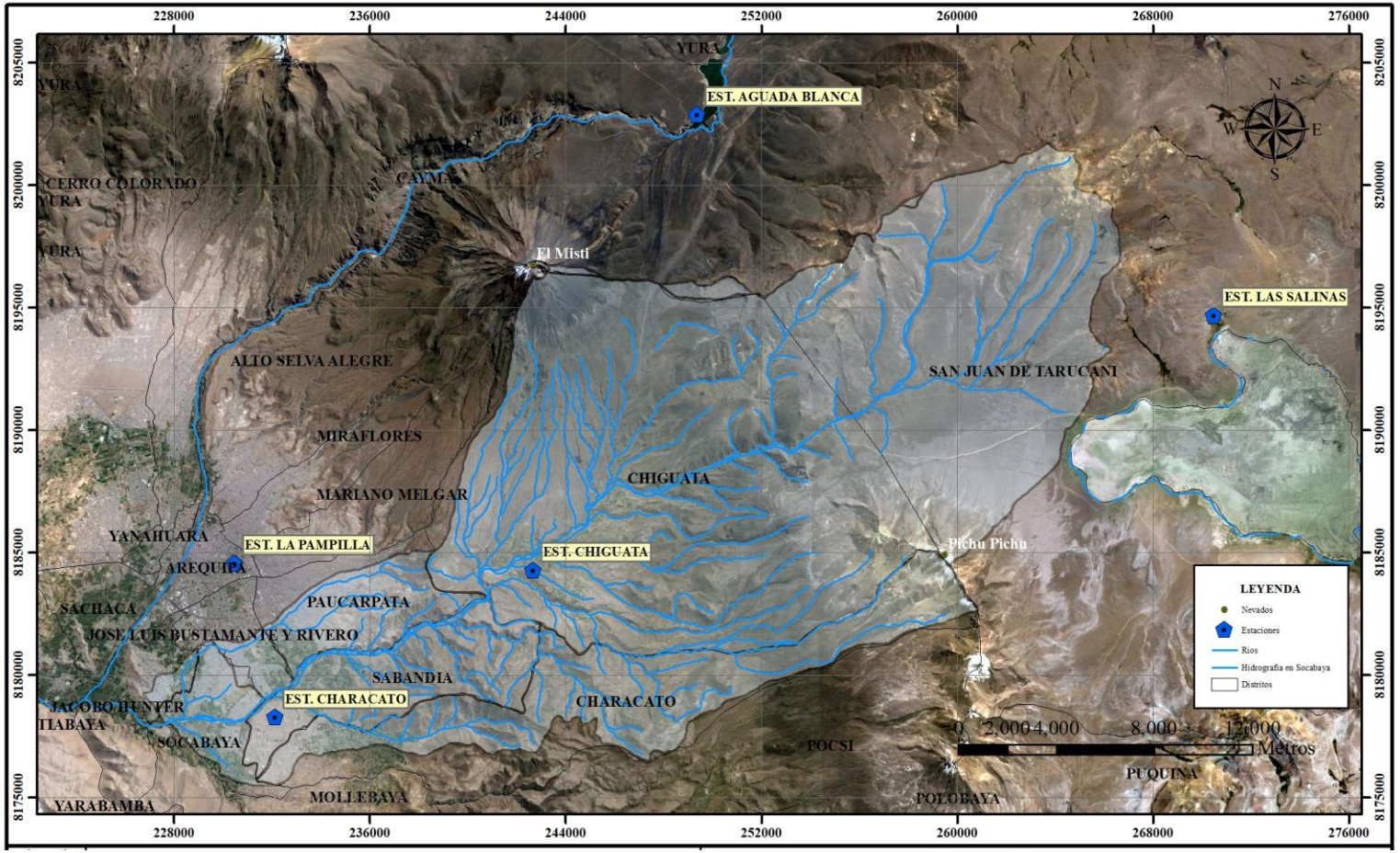
Una vez realizado el estudio no se tomó en cuenta la **Estación de Characato,** por dar resultados no confiables para el estudio de la Cuenca Socabaya.

Cuadro Nro. 5.9.1.1 Estaciones de la Zona de estudio de la Cuenca Socabaya

ESTACION	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	DISTRITO
LA PAMPIILLA	2400 m.s.n.m.	16° 24’ 12.2’’	71° 31’ 0.6’’	Arequipa
CHARACATO	2483 m.s.n.m.	16° 27’ 1’’	71° 29’ 1’’	Characato
AGUADA BLANCA	3671 m.s.n.m.	16° 14’ 0’’	71° 20’ 0’’	S.J. de Tarucani
LAS SALINAS	4378 m.s.n.m.	16° 19’ 5’’	71° 8’ 54’’	Chiguata
CHIGUATA	2943 m.s.n.m.	16° 24’ 1’’	71° 24’ 1’’	Chiguata

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.9.1.1 Ubicación de las Estaciones



Fuente: Elaboración propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

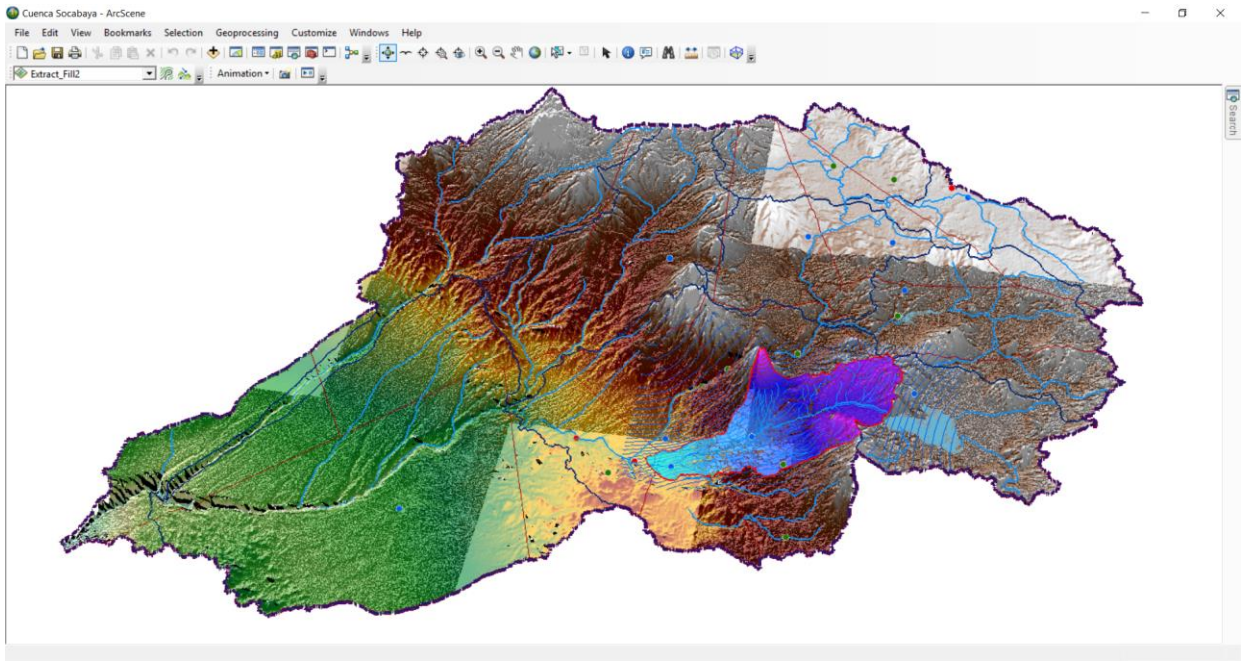
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.9.2 Registros de Precipitación

Aunque la información pluviométrica constituye el parámetro **"más aleatorio"** los datos registrados históricamente, constituyen sin duda la fuente ideal o más óptima para un análisis estadístico de las variables hidrológicas.

Para el presente proyecto se utilizó la **SERIE DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DE 24 HORAS**.

Figura Nro. 5.9.2.1 Cuenca Socabaya con ArcScene 3D



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.9.2.1 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación la Pampilla

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	28.00	0.00	21.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
2	1996	12.10	8.90	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1997	11.20	33.40	23.20	0.00	0.00	0.00	0.00	12.40	2.50	0.00	0.00	6.60
4	1998	9.50	1.90	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40
5	1999	3.00	12.30	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	1.50
6	2000	20.20	9.20	23.70	0.30	0.90	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
7	2001	4.90	14.50	30.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
8	2002	3.20	15.40	15.00	0.50	0.00	0.40	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
9	2003	5.50	0.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	2004	8.40	8.10	0.40	0.00	0.00	0.00	3.90	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30
11	2005	4.40	5.20	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	4.40
12	2006	5.70	14.90	10.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
13	2007	7.50	7.90	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
14	2008	25.50	5.40	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.30
15	2009	3.90	8.40	4.60	0.80	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	2010	0.80	4.70	0.50	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
17	2011	13.40	17.00	1.00	3.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
18	2012	21.80	35.30	13.30	18.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.90
19	2013	16.10	124.50	6.40	0.00	2.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40
20	2014	16.00	0.00	1.90	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	2015	11.00	28.40	12.80	0.00	0.00	0.00	0.00					

Cuadro Nro. 5.9.2.2 Precipitación Máxima 24 horas – Estación chiguata

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	26.00	0.00	48.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1996	15.90	10.20	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1997	14.90	44.00	28.50	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	4.80	0.00	0.00	16.40
4	1998	10.40	12.60	3.90	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.40
5	1999	10.20	19.90	25.00	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.20
6	2000	14.30	22.10	36.20	1.40	0.40	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20
7	2001	11.40	19.40	20.90	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60
8	2002	10.40	24.30	21.70	6.10	0.00	0.00	8.90	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
9	2003	8.40	2.50	9.20	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
10	2004	17.70	18.70	0.60	0.00	0.00	0.00	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60
11	2005	11.10	13.00	7.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	8.40
12	2006	5.50	14.40	13.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.80
13	2007	23.40	9.60	5.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
14	2008	20.70	14.60	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50
15	2009	2.40	9.90	6.40	4.20	0.00	0.00	0.40	0.00	0.20	0.00	0.40	0.00
16	2010	3.30	9.70	2.90	2.60	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70
17	2011	16.50	19.20	2.30	2.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80
18	2012	25.30	39.30	36.60	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80
19	2013	28.50	18.00	21.50	0.00	2.90	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.60
20	2014	16.30	0.80	2.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	2015	4.40	20.00	14.30	0.00								

Cuadro Nro. 5.9.2.3 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación las Salinas

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	41.20	12.10	30.90	12.30	6.10	0.00	0.00	0.00	6.10	0.00	3.00	10.10
2	1996	15.00	21.10	8.20	3.40	1.20	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	5.50	8.20
3	1997	10.00	21.50	19.40	9.70	1.00	0.00	0.00	8.50	7.30	0.50	9.70	12.50
4	1998	24.50	24.50	6.30	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	11.60
5	1999	13.90	42.30	24.40	18.30	0.00	0.00	0.00	0.00	6.10	4.00	4.00	8.50
6	2000	13.80	14.20	11.10	8.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.60	3.00	0.00	20.60
7	2001	11.20	27.20	18.90	16.40	0.00	1.30	0.00	2.20	0.00	15.00	2.30	10.40
8	2002	26.60	17.20	42.00	13.60	1.50	5.50	9.50	0.00	0.00	4.30	5.00	14.80
9	2003	19.50	13.00	16.20	9.90	3.50	0.00	0.60	5.20	0.30	0.00	0.50	13.60
10	2004	22.60	39.60	10.20	13.00	0.00	0.00	12.50	1.50	1.30	0.00	0.00	2.80
11	2005	9.00	28.40	9.30	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	7.30	0.00	6.20	13.60
12	2006	21.20	16.00	19.30	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.10	9.40	7.40
13	2007	13.80	10.60	24.40	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.10	3.00	12.40
14	2008	22.10	13.70	32.80	0.00	0.00	0.40	0.00	5.40	0.00	8.40	0.00	9.60
15	2009	16.30	18.20	11.00	3.60	0.00	0.00	5.80	0.00	2.00	1.00	10.70	6.50
16	2010	7.50	12.70	7.80	3.20	1.80	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	13.60
17	2011	**SD**	24.80	10.80	16.00	14.90	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	6.00	22.70
18	2012	20.40	18.90	12.90	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.60	0.00	13.90
19	2013	28.60	15.70	17.40	0.00	5.40	37.60	8.60	10.50	0.00	14.10	0.00	11.80
20	2014	18.40	4.00	20.70	15.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	2.50	3.10	2.40
21	2015	18.60	15.40	16.70	14.00	0.00	0.00	6.00	2.20	2.90	3.40	6.20	0.60

*__SD__: Sin dato de Registro de Precipitación Máxima de 24 horas

Cuadro Nro. 5.9.2.4 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Characato

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	81.40	0.00	32.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
2	1996	20.75	11.15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1997	17.80	58.90	32.90	0.00	0.00	0.00	0.00	21.50	6.80	0.00	0.00	38.10
4	1998	19.90	13.40	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.95
5	1999	25.00	45.80	52.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30
6	2000	18.20	42.60	15.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05
7	2001	6.15	56.80	57.50	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	2002	19.00	22.40	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	2003	15.70	2.80	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	2004	29.80	7.60	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20
11	2005	12.00	6.40	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20
12	2006	11.20	23.60	25.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
13	2007	29.50	30.10	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00
14	2008	36.50	12.10	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	2009	7.00	16.50	8.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	2010	0.50	8.00	0.80	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	2011	16.10	20.00	5.80	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.30
18	2012	46.90	52.90	46.00	20.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
19	2013	32.30	30.05	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
20	2014	36.80	0.00	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	2015	5.00	57.60	55.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro Nro. 5.9.2.5 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Aguada blanca

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995												
2	1996												
3	1997												
4	1998												
5	1999												
6	2000												
7	2001												
8	2002	6.30	13.70	0.90	7.70	0.90	2.50	14.50	0.00	0.00	0.00	2.60	5.30
9	2003	8.80	6.50	13.90	9.80	3.30	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	6.90
10	2004	16.70	24.30	11.40	3.10	0.00	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60
11	2005	**SD**	21.80	13.90	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00	0.30
12	2006	15.80	16.00	15.30	0.30	0.00	1.10	0.00	0.00	0.20	6.90	0.80	1.80
13	2007	15.90	10.80	11.10	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	6.60
14	2008	**SD**	**SD**	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40
15	2009	26.80	18.50	10.40	14.70	0.00	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	1.60	0.40
16	2010	11.80	19.02	17.60	6.90	5.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.90	0.00	7.00
17	2011	21.40	25.90	6.40	15.90	18.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	15.30
18	2012	20.20	6.20	9.80	15.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	9.30	0.00	6.80
19	2013	31.90	20.80	7.00	0.00	4.50	13.90	4.10	0.80	0.00	5.50	0.00	5.50
20	2014	14.00	5.80	5.20	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.20	0.00	0.00
21	2015	25.80	11.40	9.50	3.60	0.00	0.00	3.10	0.00	1.40	0.00	2.50	0.00

*__SD__: Sin dato de Registro de Precipitación Máxima de 24 horas

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.10 ESTIMACION DE LOS DATOS FALTANTES

El proceso de completacion y/o extensión de datos se realiza en series consistentes, vale decir, después de haber analizado la confiabilidad de las mismas, para obtener periodos completos, más confiables y de tamaño uniforme.

Se ha considerado para tal fin los datos de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones: **LA PAMPILLA, CHIGUATA, CHARACATO, AGUADA BLANCA Y LAS SALINAS**.

En el presente proyecto, no se ha utilizado el modelo de regresión lineal simple para la extensión o transferencia de información desde uno o varios puntos, a una Estación con datos incompletos o registro corto.

5.10.1 Método de Regresión Lineal Simple

Este modelo es lineal porque genera una línea y es simple e intervienen solamente dos variables. (Wendor Chereque Moran, 1989)

$$\boldsymbol{y = a + bx}$$

Dónde:

$$\boldsymbol{a = \bar{y} - b\bar{x}}$$

$$\boldsymbol{b = r\frac{S_y}{S_x}}$$

Siendo r, el coeficiente de correlación.

$$\boldsymbol{r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(n-1)S_y S_x}}$$

$$\boldsymbol{S_x = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n-1}}}$$

$$\boldsymbol{S_y = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n-1}}}$$

Dónde:

y: es la variable aleatoria independiente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

x: es la variable aleatoria independiente.

a, b: son los parámetros de la ecuación de regresión.

$\bar{x}, \bar{y}$: son los promedios de los eventos de la estación x e y.

r: coeficiente de correlación.

n: número de datos.

a: es el punto de intersección entre la línea de regresión y el eje Y.

b: es la pendiente de la línea de regresión, el mismo que explica cuán rápido aumenta o disminuye la variable dependiendo Y con un cambio X.

La información pluviométrica antes de ser estudiada en su comportamiento debe ser revisada y analizada en tres aspectos importantes: **si los datos de las estaciones son completos, si es consistente y si es de extensión suficiente**.

Muchas veces las estaciones pueden dejar registrar información en algunos periodos de tiempo, debido a fallas en los instrumentos o por ausencia del observador. Esta información dejada de registrar puede ser indispensable para el análisis de fenómenos que involucren la precipitación, por lo tanto, se han desarrollado algunos métodos sencillos para la estimación de la información pluviométrica faltante.

En general, los datos de precipitaciones faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas. Para ello se utilizan los datos de las Estaciones que si tienen los datos de los registros completos (**estaciones índices**) y se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación de estudio.

5.10.2 Método del Promedio Aritmético

Si la precipitación media anual, en cada estación auxiliar (**estación índice**) está dentro de un 10% de la registrada en la estación incompleta (x), se usará el **"Promedio Aritmético Simple"** de las estaciones índices para estimar el dato faltante diario. (Wendor Chereque Moran, 1989)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En hidrología el modelo más simple y común, está basado en la suposición de que dos variables se relacionan en forma lineal. (Hidrología Estadística, Máximo Villon Bejar, Pág. 273, 2005)

Calcularemos si los datos de precipitación máxima de 24 horas se correlacionan linealmente

1. La ecuación que correlaciona a las variables

$$y = a + bx$$

2. De acuerdo a los datos se tiene n=14 (Numero de pares de datos)

Cuadro Nro. 5.10.2.1 Completacion de datos: Método Regresión Lineal

ITEM	AÑO	Enero				
		Aguada Blanca	La Pampilla	Characato	Chiguata	Las Salinas
1	1995	**29.40**	28.00	81.40	26.00	41.20
2	1996	**19.20**	12.10	20.75	15.90	15.00
3	1997	**18.60**	11.20	17.80	14.90	10.00
4	1998	**17.50**	9.50	19.90	10.40	24.50
5	1999	**13.40**	3.00	25.00	10.20	13.90
6	2000	**24.40**	20.20	18.20	14.30	13.80
7	2001	**14.60**	4.90	6.15	11.40	11.20
8	2002	6.30	3.20	19.00	10.40	26.60
9	2003	8.80	5.50	15.70	8.40	19.50
10	2004	16.70	8.40	29.80	17.70	22.60
11	2005	8.50	4.40	12.00	11.10	9.00
12	2006	15.80	5.70	11.20	5.50	21.20
13	2007	15.90	7.50	29.50	23.40	13.80
14	2008	28.10	25.50	36.50	20.70	22.10
15	2009	26.80	3.90	7.00	2.40	16.30
16	2010	11.80	0.80	0.50	3.30	7.50
17	2011	21.40	13.40	16.10	16.50	37.40
18	2012	20.20	21.80	46.90	25.30	20.40
19	2013	31.90	16.10	32.30	28.50	28.60
20	2014	14.00	16.00	36.80	16.30	18.40
21	2015	25.80	11.00	5.00	4.40	18.60

1	**Nro. datos =**	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
2	**Sumatoria =**	252.00	143.20	298.30	193.90	282.00
3	**Media =**	18.00	10.23	21.31	13.85	20.14
4	**Des. Est. =**	7.98	7.40	13.98	8.60	7.68
5	**Coef. Asim. =**	0.240	0.815	0.264	0.226	0.458
6	**Coef. Correl. =**		**0.60**	0.22	0.33	0.35

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. Calculo de r

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2)(n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

$$r = 0.6$$

$$r^2 = 0.35$$

4. Prueba de significación

Calculo de tc:

$$t_c = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t_c = \frac{0.6 * \sqrt{14-2}}{\sqrt{1-0.6^2}}$$

$$t_c = 2.57$$

Calculo del tt:

De la tabla A.5 del apéndice, (Hidrología Estadística, Máximo Villon Bejar, 2005) para: $\upsilon = n - 2 = 14 - 2 = 12$ y una posibilidad del 95% o α/2 = 0.05/2 = 0.025 se tiene: t_t = 2.18

Criterio de decisión

Como: $|t_c|$ = 2.57 > 2.18, se rechaza la hipótesis nula, siendo r ≠ 0 , existe correlación entre las variables x e y

5. Calculo de los parámetros a y b

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = r\frac{S_y}{S_x}$$

Sustituyendo los valores, resulta

$$a = 11.43 \quad , \quad b = 0.64$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

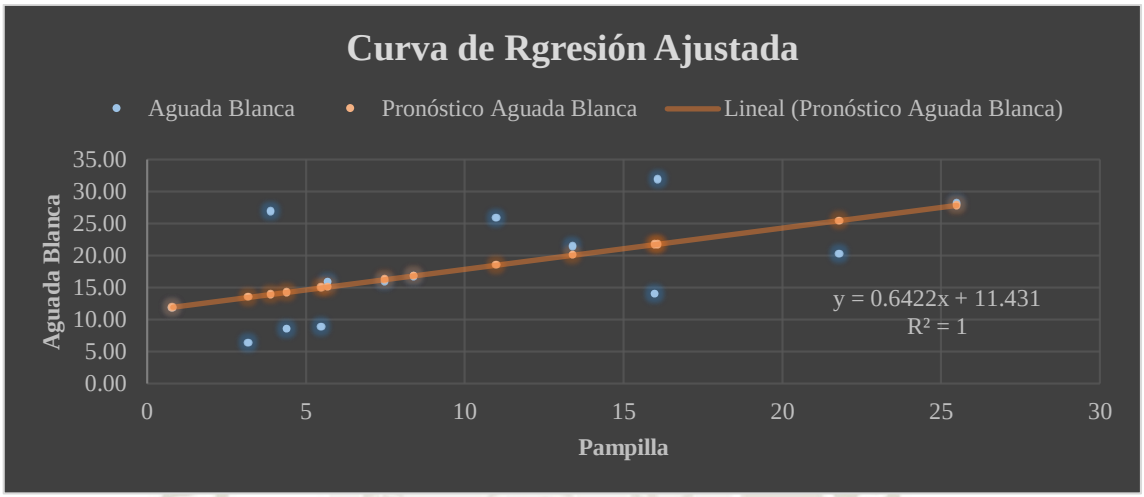
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6. Ecuación de regresión

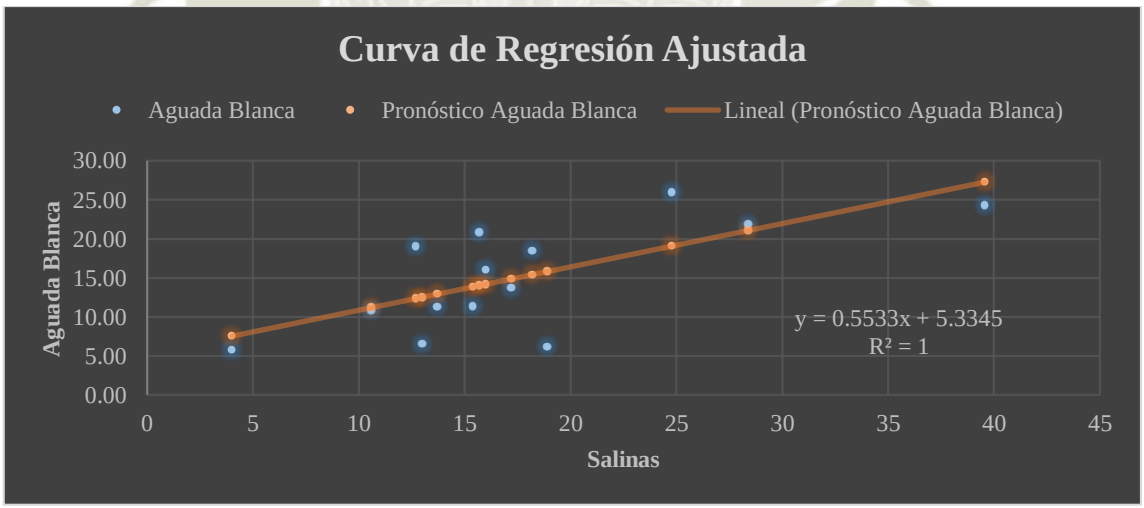
Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$y = 11.43 + 0.64$$

Cuadro Nro. 5.10.2.2 Curva de Regresión Ajustada – Estación Aguada Blanca – Mes de Enero



Cuadro Nro. 5.10.2.3 Curva de Regresión Ajustada – Estación Aguada Blanca – Mes de Febrero



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- **Conclusiones**

Una vez realizados los análisis de la media y desviación estándar de los datos de precipitación máxima de 24 horas de las estaciones, La Pampilla, Chiguata, Characato y Las Salinas para la completacion de los datos faltantes por medio del metodo de regresión líneal (Precipitación Máxima de 24 horas) de la estación Aguada Blanca, se logró determinar que el mayor valor de Coeficiente de Correlación es con la de la Estación La Pampilla (r = 0.60) como se muestra en el cuadro Nro. 5.10.2.1 mientras el menor valor de r (Coeficiente de Correlación) es con la Estación Characato (r = 022). En consecuencia, obtenido ya la estación de mayor correlación "r" se aplica la ecuación de la recta de regresión y se obtiene los datos faltantes para la estación Aguada Blanca.

Se pudo observar también que una vez completada los datos de precipitación máxima de la estación Aguada blanca el coeficiente de correlación se incrementó en un 9% ya con una serie de datos de 21 años, mientras que para el mes de febrero en un 10%, por el contrario, eliminando el año 2013 por ser un dato dudoso excepcional (124.5 mm) el coeficiente de correlación fue de 0.83, debido a que la desviación estándar se incrementó de 6.40 6.48.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.10.2.2 Completacion de dato de Precipitación Máxima de 24 Horas de la Estación Aguada Blanca – Método Regresión Lineal

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	**29.40**	**12.00**	**9.10**	**5.80**	**7.50**	**0.00**	**0.70**	**0.00**	**0.40**	**0.60**	**0.60**	**4.00**
2	1996	**19.20**	**17.00**	**10.50**	**5.80**	**1.50**	**0.00**	**0.70**	**0.30**	**0.40**	**0.60**	**1.00**	**3.00**
3	1997	**18.60**	**17.20**	**9.10**	**5.80**	**1.20**	**0.00**	**0.70**	**1.10**	**15.50**	**0.60**	**1.70**	**6.00**
4	1998	**17.50**	**18.90**	**10.50**	**6.70**	**0.00**	**0.00**	**0.70**	**0.00**	**0.40**	**0.60**	**3.80**	**5.00**
5	1999	**13.40**	**28.70**	**8.20**	**8.30**	**0.00**	**0.00**	**0.70**	**0.00**	**0.40**	**8.10**	**0.80**	**3.00**
6	2000	**24.40**	**13.20**	**9.90**	**6.70**	**0.00**	**0.00**	**0.70**	**0.10**	**0.40**	**0.60**	**0.20**	**11.00**
7	2001	**14.60**	**20.40**	**8.00**	**7.50**	**0.00**	**0.60**	**0.70**	**0.30**	**0.40**	**15.60**	**0.50**	**5.00**
8	2002	6.30	13.70	0.90	7.70	0.90	2.50	14.50	0.00	0.00	0.00	2.60	5.30
9	2003	8.80	6.50	13.90	9.80	3.30	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	6.90
10	2004	16.70	24.30	11.40	3.10	0.00	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60
11	2005	**8.50**	21.80	13.90	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00	0.30
12	2006	15.80	16.00	15.30	0.30	0.00	1.10	0.00	0.00	0.20	6.90	0.80	1.80
13	2007	15.90	10.80	11.10	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	6.60
14	2008	**28.10**	**11.30**	5.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40
15	2009	26.80	18.50	10.40	14.70	0.00	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	1.60	0.40
16	2010	11.80	19.02	17.60	6.90	5.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.90	0.00	7.00
17	2011	21.40	25.90	6.40	15.90	18.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	15.30
18	2012	20.20	6.20	9.80	15.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	9.30	0.00	6.80
19	2013	31.90	20.80	7.00	0.00	4.50	13.90	4.10	0.80	0.00	5.50	0.00	5.50
20	2014	14.00	5.80	5.20	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.20	0.00	0.00
21	2015	25.80	11.40	9.50	3.60	0.00	0.00	3.10	0.00	1.40	0.00	2.50	0.00

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.10.3 Método de la Regresión Normalizada

Si la precipitación media anual (**o mensual**) de cualquiera de las estaciones auxiliares difiere en más de un 10% de la medida en la estación incompleta, el dato faltante será determinado por el método de la regresión normalizada. (Wendor Chereque Moran, 1989)

$$P_x = \frac{1}{n}\left[\frac{N_x}{N_1}P_1 + \frac{N_x}{N_2}P_2 + \cdots + \frac{N_x}{N_n}P_n\right]$$

Donde:

P_x: Dato faltante media anual o mensual.

N_1, N_2, N_n: Precipitación media anual o mensual en las estaciones auxiliares 1,2 y n, (mm).

P_1, P_2, P_n: Precipitación anual o mensual observada en las estaciones 1,2 y n para la misma fecha que la faltante (mm).

Cuando el método es aplicado para estimar datos mensuales, los valores de N_1, N_2, N_n corresponden al mes que se estima.

5.10.4 Método del U.S. Weather Bureau

puede ser estimada en base a los datos observados en las estaciones circundantes, el método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes. (Ing. David Cedeño, 1997)

El método consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W, igual al reciproco del cuadrado de la distancia D entre cada estación vecina y la estación X, y por lo tanto la precipitación buscada será:

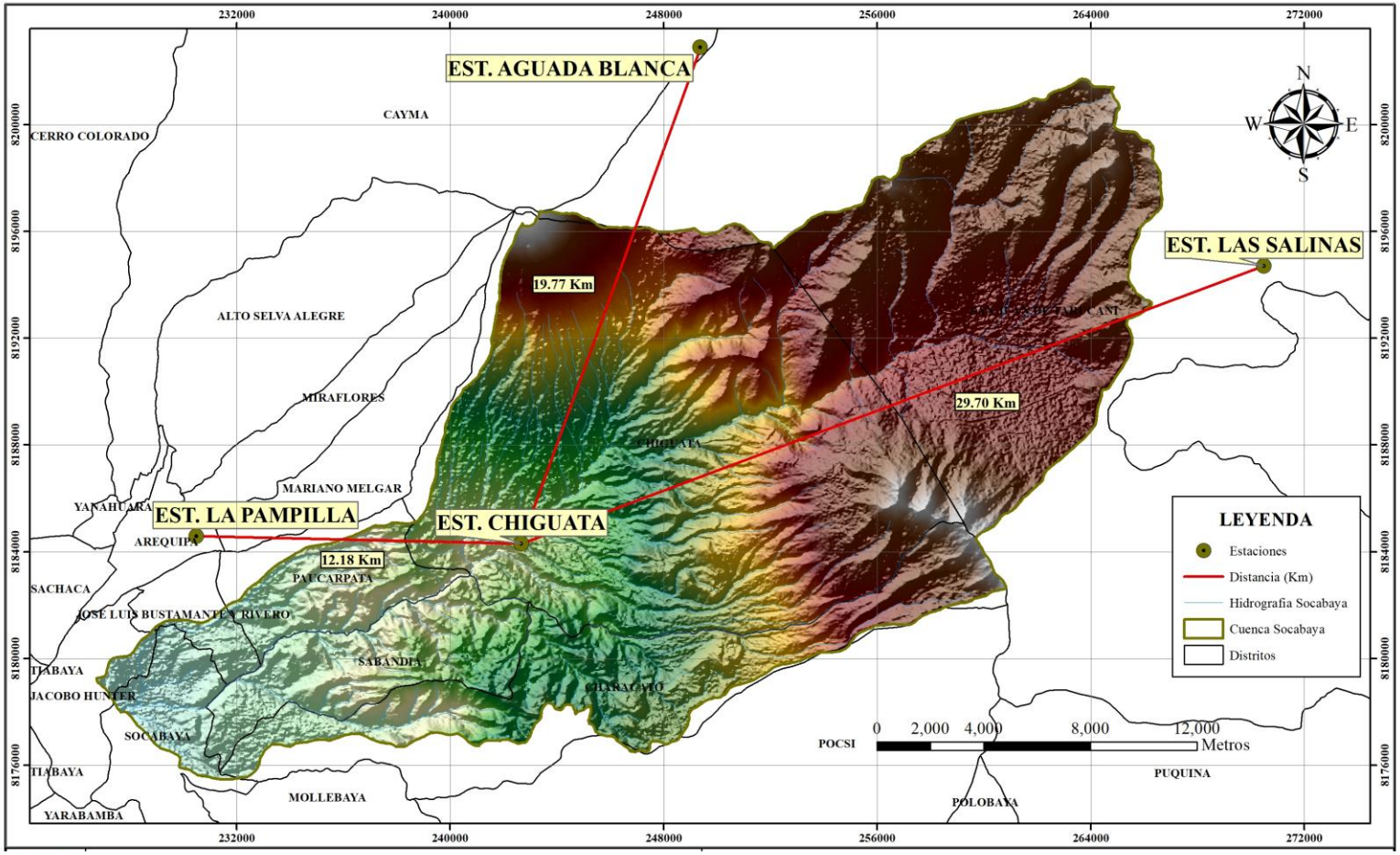
$$P_x = \frac{\sum(P_i W_i)}{\sum W_i}$$

Donde:

P_i: Precipitacion observada para la fecha faltante en las estaciones auxiliares circundantes (como mínimo 2). $W_i = 1/D_i^2$: Siendo D_i= distancia entre cada estación circundante y la estación (Km).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.10.4.1 Ubicación de estaciones con el Método del U.S. Weather Bureau



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se recomienda utilizar cuatro estaciones circundantes (**las más cercanas**).

Cuadro Nro. 5.10.4.1 Método del U.S. Weather Bureau

MES	ESTACIONES 2013			
	LAS SALINAS	LA PAMPILLA	CHIGUATA	AGUADA BLANCA
ENE	123.30	32.80	61.50	99.20
FEB	96.30	**96.02**	100.50	75.00
MAR	67.70	26.70	63.50	25.00
ABR	0.00	0.00	0.00	0.00
MAY	8.20	2.80	5.40	7.50
JUN	52.40	0.80	1.80	28.30
JUL	9.60	0.00	0.00	4.60
AGO	15.10	0.00	0.00	1.00
SET	0.00	0.00	0.00	0.00
OCT	15.80	0.00	0.00	5.50
NOV	0.00	0.00	0.00	0.00
DIC	42.40	3.10	8.50	5.50
D(Km)	41.2576	$P_X = \frac{\sum(P_i W_i)}{\sum W_i}$	12.1847	26.3033
W=1/D²	0.000587		0.006735	0.001445
∑W	0.008768			

En la figura 5.10.4.1, se muestran las Estaciones pluviométricas circundantes a la estación La Pampilla. Las cuales cuentan con registros en el año 2013, para la aplicación del **método del National Weather Service** se utilizaron 3 estaciones (**Chiguata, Las Salinas y Aguada Blanca**). Los valores mensuales fueron deducidos por medio de la **ecuación del National Weather Service**, para los meses faltantes. Y así sucesivamente, los demás cálculos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.10.4.2 Precipitación Total Mensual – Estación La Pampilla

ITEM	AÑO	PRECIP. TOTAL
1	2005	33.20
2	2006	85.80
3	2007	41.40
4	2008	133.50
5	2009	55.80
6	2010	16.50
7	2011	137.70
8	2012	305.00
9	2013	162.22
10	2014	35.50
11	2015	169.70

Cuadro Nro. 5.10.4.3 Precipitación Total Mensual – Estación Chiguata

ITEM	AÑO	PRECIP. TOTAL
1	2005	101.26
2	2006	181.60
3	2007	133.30
4	2008	240.10
5	2009	147.70
6	2010	59.80
7	2011	271.60
8	2012	506.20
9	2013	241.20
10	2014	77.00
11	2015	227.60

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.10.4.4 Precipitación Total Mensual – Estación Las Salinas

ITEM	AÑO	PRECIP. TOTAL
1	2005	320.70
2	2006	384.30
3	2007	330.00
4	2008	342.10
5	2009	317.50
6	2010	253.00
7	2011	406.50
8	2012	508.60
9	2013	430.80
10	2014	265.50
11	2015	409.51

Cuadro Nro. 5.10.4.5 Precipitación Total Mensual – Estación Aguada Blanca

ITEM	AÑO	PRECIP. TOTAL
1	2005	159.38
2	2006	210.40
3	2007	149.90
4	2008	217.68
5	2009	223.10
6	2010	164.24
7	2011	332.20
8	2012	285.30
9	2013	251.60
10	2014	97.10
11	2015	203.80

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.10.4.6 Aplicación del método U.S. National Weather Bureau Service en la estación – La Pampilla – 2013

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2005	6.60	9.20	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	9.60
2	2006	17.00	34.60	33.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
3	2007	10.70	27.90	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
4	2008	106.40	23.70	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.30
5	2009	4.90	35.60	13.40	1.40	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2010	1.90	12.10	1.20	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
7	2011	39.70	74.40	1.00	5.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.10
8	2012	98.20	153.80	31.30	19.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	2.10
9	2013	32.80	**96.00**	26.70	0.00	2.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10
10	2014	33.30	0.00	2.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	2015	13.70	103.40	52.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**	0.00	0.00	0.00

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Como se observa en el cuadro 5.10.4.7, en la segunda columna, los valores de la precipitación media anual en la Estaciones circundantes a la Estación Las Salinas, difieren en más de un 10% con respecto a la Estación ya mencionada, por lo tanto, el valor en el año 2011 se estima por el **método de la Regresión Normalizada**.

Cuadro Nro. 5.10.4.7 Método de la Regresión Normalizada

ESTACION	PRECIP. MEDIA ANUAL mm	PERIODO DE REGISTRO	PRECIP. DEL AÑO 2011 mm
LA PAMPILLA	106.94	2005 - 2015	13.40
CHIGUATA	198.85	2005 - 2015	16.50
AGUADA BLANCA	208.61	2005 - 2015	21.40
LAS SALINAS	360.77	2005 - 2015	**X**

$$P_X = \frac{1}{n}\left[\frac{N_X}{N_1}P_1 + \frac{N_X}{N_2}P_2 + \ \ldots \ + \frac{N_X}{N_n}P_n\right]$$

$$P_X = 37.40\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.10.4.8 Aplicación del Método de la Regresión Normalizada en la Estación – Las Salinas - 2011

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1995	41.20	12.10	30.90	12.30	6.10	0.00	0.00	0.00	6.10	0.00	3.00	10.10
2	1996	15.00	21.10	8.20	3.40	1.20	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	5.50	8.20
3	1997	10.00	21.50	19.40	9.70	1.00	0.00	0.00	8.50	7.30	0.50	9.70	12.50
4	1998	24.50	24.50	6.30	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	11.60
5	1999	13.90	42.30	24.40	18.30	0.00	0.00	0.00	0.00	6.10	4.00	4.00	8.50
6	2000	13.80	14.20	11.10	8.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.60	3.00	0.00	20.60
7	2001	11.20	27.20	18.90	16.40	0.00	1.30	0.00	2.20	0.00	15.00	2.30	10.40
8	2002	26.60	17.20	42.00	13.60	1.50	5.50	9.50	0.00	0.00	4.30	5.00	14.80
9	2003	19.50	13.00	16.20	9.90	3.50	0.00	0.60	5.20	0.30	0.00	0.50	13.60
10	2004	22.60	39.60	10.20	13.00	0.00	0.00	12.50	1.50	1.30	0.00	0.00	2.80
11	2005	9.00	28.40	9.30	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	7.30	0.00	6.20	13.60
12	2006	21.20	16.00	19.30	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.10	9.40	7.40
13	2007	13.80	10.60	24.40	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.10	3.00	12.40
14	2008	22.10	13.70	32.80	0.00	0.00	0.40	0.00	5.40	0.00	8.40	0.00	9.60
15	2009	16.30	18.20	11.00	3.60	0.00	0.00	5.80	0.00	2.00	1.00	10.70	6.50
16	2010	7.50	12.70	7.80	3.20	1.80	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	13.60
17	2011	**37.40**	24.80	10.80	16.00	14.90	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	6.00	22.70
18	2012	20.40	18.90	12.90	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.60	0.00	13.90
19	2013	28.60	15.70	17.40	0.00	5.40	37.60	8.60	10.50	0.00	14.10	0.00	11.80
20	2014	18.40	4.00	20.70	15.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	2.50	3.10	2.40
21	2015	18.60	15.40	16.70	14.00	0.00	0.00	6.00	2.20	2.90	3.40	6.20	0.60

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.11 REGISTRO

Una vez realizados los procedimientos anteriores se obtiene la información pluviométrica completa, en consecuencia, ahora se analizará dicha información **si es homogénea, libre de saltos y tendencias la que finalmente es la información de trabajo.**

5.11.1 Análisis de Consistencia

La inconsistencia es sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias, los errores sistemáticos son los de mayor preocupación, los datos pueden ser incrementados o reducidos sistemáticamente, con lo que los resultados finales se desvían, pudiendo producirse grandes errores en los estudios de utilización y regulación que se realicen a partir de dichos datos.

Los errores sistemáticos pueden ser a la vez naturales y artificiales u ocasionales por la mano del hombre. (Maximo Villon Bejar, 2005)

El procedimiento consta de tres fases:

- Análisis Gráfico
- Análisis de Doble Masa
- Análisis Estadístico.

5.11.1.1 Análisis Grafico

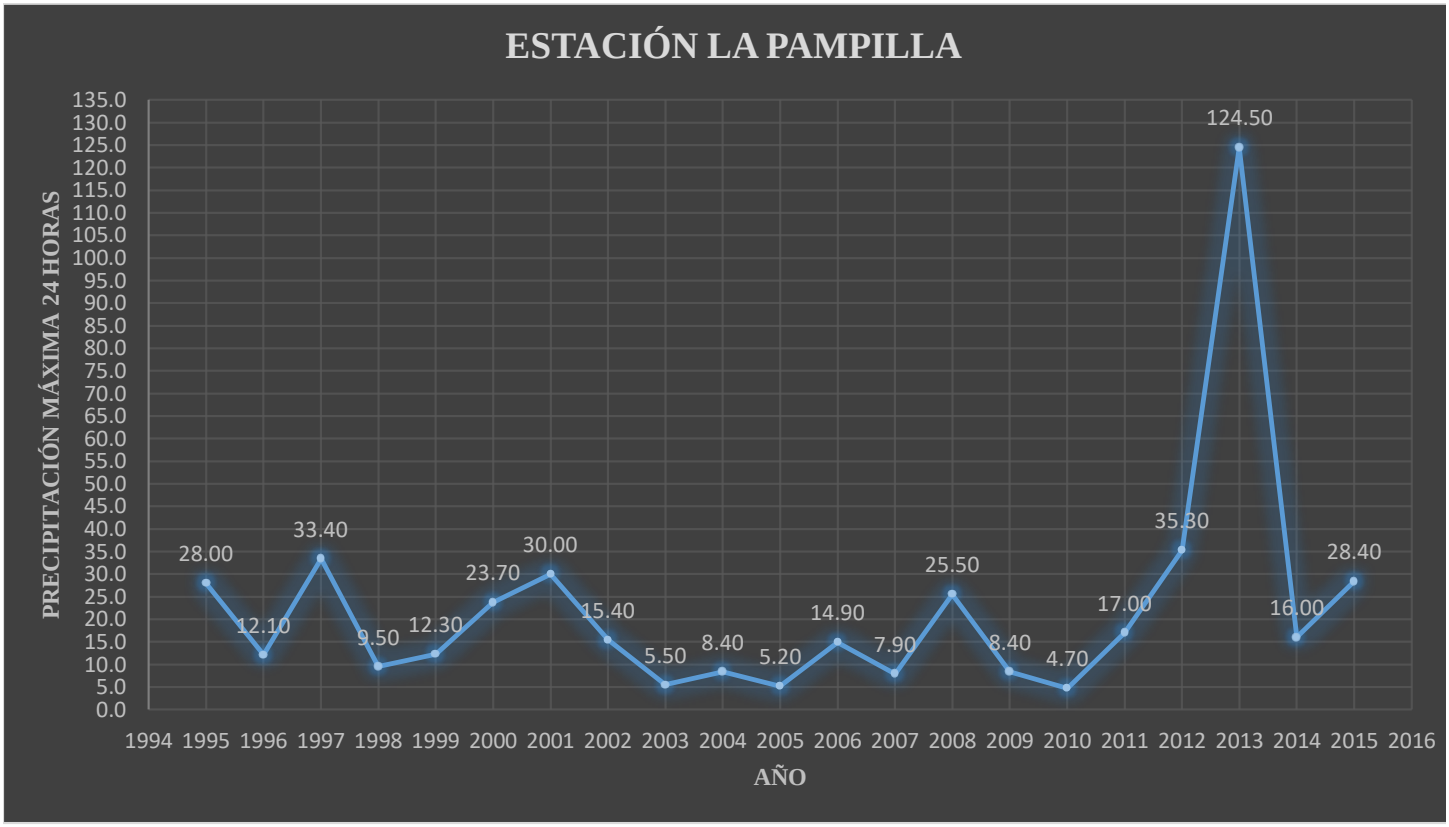
Este análisis se realiza en forma visual, graficándose los datos de precipitación con la finalidad de detectar posibles saltos y/o tendencias para determinar el periodo en el cual la información es incierta. (Maximo Villon Bejar, 2005)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

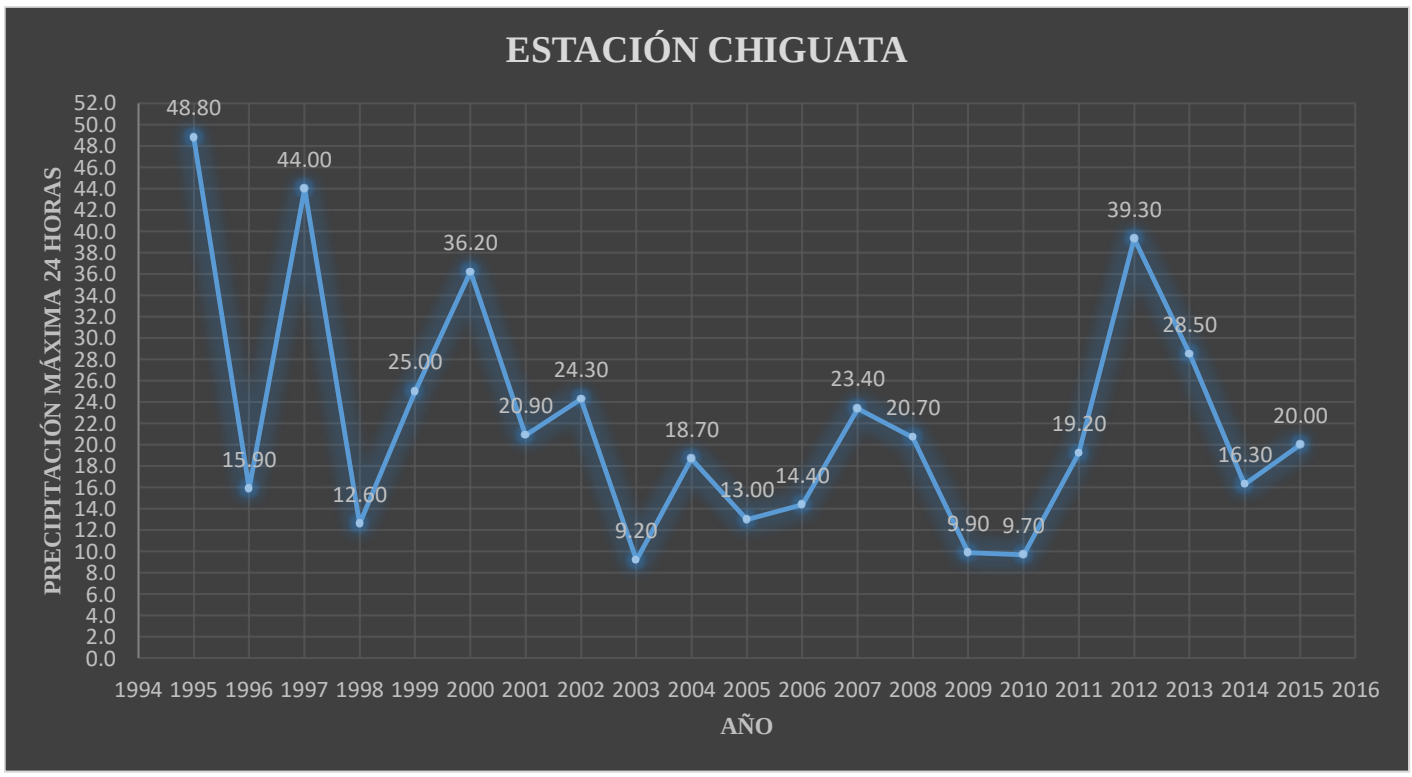
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.1.1.1 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación la Pampilla



Grafica Nro. 5.11.1.1.2 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Chiguata

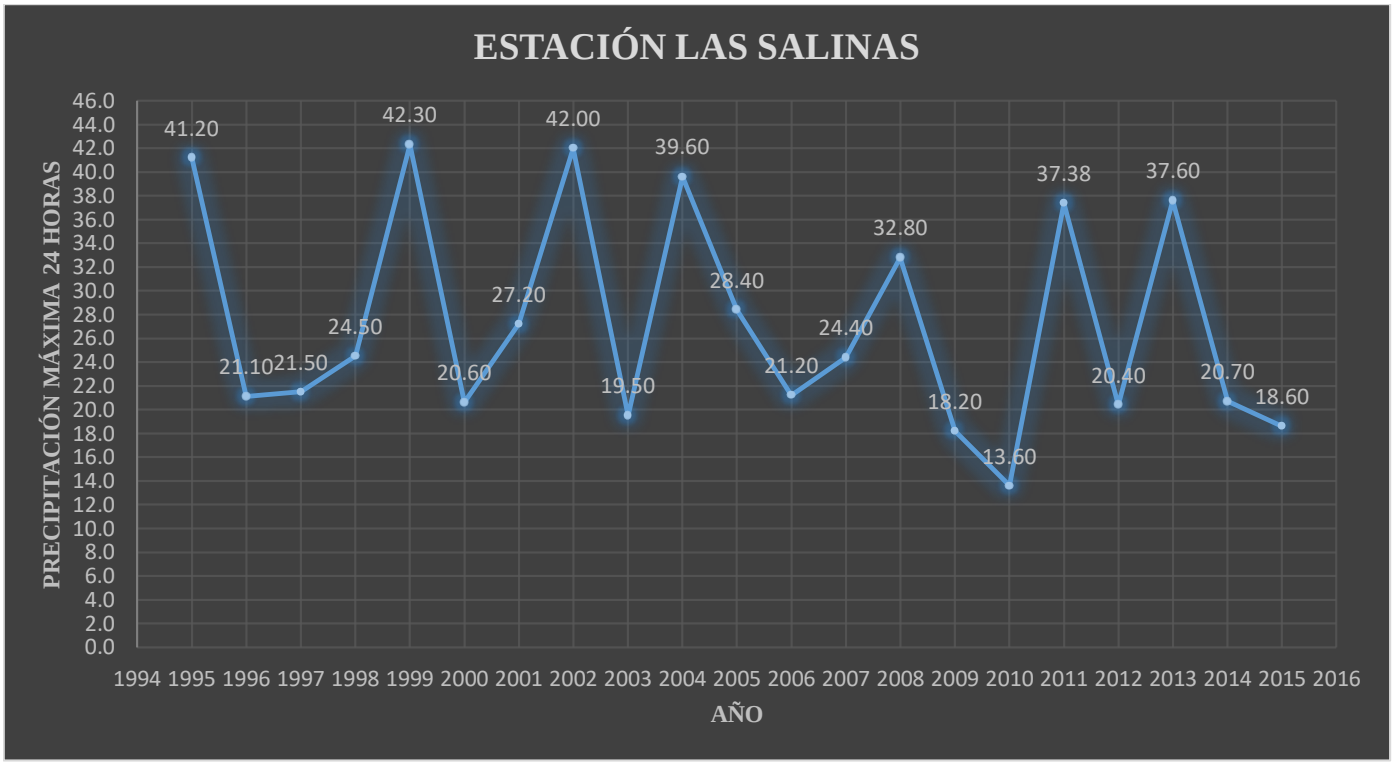


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

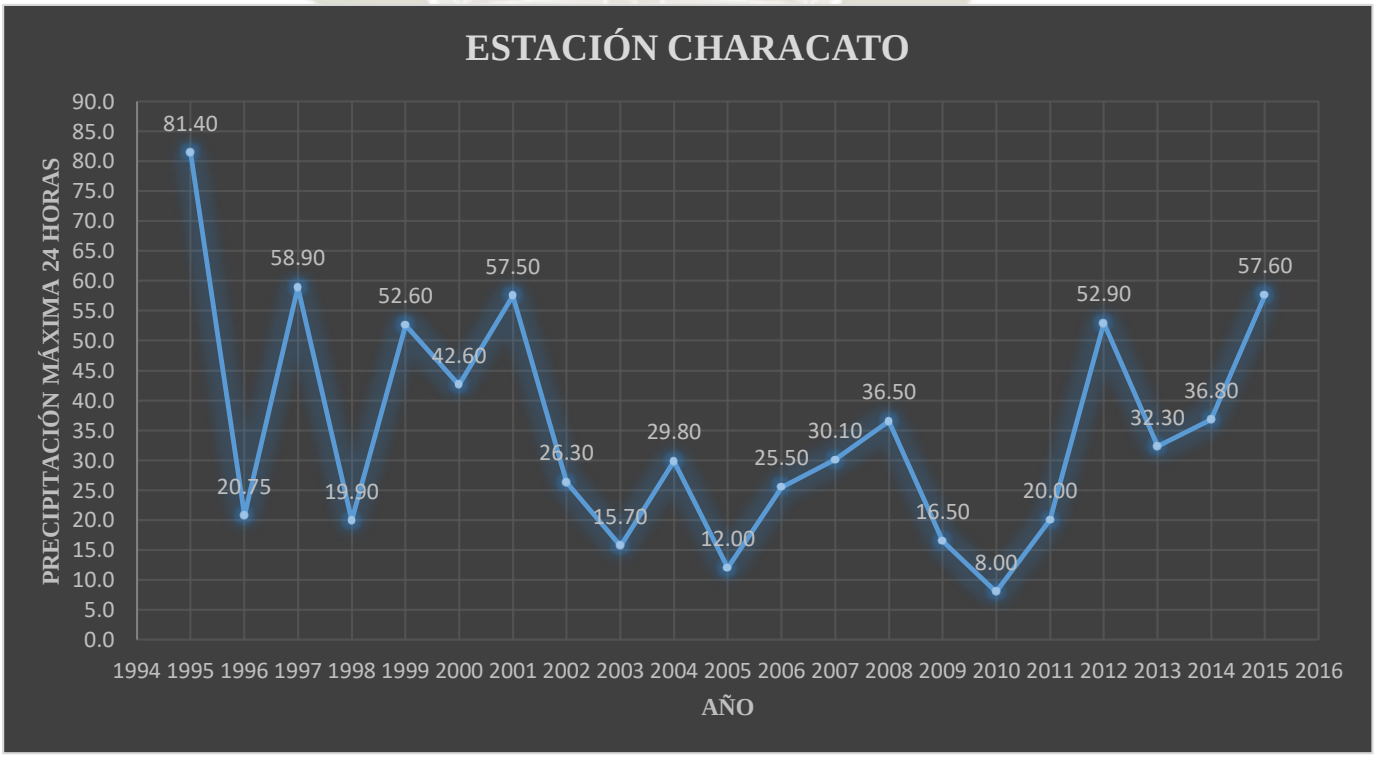
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.1.1.3 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación las Salinas



Grafica Nro. 5.11.1.1.4 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Characto



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.1.1.5 Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Aguada Blanca



5.11.1.2 Análisis Doble Masa

La Curva Doble Masa verifica la consistencia del registro de una estación, comparando la precipitación anual acumulada de cada estación con los valores también acumulados de la precipitación anual promedio de las mismas (**en los gráficos obtenidos se define los quiebres que pueden ser significativos para su posterior análisis estadístico**) (Máximo Villon Bejar, 2005)

Una de las formas de realizar el análisis de doble masa consiste en lo siguiente:

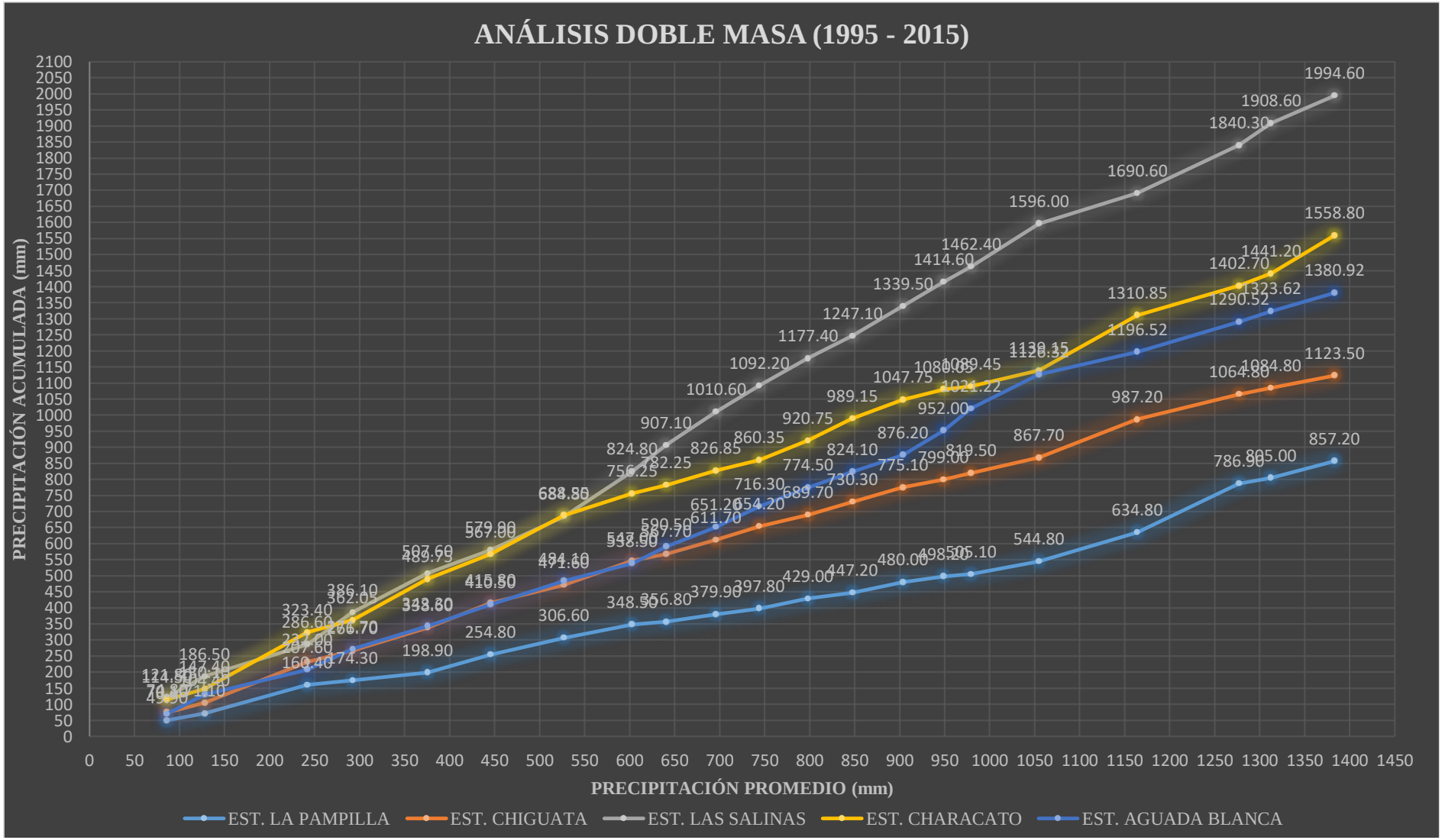
- Se toma la estación más confiable de todas las estaciones disponibles, la misma que va a servir para comparar con los demás registros.
- Luego, la estación seleccionada como la más confiable se plotea en el eje de las abscisas y en las ordenadas cada una de las demás estaciones, obteniéndose así tantas rectas como número de series se tengan menos una.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.11.1.2.1 Análisis Doble Masa (1995 - 2015)

ANÁLISIS DOBLE MASA (1995 - 2015)													
ITEM	AÑO	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL					PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL ACUMULADA					ESTACIÓN PROMEDIO	
		La Pampilla	Chiguata	Characato	Aguada Blanca	Las Salinas	La Pampilla	Chiguata	Characato	Aguada Blanca	Las Salinas	PROMEDIO	ACUMULADO
1	1995	49.90	74.80	114.50	70.10	121.80	49.90	74.80	114.50	70.10	121.80	86.22	86.22
2	1996	21.20	29.60	32.90	60.00	64.70	71.10	104.40	147.40	130.10	186.50	41.68	127.90
3	1997	89.30	127.60	176.00	77.50	100.10	160.40	232.00	323.40	207.60	286.60	114.10	242.00
4	1998	13.90	34.70	38.65	64.10	99.50	174.30	266.70	362.05	271.70	386.10	50.17	292.17
5	1999	24.60	71.90	127.70	71.60	121.50	198.90	338.60	489.75	343.30	507.60	83.46	375.63
6	2000	55.90	77.20	77.25	67.20	72.30	254.80	415.80	567.00	410.50	579.90	69.97	445.60
7	2001	51.80	55.80	121.55	73.60	104.90	306.60	471.60	688.55	484.10	684.80	81.53	527.13
8	2002	41.90	75.40	67.70	54.40	140.00	348.50	547.00	756.25	538.50	824.80	75.88	603.01
9	2003	8.30	20.70	26.00	52.00	82.30	356.80	567.70	782.25	590.50	907.10	37.86	640.87
10	2004	23.10	44.00	44.60	60.70	103.50	379.90	611.70	826.85	651.20	1010.60	55.18	696.05
11	2005	17.90	42.50	33.50	65.10	81.60	397.80	654.20	860.35	716.30	1092.20	48.12	744.17
12	2006	31.20	35.50	60.40	58.20	85.20	429.00	689.70	920.75	774.50	1177.40	54.10	798.27
13	2007	18.20	40.60	68.40	49.60	69.70	447.20	730.30	989.15	824.10	1247.10	49.30	847.57
14	2008	32.80	44.80	58.60	52.10	92.40	480.00	775.10	1047.75	876.20	1339.50	56.14	903.71
15	2009	18.20	23.90	32.30	75.80	75.10	498.20	799.00	1080.05	952.00	1414.60	45.06	948.77
16	2010	6.90	20.50	9.40	69.22	47.80	505.10	819.50	1089.45	1021.22	1462.40	30.76	979.53
17	2011	39.70	48.20	49.70	105.10	133.60	544.80	867.70	1139.15	1126.32	1596.00	75.26	1054.79
18	2012	90.00	119.50	171.70	70.20	94.60	634.80	987.20	1310.85	1196.52	1690.60	109.20	1163.99
19	2013	152.10	77.60	91.85	94.00	149.70	786.90	1064.80	1402.70	1290.52	1840.30	113.05	1277.04
20	2014	18.10	20.00	38.50	33.10	68.30	805.00	1084.80	1441.20	1323.62	1908.60	35.60	1312.64
21	2015	52.20	38.70	117.60	57.30	86.00	857.20	1123.50	1558.80	1380.92	1994.60	70.36	1383.00

Grafica Nro. 5.11.1.2.1 Diagrama Doble Masa



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.11.1.3 Análisis Estadístico

> El análisis gráfico y el análisis de doble masa permiten básicamente, obtener la separación de los periodos con información confiable de aquellos que presentan información dudosa, según la magnitud de los quiebres en los gráficos respectivos. (Máximo Villon Bejar, 2005)

La evaluación rigurosa, se realiza con el **análisis estadístico**, el cual es un proceso de inferencia para **la media y la desviación** estándar de los diferentes periodos de información, mediante las pruebas **"T" y "F"** respectivamente y de esta manera determinar si la muestra es homogénea. Con dichas pruebas se establece si existe diferencia estadística a un determinado nivel de significación entre las medias y la desviación estándar entre dos periodos de información considerados. (Máximo Villon Bejar, 2005)

Una serie de datos se llama homogénea si es una muestra de una única población. Las no homogeneidades en los datos de precipitación son originadas por: el movimiento de las estaciones en una distancia horizontal o vertical y por cambios en el medio ambiente de la estación. (Máximo Villon Bejar, 2005)

La evaluación y cuantificación de los errores detectados en la forma de saltos, se realiza mediante un **ANALISIS ESTADISCTICO**, tanto de la **MEDIA** como de la **DESVIACION ESTANDAR**. Es necesario identificar previamente de un histograma de precipitación, dos periodos que se sospeche sean **NO HOMOGENEOS**. (Máximo Villon Bejar, 2005)

5.11.1.3.1 Análisis estadístico de la Media y la Desviación Estándar

5.11.1.3.1.1 Consistencia de la MEDIA: PRUEBA DE T DE STUDENT

> Mediante esta prueba, se analizan si ambos valores provienen de la misma población:

1. CALCULAR: T calculado (Tc)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Tc = \frac{|\overline{X_1} - \overline{X_2}|}{(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})^{\frac{1}{2}}(\frac{(n_1 - 1) * {S_1}^2 + (n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2})^{\frac{1}{2}}}$$

Dónde:

X_1, X_2: Media de los periodos 1 y 2 respectivamente.

$S_1(X)$,$S_2(X)$: Desviación estándar de los periodos 1 y 2.

n_1, n_2 : Longitud de los periodos 1 y 2 respectivamente.

n: tamaño de la muestra (n = $n_1 + n_2$).

2. CALCULAR: T tabulador (Tt)

   Con nivel de significancia a =0.05

   Con grados de libertad g.l = $n_1 + n_2 - 2$

3. COMPARACION del Tc con el Tt

   Si $|T_c| < T_t(95\%) \Rightarrow X_1 = X_2$ (estadísticamente)

   No necesita realizar corrección en los datos

   Si $|T_c| > T_t(95\%) \Rightarrow X_1 = X_2$ (estadísticamente)

   Se debe corregir los datos del periodo dudoso

5.11.1.3.1.2 Consistencia en la DESVIACION ESTANDAR:

PRUEBA F DE FISHER

Mediante esta prueba se analiza si los valores de la desviación estándar de las sub muestras son estadísticamente iguales o diferentes con un 5% de nivel de significancia:

1. CALCULAR: F calculado (Fc)

$$F_c = \frac{{S_1}^2(X)}{{S_2}^2(X)}, \text{si } {S_1}^2(X) > {S_1}^2(X)$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$F_c = \frac{S_2^{\,2}(X)}{S_1^{\,2}(X)}, \text{si } S_2^{\,2}(X) > S_1^{\,2}(X)$$

Dónde:

$S_1^{\,2}(X), S_2^{\,2}(X)$: Varianza de los periodos 1y 2

2. CALCULAR: F tabulado (Ft)

   El valor critico de F, se obtiene en las tablas F de Fisher para una **PROBABILIDAD al 95%**, con un nivel de significancia a=0.05 y para **GRADOS DE LIBERTAD** según

   g.l.N = $n_1 - 1$, g.l.D=$n_2 - 1$, si $S_1^{\,2}(X) > S_2^{\,2}(X)$

   g.l.N = $n_2 - 1$, g.l.D=$n_1 - 1$, si $S_2^{\,2}(X) > S_1^{\,2}(X)$

3. COMPARACION del Fc con el Ft

   Si $|F_c| < F_t(95\%) \Rightarrow S_1(X) = S_2(X)$ (estadísticamente)

   No necesita realizar corrección en los datos

   Si $|F_c| > F_t(95\%) \Rightarrow S_1(X) = S_2(X)$ (estadísticamente)

   Se debe corregir los datos del periodo dudoso

Cuadro Nro. 5.11.1.3.1 Análisis de Periodos Seleccionados

ESTACIONES	PERIODOS	
	1	2
LA PAMPILLA	1995-2003	2004-2015
CHIGUATA	1995-2008	2009-2015
CHARACATO	1995-2005	2006-2015
AGUADA BLANCA	1995-2009	2010-2015
LAS SALINAS	1995-2005	2006-2015

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.11.1.3.2 Análisis de Parámetros Estadísticos

X1	X2	n1	n2
39.644	41.700	9	12
55.364	49.771	14	7
78.214	69.845	11	10
87.47	76.63	10	11
98.117	90.800	12	9

Cuadro Nro. 5.11.1.3.3 Prueba de la Media y de la Desviación Estándar

S_1	S_2	S_1^2	S_2^2	Tc	Fc	Tt(95%)	Ft(95%)	Homogeneo
25.494	41.131	649.965	1691.787	0.132	2.603	1.7291	3.313	SI
27.816	36.910	773.756	1362.339	0.390	1.761	1.7291	2.915	SI
49.791	46.914	2479.134	2200.945	0.395	1.126	1.7291	3.137	SI
37.300	43.694	1391.260	1909.202	0.608	1.372	1.7291	3.137	SI
22.189	32.381	492.338	1048.505	0.616	2.130	1.7291	2.948	SI

Conclusiones:

- Prueba de consistencia en la **MEDIA** (**T DE STUDENT**)

Como Tc < Tt (95%) ⇒ Tc < Tt (95%) No hay saltos en la media.

- Prueba de Consistencia en la **DESVIACIÓN STANDARD** (**PRUEBA F DE FISHER**)

Como Fc < Ft (95%) ⇒ Fc < Ft (95%) No hay saltos en la desviación standard.

Debido a que no presenta **SALTOS** en la **MEDIA** y la **DESVIACIÓN ESTÁNDAR**, no es necesario corregir la información del periodo denominado como **"no confiable"** entonces las series históricas de las muestras de las estaciones: **LA PAMPILLA, CHIGUATA Y LAS SALINAS SON HOMOGENEAS.**

5.11.2 Análisis de Datos (OUTLIERS)

El método del **Water Resources Council** recomienda la realización de ajustes de datos dudosos. Los datos dudosos (**Outliers**) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

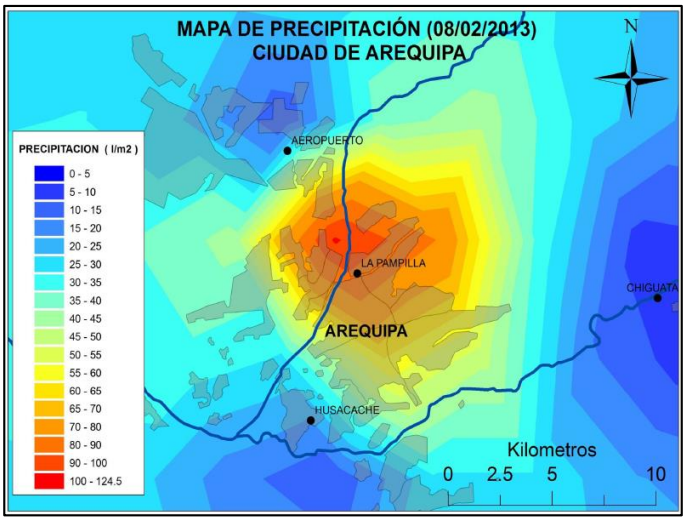
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

información restante. La retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas. (Hidrología Aplicada, Ven Te Chow David R. Maidment Larry W. Mays, Pág. 415)

En consecuencia, por recomendación del **Water Resources Council**, se realizará los ajustes de datos dudosos. En los datos pluviométricos de la **Estación La Pampilla**, se ha presentado esta situación. El año 2013 se ha suscitado una lluvia de 124.5 mm, valor nunca antes registrado en todos los datos de observaciones de precipitaciones. Es decir, lo que ha llovido en la estación de la Pampilla el pasado 8 de febrero, ha superado en 3 veces más, el valor más alto de las lluvias que se ha registrado.

Figura Nro. 5.11.2.1 Precipitación – 8 de febrero del 2013



Fuente: Senamhi – meteorología Sinóptica

En el mapa se puede apreciar el área de influencia de la lluvia del día 8 de febrero del 2013 en Arequipa.

Sin embargo, la precipitación registrada aquel día fue excepcional, la eliminación o retención de estos datos excepcionales pueden afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas como lo dice el método del **Water Resources Council**.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En consecuencia, *Water Resources Coincil (1981)*, considera lo siguiente:

- Si la asimetría de estación es mayor a +0.4, se considera primero las pruebas para detectar datos dudosos altos.
- Si la asimetría de estación es menor a -0.4, primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos.
- Cuando la asimetría de estación está entre ±0.4, deben de aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos.

La ecuación de frecuencia para detectar datos dudosos altos es la siguiente:

$$y_H = \bar{y} + K_n * S_y$$

Donde:

Y_H: Umbral de datos dudosos altos en unidades logarítmicas.

Y: Media de los logaritmos de las precipitaciones.

K_n: Valor tabulado para una muestra de tamaño n tomado del libro de Hidrología Aplicada de Ven Te Chow, pág. 416

S_Y: Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones.

Los valores de dados de la Estación La Pampilla (**Valores para la prueba de datos dudosos**) se usarán para pruebas de un lado para detectar datos dudosos en un nivel de significancia de 10% en información normalmente distribuida. Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que en la anterior ecuación, entonces se consideran como datos dudosos altos. Picos de creciente considerados altos deben compararse con la información histórica y de crecientes de sitios cercanos.

La información histórica de crecientes contiene información de eventos inusualmente extremos, fuera de registro sistemático. De acuerdo con el **Water Resources Coincil**, **si existe información disponible que indica que un dato dudoso es tratado como información histórica de crecientes, es excluido del análisis.** Si no hay información histórica útil para comparar con los datos dudosos altos, entonces estos deben ser retenidos como parte del registro sistemático.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Una ecuación similar puede utilizarse para detectar datos dudosos bajos.

$$y_L = \bar{y} + K_n * S_y$$

Donde:

Y_L: Umbral de datos dudosos bajos en unidades logarítmicas.

Los picos de crecientes considerados como datos dudosos bajos se eliminan del registro y pueden aplicarse un ajuste de probabilidad condicional descrito por el *Wáter Resources Council, 1981* **(Consejo de Recursos Hídricos)**

Cuadro Nro. 5.11.2.1 Valores de *Kn* para la prueba de Datos Dudosos

Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.7	80	2.94
15	2.247	29	2.549	43	2.71	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.76	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.65	55	2.804		

Fuente: U.S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de Kn de un lado con un nivel de significancia de 10% de la distribución normal.

Coeficiente de Asimetría

Devuelve la asimetría de una distribución. Esta función caracteriza el grado de asimetría de una distribución con respecto a su media.

- La asimetría positiva indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más positivos.
- La asimetría negativa indica una distribución unilateral que se extiende hacia valores más negativos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La ecuación de asimetría se define como:

$$C_S = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^3}{(n-1)(n-2)S_Y{}^3}$$

Desviación Estándar

Devuelve una medida de dispersión de una distribución. Miden como los valores de una variable se dispersan alrededor del valor central o media aritmética de una serie, es decir representan una distribución alrededor de un valor medio.

La ecuación de desviación estándar se define como:

$$S_Y = \left(\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2\right)^{1/2}$$

Media Aritmética

Devuelve el valor medio o media de una distribución. Es el esperado de una variable *Y* o momento de 1er orden con respecto al origen, proporciona una idea del lugar donde están concentrados los valores que toma la variable *Y*.

La ecuación de la media aritmética se define como:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} Y_i$$

5.11.2.1 Análisis de Datos Dudosos - Estación la Pampilla

Utilizando la información correspondiente al valor de precipitación máxima de 24 horas de la Estación La Pampilla, vamos a determinar si existe cualquier dato dudoso alto o bajo de la muestra, para el rango de precipitaciones desde 1995 hasta 2015.

Cuadro Nro. 5.11.2.1.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación la Pampilla

ITEM	AÑO	PRECIP. MAX	Y=LOGX
1	1995	28.00	1.447
2	1996	12.10	1.083
3	1997	33.40	1.524

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4	1998	9.50	0.978
5	1999	12.30	1.090
6	2000	23.70	1.375
7	2001	30.00	1.477
8	2002	15.40	1.188
9	2003	5.50	0.740
10	2004	8.40	0.924
11	2005	5.20	0.716
12	2006	14.90	1.173
13	2007	7.90	0.898
14	2008	25.50	1.407
15	2009	8.40	0.924
16	2010	4.70	0.672
17	2011	17.00	1.230
18	2012	35.30	1.548
19	2013	124.50	2.095
20	2014	16.00	1.204
21	2015	28.40	1.453

5.11.2.2 Análisis de Datos Dudosos - Estación Chiguata

Utilizando la información correspondiente al valor de precipitación máxima de 24 horas de la Estación Chiguata, vamos a determinar si existe cualquier dato dudoso alto o bajo de la muestra, para el rango de precipitaciones desde 1995 hasta 2015.

Cuadro Nro. 5.11.2.2.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación Chiguata

ITEM	AÑO	PRECIP. MAX	Y=LOGX
1	1995	48.80	1.688
2	1996	15.90	1.201
3	1997	44.00	1.643
4	1998	12.60	1.100
5	1999	25.00	1.398
6	2000	36.20	1.559
7	2001	20.90	1.320
8	2002	24.30	1.386
9	2003	9.20	0.964
10	2004	18.70	1.272
11	2005	13.00	1.114
12	2006	14.40	1.158

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

13	2007	23.40	1.369
14	2008	20.70	1.316
15	2009	9.90	0.996
16	2010	9.70	0.987
17	2011	19.20	1.283
18	2012	39.30	1.594
19	2013	28.50	1.455
20	2014	16.30	1.212
21	2015	20.00	1.301

5.11.2.3 Análisis de Datos Dudosos - Estación las Salinas

Utilizando la información correspondiente al valor de precipitación máxima de 24 horas de la Estación Las Salinas, vamos a determinar si existe cualquier dato dudoso alto o bajo de la muestra, para el rango de precipitaciones desde 1995 hasta 2015.

Cuadro Nro. 5.11.2.3.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación las Salinas

ITEM	AÑO	PRECIP. MAX	Y=LOGX
1	1995	41.20	1.615
2	1996	21.10	1.324
3	1997	21.50	1.332
4	1998	24.50	1.389
5	1999	42.30	1.626
6	2000	20.60	1.314
7	2001	27.20	1.435
8	2002	42.00	1.623
9	2003	19.50	1.290
10	2004	39.60	1.598
11	2005	28.40	1.453
12	2006	21.20	1.326
13	2007	24.40	1.387
14	2008	32.80	1.516
15	2009	18.20	1.260
16	2010	13.60	1.134
17	2011	37.38	1.573
18	2012	20.40	1.310
19	2013	37.60	1.575
20	2014	20.70	1.316
21	2015	18.60	1.270

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.11.2.4 Análisis de Datos Dudosos - Estación Characato

Utilizando la información correspondiente al valor de precipitación máxima de 24 horas de la Estación Las Salinas, vamos a determinar si existe cualquier dato dudoso alto o bajo de la muestra, para el rango de precipitaciones desde 1995 hasta 2015.

Cuadro Nro. 5.11.2.4.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación Characato

ITEM	AÑO	PRECIP. MAX	Y=LOGX
1	1995	81.40	1.911
2	1996	20.75	1.317
3	1997	58.90	1.770
4	1998	19.90	1.299
5	1999	52.60	1.721
6	2000	42.60	1.629
7	2001	57.50	1.760
8	2002	26.30	1.420
9	2003	15.70	1.196
10	2004	29.80	1.474
11	2005	12.00	1.079
12	2006	25.50	1.407
13	2007	30.10	1.479
14	2008	36.50	1.562
15	2009	16.50	1.217
16	2010	8.00	0.903
17	2011	20.00	1.301
18	2012	52.90	1.723
19	2013	32.30	1.509
20	2014	36.80	1.566
21	2015	57.60	1.760

5.11.2.5 Análisis de Datos Dudosos - Aguada Blanca

Utilizando la información correspondiente al valor de precipitación máxima de 24 horas de la Estación Las Salinas, vamos a determinar si existe cualquier dato dudoso alto o bajo de la muestra, para el rango de precipitaciones desde 1995 hasta 2015.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.11.2.5.1 Análisis de Datos Dudosos – Estación Aguada Blanca

ITEM	AÑO	PRECIP. MAX	Y=LOGX
1	1995	29.40	1.468
2	1996	19.20	1.283
3	1997	18.60	1.270
4	1998	18.90	1.276
5	1999	28.70	1.458
6	2000	24.40	1.387
7	2001	20.40	1.310
8	2002	14.50	1.161
9	2003	13.90	1.143
10	2004	24.30	1.386
11	2005	21.80	1.338
12	2006	16.00	1.204
13	2007	15.90	1.201
14	2008	28.10	1.449
15	2009	26.80	1.428
16	2010	19.02	1.279
17	2011	25.90	1.413
18	2012	20.20	1.305
19	2013	31.90	1.504
20	2014	14.00	1.146
21	2015	25.80	1.412

- **Resultados**

Cuadro Nro. 5.11.2.6 Resumen del Método de Wáter Resources Coulcil

MEDIDAS DE VARIABILIDAD	METODO DE WATER RESOURCES COULCIL				
	LA PAMPILLA	CHIGUATA	CHARACATO	AGUADA BLANCA	LAS SALINAS
n	21	21	21	21	21
Ȳ	1.197	1.301	1.476	1.325	1.413
DES EST.	0.3426	0.210	0.257	0.112	0.145
COEF. ASIM.	0.6010	0.175	-0.384	-0.172	0.152
Kn	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408
YH	2.0223	1.8075	2.0960	1.5946	1.7614
YL	0.3725	0.7941	0.8567	1.0552	1.0640
QH	**105.30**	**64.20**	**124.70**	**39.30**	**57.70**
QL	**2.40**	**6.20**	**7.20**	**11.40**	**11.60**

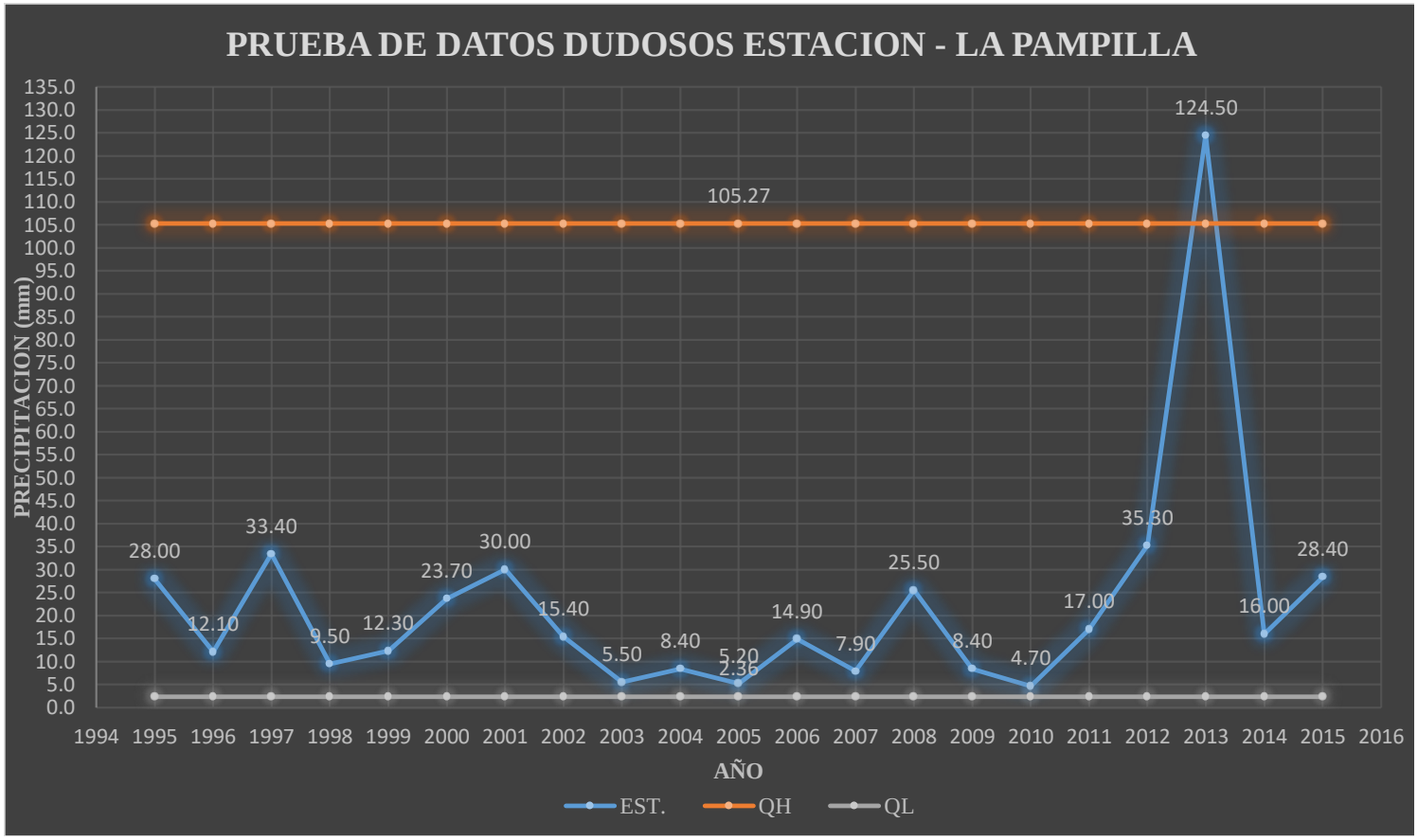
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.2.1 Prueba de Datos Dudosos – Estación la Pampilla

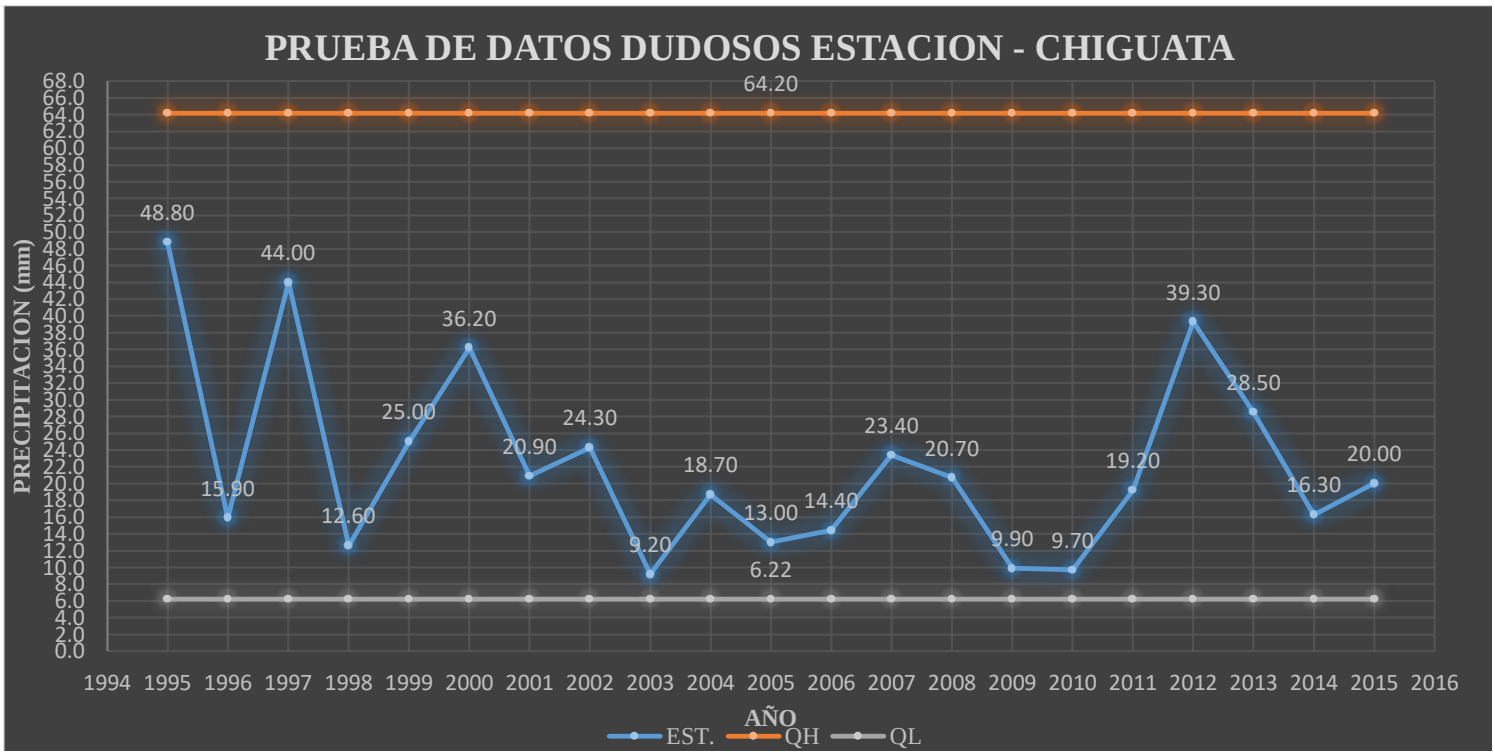


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

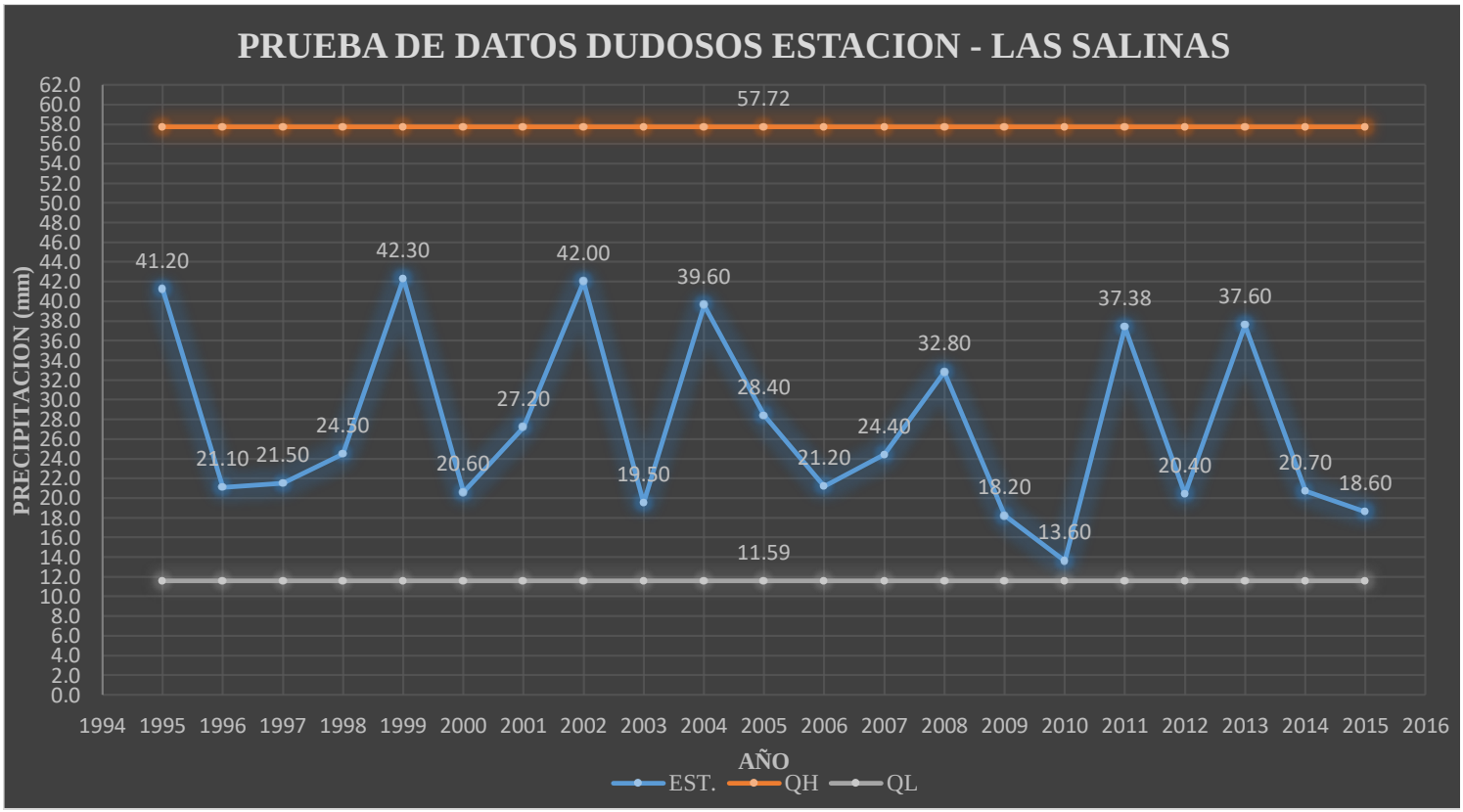
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.2.2 Prueba de Datos Dudosos – Estación Chiguata



Grafica Nro. 5.11.2.3 Prueba de Datos Dudosos – Estación las Salinas

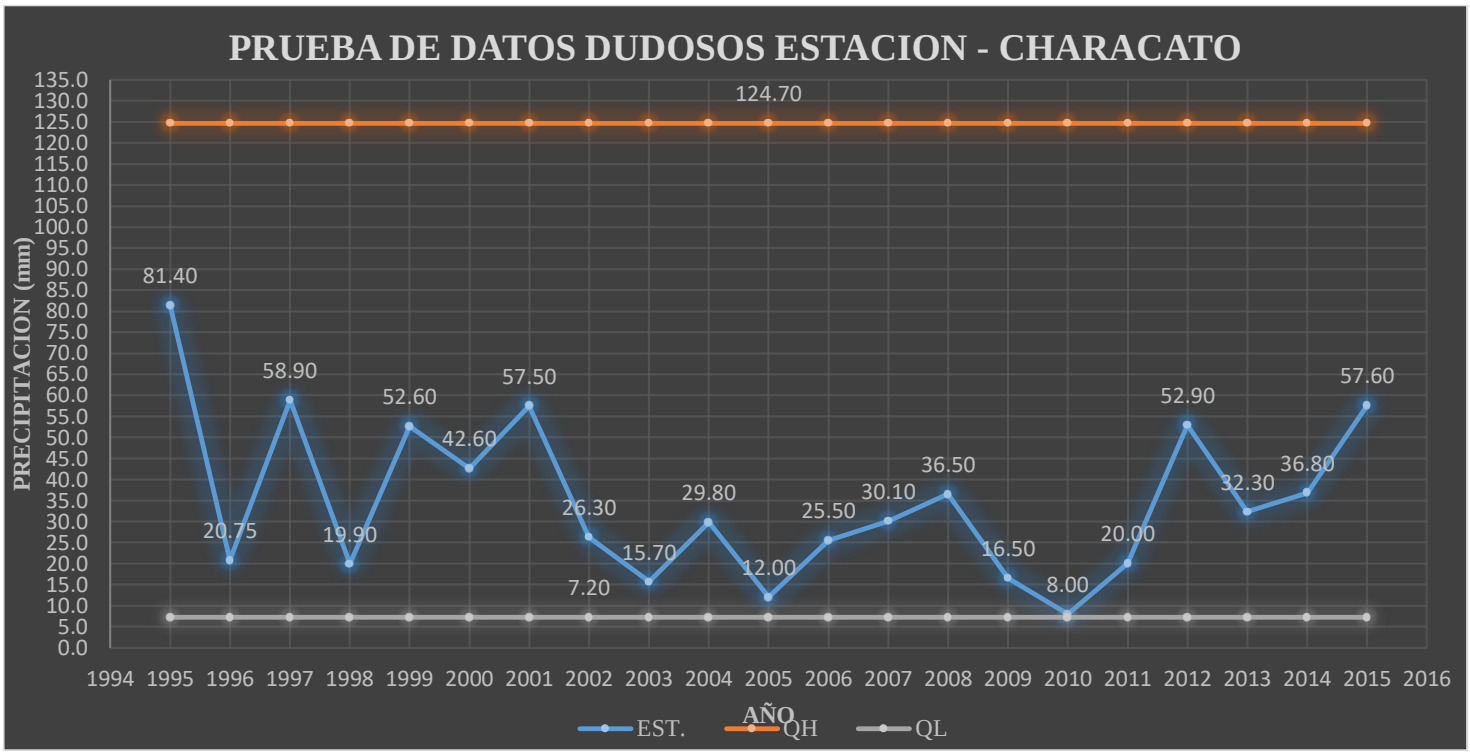


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

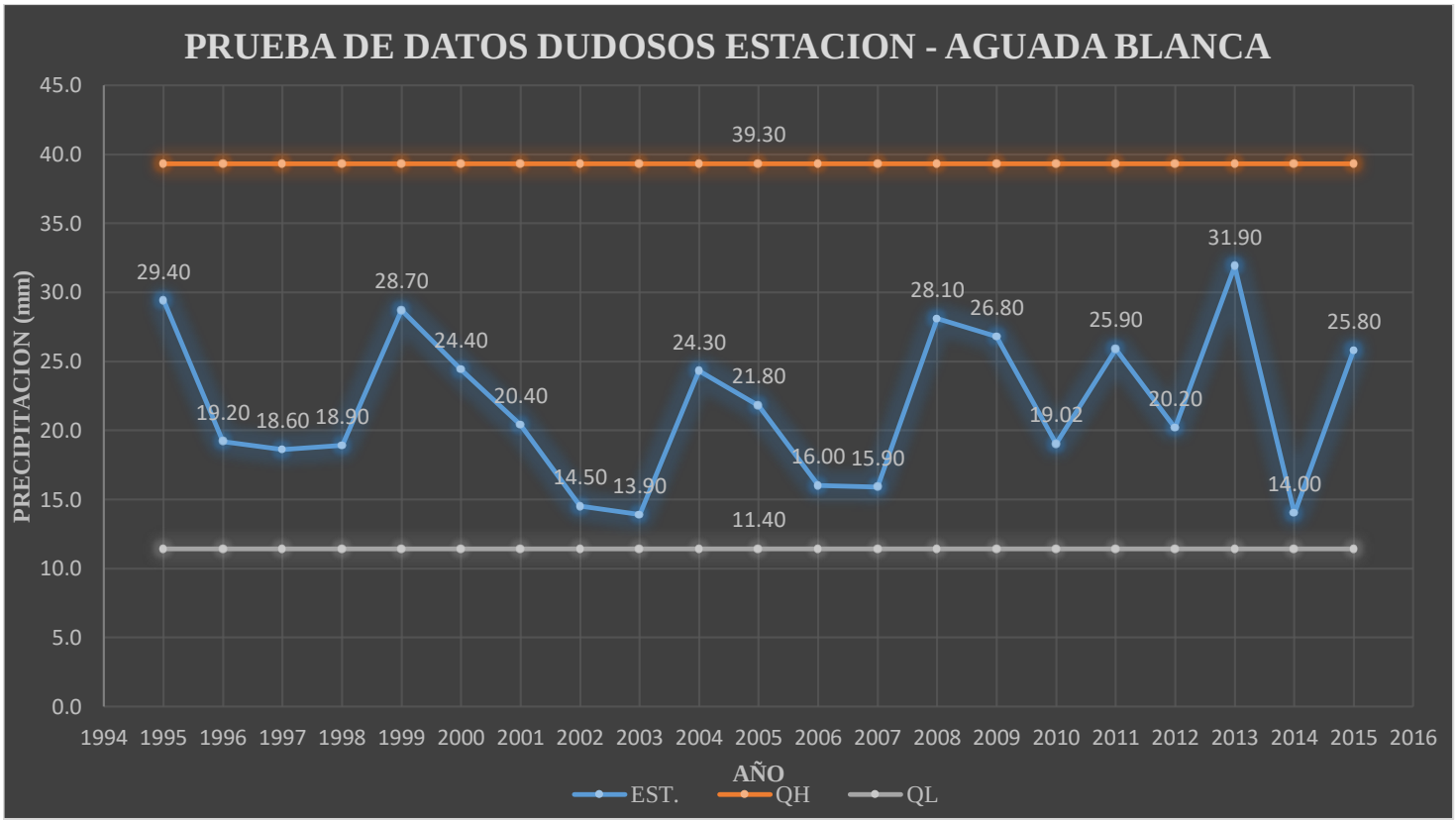
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.2.4 Prueba de Datos Dudosos – Estación Characato



Grafica Nro. 5.11.2.5 Prueba de Datos Dudosos – Aguada Blanca



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Del grafico 5.11.2.1 podemos identificar que el valor de 124.5 mm se encuentra alejado de los límites de datos dudosos ya que corresponde a un evento extraordinario de origen natural.

Cuadro Nro. 5.11.2.7 Resumen del Método de Water Resources Coulcil

MEDIDAS DE VARIABILIDAD	METODO DE WATER RESOURCES COULCIL				
	LA PAMPILLA	CHIGUATA	CHARACATO	AGUADA BLANCA	LAS SALINAS
n	20	20	20	20	20
Ȳ	1.153	1.293	1.475	1.316	1.405
DES EST.	0.2810	0.213	0.264	0.107	0.144
COEF. ASIM.	-0.2173	0.278	-0.356	-0.203	0.269
Kn	2.385	2.385	2.385	2.385	2.385
YH	1.8228	1.8007	2.1041	1.5710	1.7470
YL	0.4823	0.7855	0.8453	1.0609	1.0621
QH	**66.50**	**63.20**	**127.10**	**37.20**	**55.80**
QL	**3.00**	**6.10**	**7.00**	**11.50**	**11.50**

Fuente: Elaboración Propia

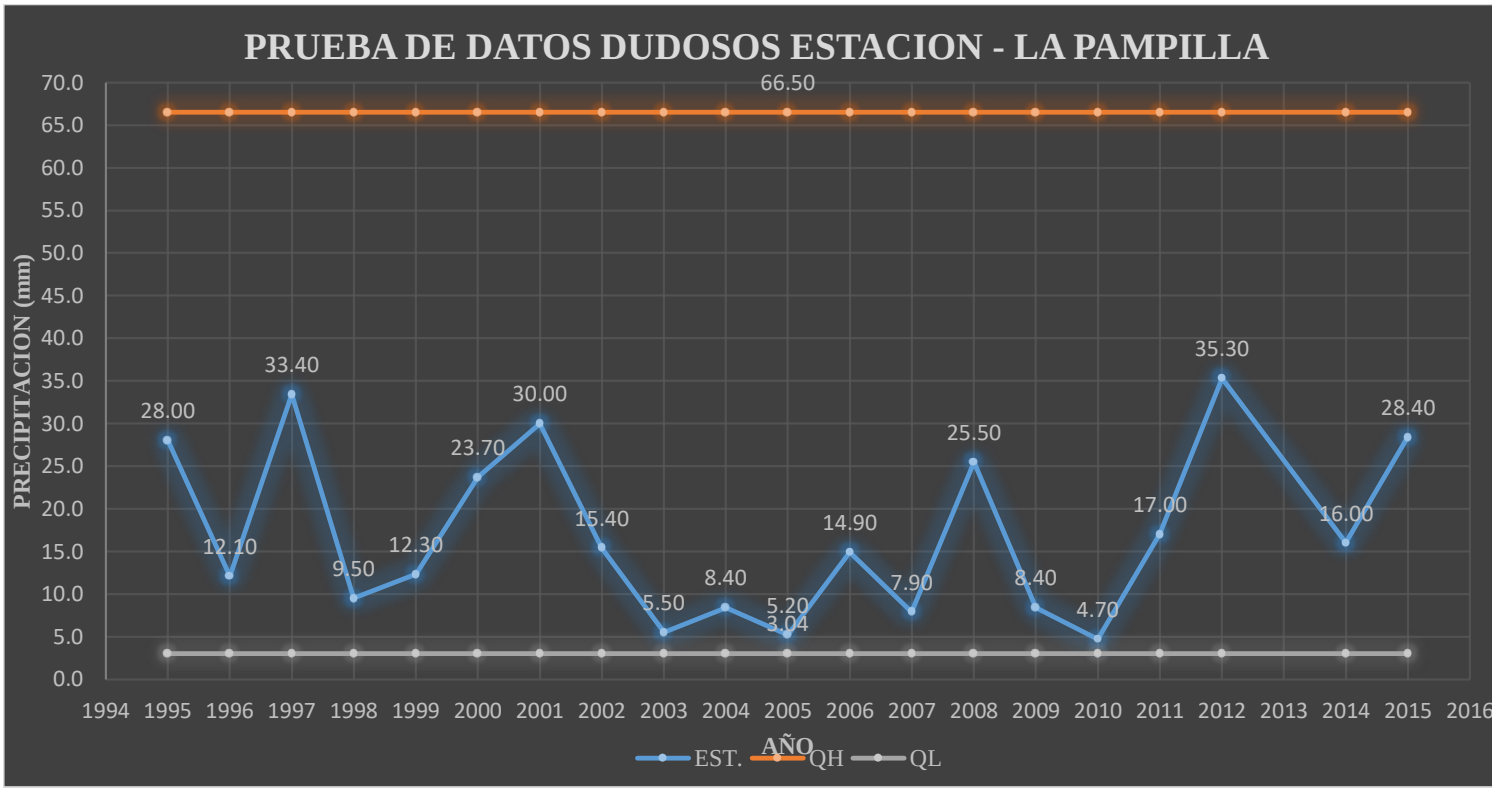
De acuerdo con ***Wáter Resources Council (1981)***, si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es tratado como información histórica de crecientes y es **EXCLUIDO DEL ANALISIS**. En conclusión, en nuestros datos y resultados podemos observar que el umbral de dato dudoso alto es menor que la precipitación máxima en el año 2013 de la estación LA PAMPILLA, por consecuencia, según **Wáter Resources Council** el dato dudoso es tratado como información excepcional y es **EXCLUIDO DEL ANALISIS**.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

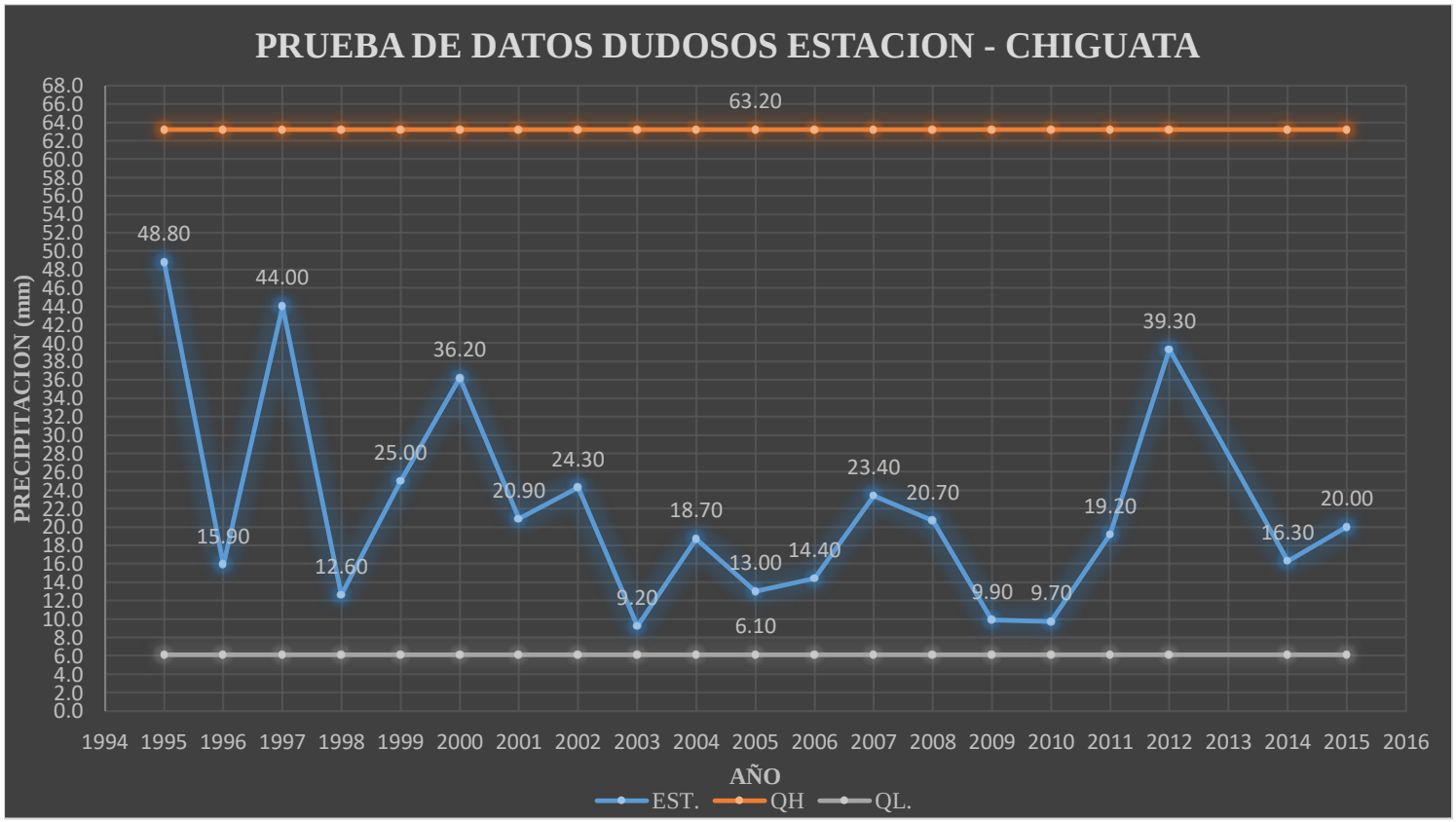
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.2.6 Prueba de Datos Dudosos – Estación la Pampilla



Grafica Nro. 5.11.2.7 Prueba de Datos Dudosos – Estación Chiguata

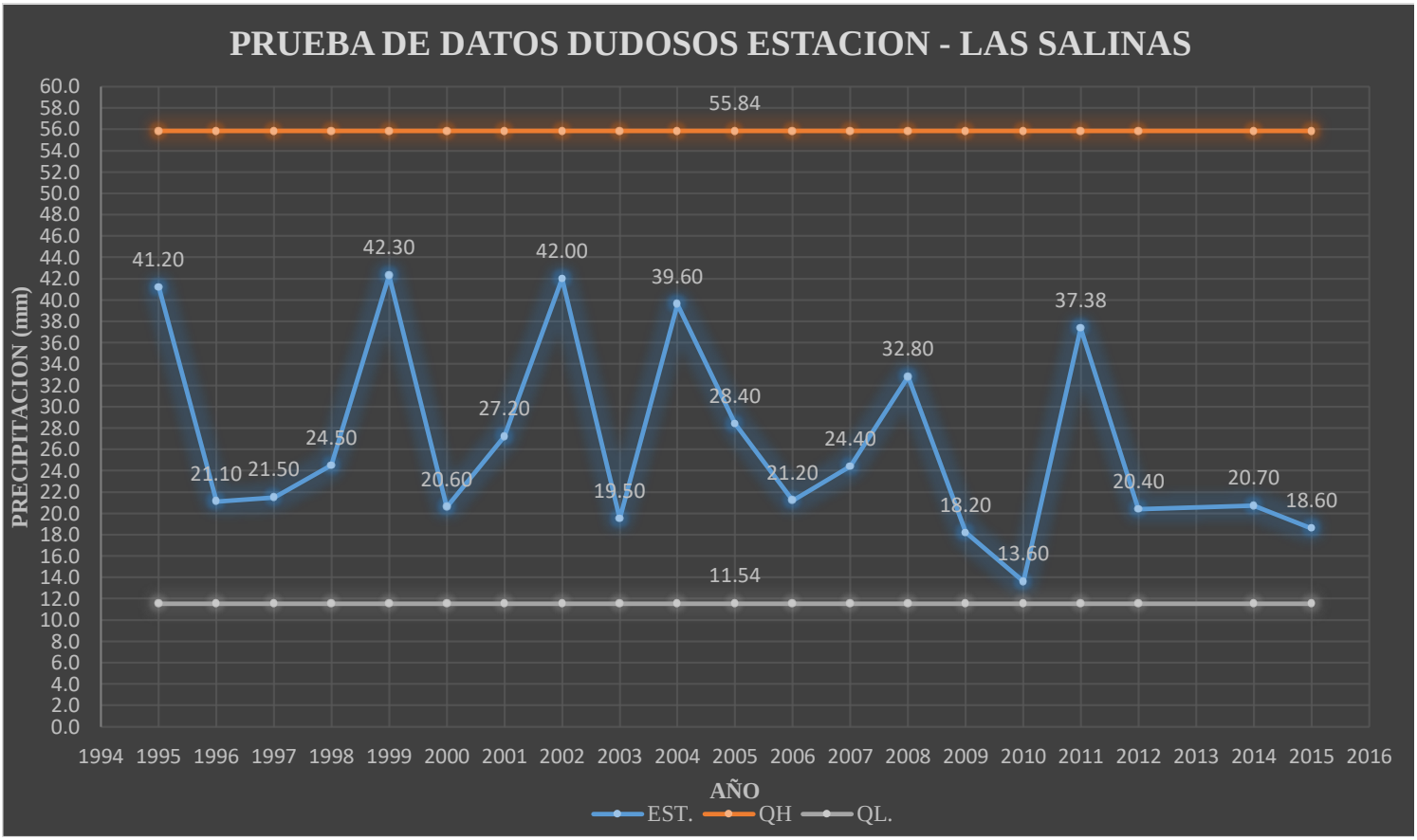


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

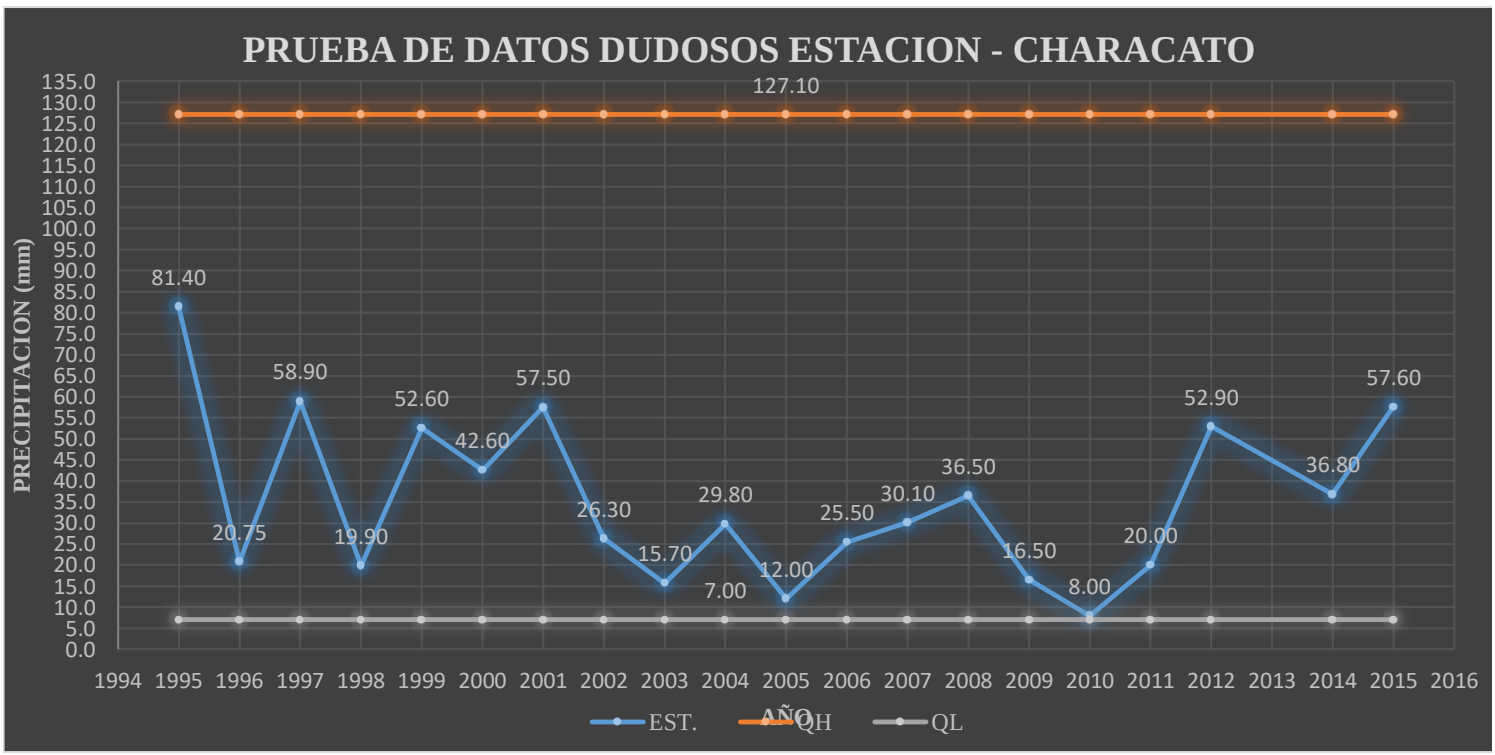
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.2.8 Prueba de Datos Dudosos – Estación las Salinas



Grafica Nro. 5.11.2.9 Prueba de Datos Dudosos – Estación Characato

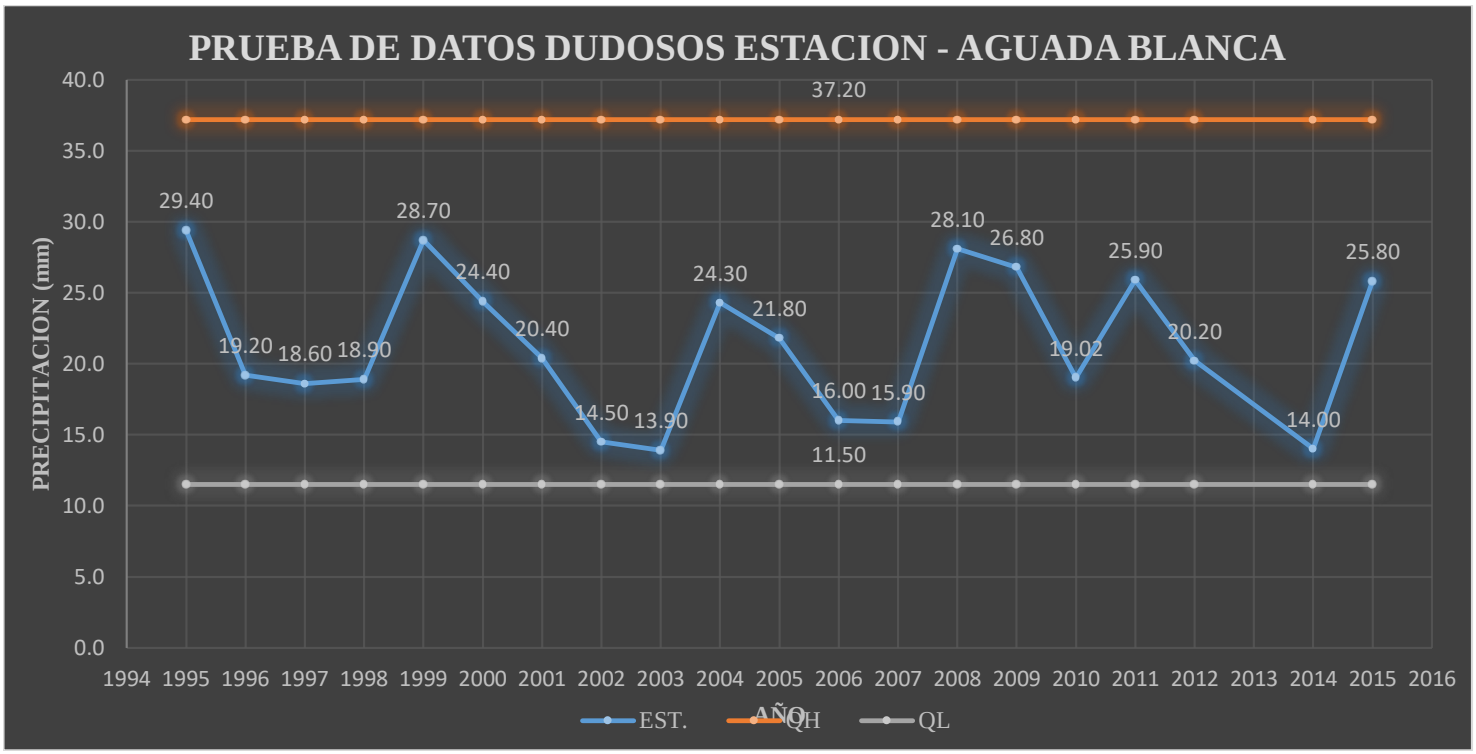


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.11.2.10 Prueba de Datos Dudosos – Estación Characato



El dato dudoso alto es eliminado de la muestra y se repite el análisis de frecuencia utilizando en la **ESTACION LA PAMPILLA**. La estadística para los logaritmos del nuevo conjunto de datos, ahora reducidos a 20 valores.

Puede verse que la omisión del valor del año 2013 no ha alterado significativamente el valor de la asimétrica calculado. En consecuencia, el mayor valor registrado (**35.30 mm**) no excede el valor del umbral alto. No existen datos dudosos altos en la muestra.

5.12 PRECIPITACIONES PROMEDIO SOBRE LA CUENCA

Se trata de establecer un valor medio representativo, a partir de datos conjugados de varias estaciones pluviométricas que tengan correlación con la cuenca en estudio, para el análisis de máximas avenidas.

La precipitación es uno de los elementos importantes para realizar el balance hidrológico y para su estimación, se ha realizado el estudio con la participación de 3 estaciones pluviométricas mejor correlacionadas.

La precipitación varía en el espacio y en el tiempo de acuerdo con el patrón general de circulación atmosférica y con factores locales. Se trata de establecer un valor medio conveniente a partir de datos conjugados de las estaciones pluviométricas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de la cuenca y para su estimación se ha realizado un estudio con la participación de cinco estaciones: **LA PAMPILLA, CHIGUATA, CHARACATO, AGUADA BLANCA Y LAS SALINAS**.

5.12.1 El Método de la Media Aritmética

Es el método más simple para determinar la lluvia promedio sobre un área. Se promedian las profundidades de flujo que se registran en un número dado de pluviómetros. Este método es satisfactorio si los pluviómetros se distribuyen uniformemente sobre el área y sus mediciones individuales no varían de manera considerable de la media. (Aparicio, 1992)

Si se tiene en cuenta que algunos pluviómetros son más representativos del área en cuestión que otros, puede asignárseles pesos relativos para el cálculo del promedio del área.

$$\boldsymbol{P} = \left(\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n}}\right)\sum_{\boldsymbol{j=1}}^{\boldsymbol{n}} \mathbf{P}_{\boldsymbol{i}}$$

Dónde:

n: Número de estaciones pluviométricas

$\boldsymbol{P_i}$: Altura de precipitación registrada en la estación

$\boldsymbol{P}$: Altura de precipitación promedio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.12.1.1 Precipitación Promedio – Método Aritmético

ITEM	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS					PROMEDIO (mm)
		La Pampilla	Characato	Chiguata	Aguada Blanca	Las Salinas	
1	1995	28.00	81.40	48.80	29.40	41.20	45.80
2	1996	12.10	20.75	15.90	19.20	21.10	17.80
3	1997	33.40	58.90	44.00	18.60	21.50	35.30
4	1998	9.50	19.90	12.60	18.90	24.50	17.10
5	1999	12.30	52.60	25.00	28.70	42.30	32.20
6	2000	23.70	42.60	36.20	24.40	20.60	29.50
7	2001	30.00	57.50	20.90	20.40	27.20	31.20
8	2002	15.40	26.30	24.30	14.50	42.00	24.50
9	2003	5.50	15.70	9.20	13.90	19.50	12.80
10	2004	8.40	29.80	18.70	24.30	39.60	24.20
11	2005	5.20	12.00	13.00	21.80	28.40	16.10
12	2006	14.90	25.50	14.40	16.00	21.20	18.40
13	2007	7.90	30.10	23.40	15.90	24.40	20.30
14	2008	25.50	36.50	20.70	28.10	32.80	28.70
15	2009	8.40	16.50	9.90	26.80	18.20	16.00
16	2010	4.70	8.00	9.70	19.02	13.60	11.00
17	2011	17.00	20.00	19.20	25.90	37.40	23.90
18	2012	35.30	52.90	39.30	20.20	20.40	33.60
19	2013	124.50	32.30	28.50	31.90	37.60	51.00
20	2014	16.00	36.80	16.30	14.00	20.70	20.80
21	2015	28.40	57.60	20.00	25.80	18.60	30.10

5.12.2 El Método de Thiessen

Establece que cualquier punto de la cuenca la lluvia es igual a la que se registra en el pluviómetro más cercano, luego la profundidad registrada en un pluviómetro dado se aplica hasta la mitad de la distancia a la siguiente estación pluviométrica en cualquier dirección. Los pesos relativos de cada pluviómetro se determinan de las correspondientes áreas de aplicación en una red de polígonos de thiessen, cuyas fronteras están formadas por los bisectores perpendiculares a las líneas que unen los pluviómetros adyacentes. (Aparicio, 1992)

$$P = \frac{P_1 * A_1 + P_2 * A_2 + \cdots + P_n * A_n}{A_1 + A_2 + \cdots + A_n}$$

Dónde:

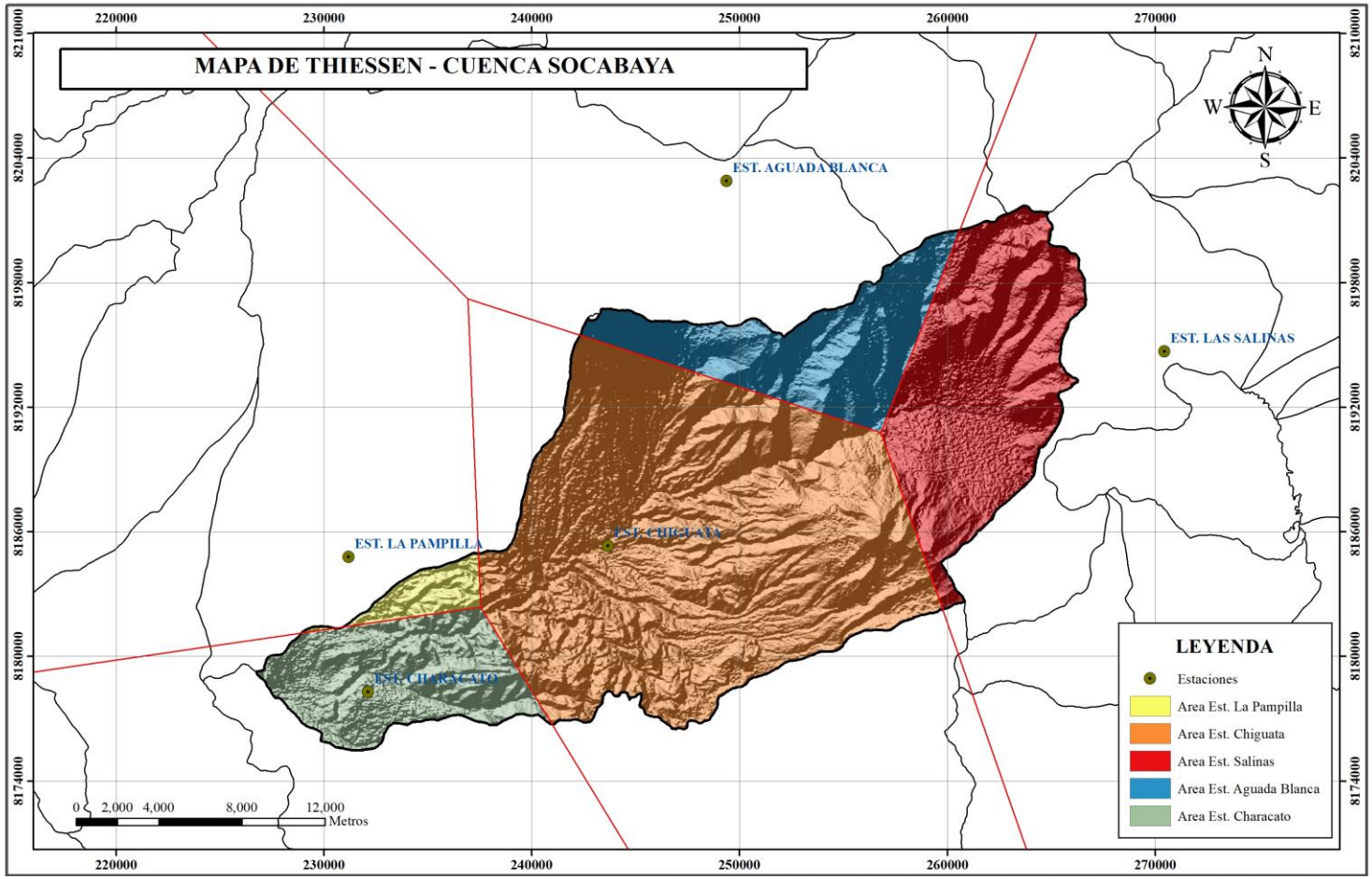
P_n: Precipitación, A: Área

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.12.2.1 Precipitación Promedio – Método de Thiessen

ITEM	AÑO	LA PAMPILLA		CHARACATO		CHIGUATA		AGUADA BLANCA		LAS SALINAS		PROMEDIO (mm)
		Área (ha)	Precip.(mm)	Área (ha)	Precip.(mm)	Área (ha)	Precip.(mm)	Área (ha)	Precip.(mm)	Área (ha)	Precip.(mm)	
1	1995	1124.702	28.00	5959.21	81.40	27073.095	48.80	6290.28	29.40	10541.019	41.20	48.20
2	1996	1124.702	12.10	5959.21	20.75	27073.095	15.90	6290.28	19.20	10541.019	21.10	17.90
3	1997	1124.702	33.40	5959.21	58.90	27073.095	44.00	6290.28	18.60	10541.019	21.50	37.70
4	1998	1124.702	9.50	5959.21	19.90	27073.095	12.60	6290.28	18.90	10541.019	24.50	16.60
5	1999	1124.702	12.30	5959.21	52.60	27073.095	25.00	6290.28	28.70	10541.019	42.30	32.00
6	2000	1124.702	23.70	5959.21	42.60	27073.095	36.20	6290.28	24.40	10541.019	20.60	32.00
7	2001	1124.702	30.00	5959.21	57.50	27073.095	20.90	6290.28	20.40	10541.019	27.20	26.60
8	2002	1124.702	15.40	5959.21	26.30	27073.095	24.30	6290.28	14.50	10541.019	42.00	26.80
9	2003	1124.702	5.50	5959.21	15.70	27073.095	9.20	6290.28	13.90	10541.019	19.50	12.60
10	2004	1124.702	8.40	5959.21	29.80	27073.095	18.70	6290.28	24.30	10541.019	39.60	24.80
11	2005	1124.702	5.20	5959.21	12.00	27073.095	13.00	6290.28	21.80	10541.019	28.40	17.00
12	2006	1124.702	14.90	5959.21	25.50	27073.095	14.40	6290.28	16.00	10541.019	21.20	17.30
13	2007	1124.702	7.90	5959.21	30.10	27073.095	23.40	6290.28	15.90	10541.019	24.40	23.10
14	2008	1124.702	25.50	5959.21	36.50	27073.095	20.70	6290.28	28.10	10541.019	32.80	26.10
15	2009	1124.702	8.40	5959.21	16.50	27073.095	9.90	6290.28	26.80	10541.019	18.20	14.40
16	2010	1124.702	4.70	5959.21	8.00	27073.095	9.70	6290.28	19.02	10541.019	13.60	11.30
17	2011	1124.702	17.00	5959.21	20.00	27073.095	19.20	6290.28	25.90	10541.019	37.40	23.80
18	2012	1124.702	35.30	5959.21	52.90	27073.095	39.30	6290.28	20.20	10541.019	20.40	34.50
19	2013	1124.702	124.50	5959.21	32.30	27073.095	28.50	6290.28	31.90	10541.019	37.60	33.40
20	2014	1124.702	16.00	5959.21	36.80	27073.095	16.30	6290.28	14.00	10541.019	20.70	19.30
21	2015	1124.702	28.40	5959.21	57.60	27073.095	20.00	6290.28	25.80	10541.019	18.60	25.00

Figura Nro. 5.12.2.1 Precipitación Promedio – Método de Thiessen



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.12.3 El Método de las Isoyetas

Es el método más preciso, se utilizan curvas de igual precipitación (isoyetas). El trazado de esas curvas es semejante al de las curvas de nivel, en donde la altura de agua precipitada sustituye la cota del terreno. Se debe considerar los efectos orográficos de la cuenca, de modo que el mapa final represente un modelo de precipitación más real. (Aparicio, 1992)

La localización de las estaciones y las alturas de precipitación para cada año se grafica en el plano digitalizado y se hace una interpolación de las alturas de lluvia representativas indicadas en cada estación, obteniéndose de este modo las curvas de isoyetas. (Aparicio, 1992)

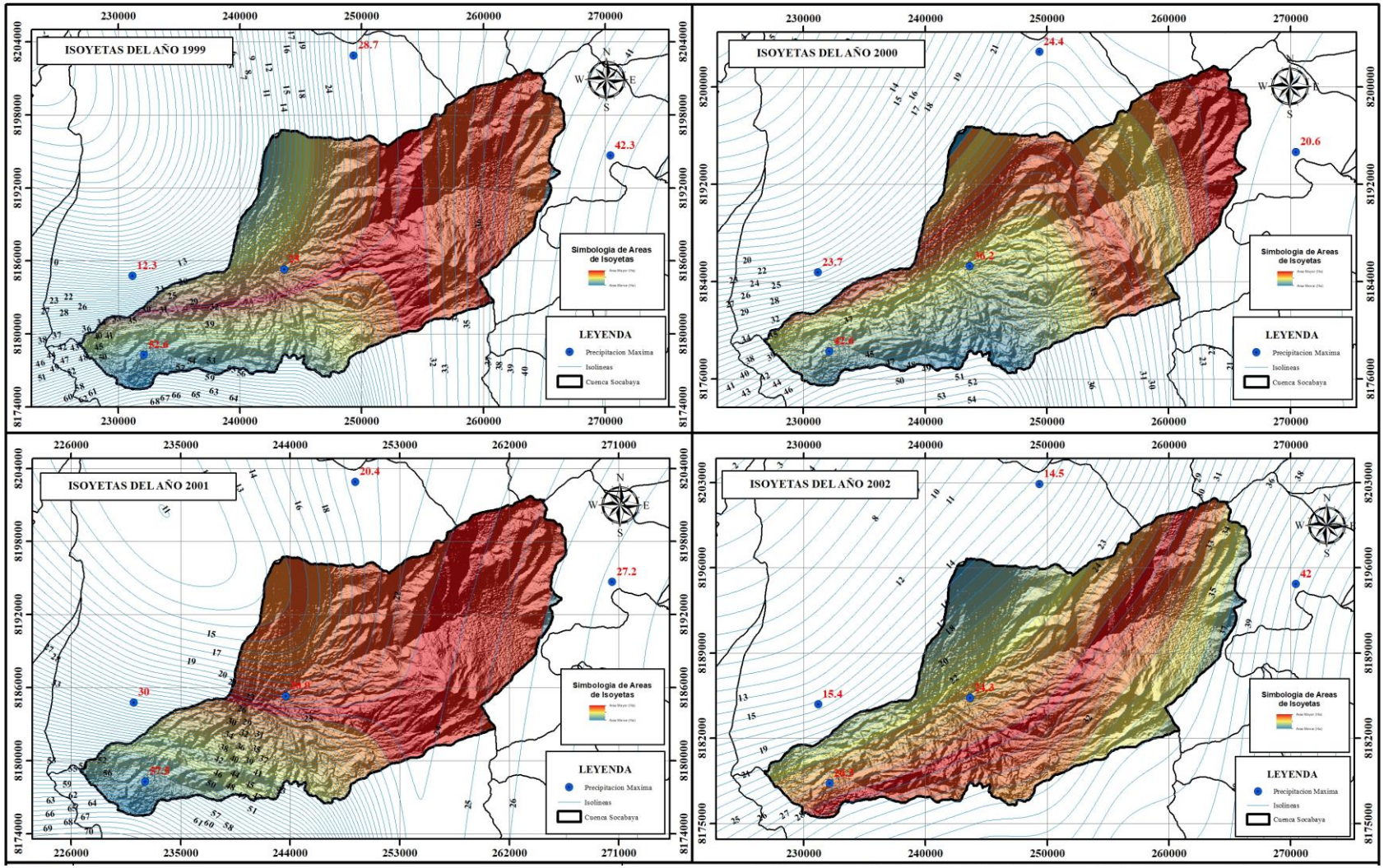
$$\overline{P} = \frac{\frac{p_o + p_1}{2} a_1 + \frac{p_1 + p_2}{2} a_2 + \cdots + \frac{p_{n-1} + p_n}{2} a_n}{a_1 + a_2 + \cdots a_n}$$

Donde:

$\boldsymbol{P}$: Precipitación

$\boldsymbol{a}$: Área (Ha)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



Mapa ISOYETA para los años 1999-2002, *Elaboración Propia*

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.12.3.1 Isoyeta para el año 2002

ITEM	ISOYETAS		Hi	Ai (Ha)	Hi * Ai	∑ (Hi*Ai)/Ai
1	14	15	14.5	114.356	1658.162	27.50
2	15	16	15.5	415.499	6440.2345	
3	16	17	16.5	576.949	9519.6585	
4	17	18	17.5	843.611	14763.1925	
5	18	19	18.5	1091.671	20195.9135	
6	19	20	19.5	1469.388	28653.066	
7	20	21	20.5	1994.442	40886.061	
8	21	22	21.5	2250.284	48381.106	
9	22	23	22.5	2353.181	52946.5725	
10	23	24	23.5	2497.062	58680.957	
11	24	25	24.5	2673.603	65503.2735	
12	25	26	25.5	2951.981	75275.5155	
13	26	27	26.5	3171.845	84053.8925	
14	27	28	27.5	3366.928	92590.52	
15	28	29	28.5	3537.204	100810.314	
16	29	30	29.5	3390.56	100021.52	
17	30	31	30.5	3376.123	102971.752	
18	31	32	31.5	3264.365	102827.498	
19	32	33	32.5	3073.416	99886.02	
20	33	34	33.5	2472.852	82840.542	
21	34	35	34.5	2468.588	85166.286	
22	35	36	35.5	2288.02	81224.71	
23	36	37	36.5	1102.109	40226.9785	
24	37	38	37.5	241.918	9071.925	
25	38	39	38.5	2.383	91.7455	

5.13 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION

5.13.1 Estadística Aplicada a la Hidrología

Muchos procesos en hidrología deben ser analizados y explicados de manera probabilística debido a la naturaleza aleatoria (**casual**) de los mismos. (Aparicio, 1992)

Por ejemplo, es muy difícil predecir la escorrentía y la precipitación en sentido puramente determinístico (**en el pasado, presente o futuro**), debido a que es imposible conocer cuantitativamente todos los parámetros que afectan estos procesos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Afortunadamente, existen métodos estadísticos disponibles para organizar, presentar y reducir los datos observados de manera de que se facilite su interpretación y evaluación. (Aparicio, 1992)

5.13.2 Conceptos Fundamentales

5.13.2.1 Probabilidad

Este apartado se realizó parafraseando a Kolmogorov, Las leyes naturales más simples son aquellas que expresan las condiciones bajo las cuales un evento de interés ocurre o no ocurre con certeza, estas condiciones se expresan como: (Aparicio, 1992)

a) Si se presenta un conjunto de condiciones *S*, entonces el evento *A*, seguramente, ocurre o bien.
b) Si se presenta un conjunto de condiciones *S*, entonces el evento *A*, no puede ocurrir.

En el primer caso, *A* es un *evento seguro* con respecto a las condiciones *S* y en el segundo es un *evento imposible*. (Aparicio, 1992)

Cuando un evento *A*, en presencia de un conjunto de condiciones *S*, a veces ocurre y a veces no, se llama *aleatorio* con respecto al conjunto *S*. (Aparicio, 1992)

Es natural suponer que, cuando esto sucede, no se han tomado en cuenta en el conjunto *S* todas las condiciones necesarias para la ocurrencia o no ocurrencia del evento, y no como a veces se hace, que no exista una ley física que conduzca a esta ocurrencia o no ocurrencia. Esas condiciones o leyes que no se incluyen en el análisis del evento *A* se suplen por una ***ley de probabilidades***, la cual índica con qué ***frecuencia*** se presenta el evento dadas las condiciones *S*. (Aparicio, 1992)

5.13.2.2 Funciones de Probabilidad

Una variable aleatoria es un parámetro (**por ejemplo: precipitación, escorrentía, etc.**) que no se puede predecir con certeza, debido a que las variables aleatorias son el resultado de un

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

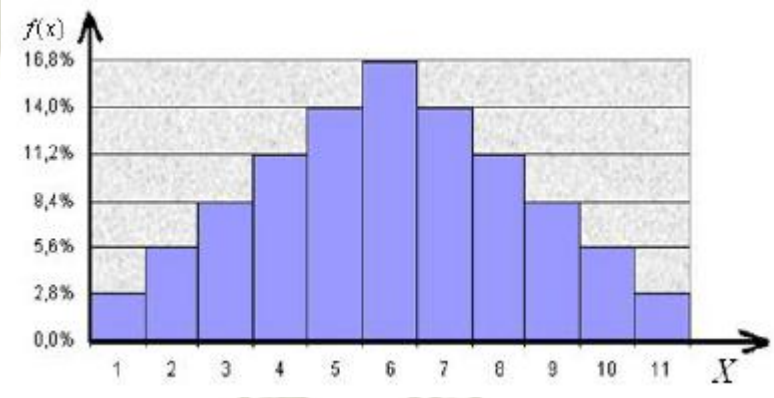
proceso casual o incierto. Estas variables deben ser tratadas estadísticamente como **discretas o continuas.** (Aparicio, 1992)

La mayoría de los datos hidrológicos son continuos y deben ser analizados probabilísticamente utilizando distribuciones continuas de frecuencia. (Aparicio, 1992)

5.13.2.2.1 Funciones de Probabilidad Discretas

Cuando el numero n de valores que puede tomar una variable aleatoria X es finito, se dice que la variable aleatoria X es discreta. A la función y grafica que asocia una probabilidad a dicha variable aleatoria X se denomina función de probabilidad discreta $f(x_i)$. Esta función representa la probabilidad que tomara la variable aleatoria X, generalmente se representa por un gráfico de barras para cada valor de la variable aleatoria X. (Aparicio, 1992)

Figura Nro. 5.13.2.2.1.1 Función de probabilidad discreta



5.13.2.2.2 Funciones de Probabilidad Continuas

Cuando el numero n de valores puede tomar una variable aleatoria X es infinito, se dice que la variable aleatoria X es continua. Este tipo de variables es más frecuente en hidrología. (Aparicio, 1992)

La función que asocia una probabilidad a dicha variable se denomina función de probabilidad continua o función de

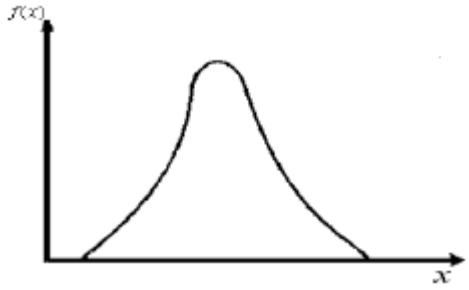
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

densidad $f(x_i)$. Esta función representa la probabilidad que toma una variable aleatoria X. (Aparicio, 1992)

Figura Nro. 5.13.2.2.2.1 Función de probabilidad continúa



5.13.2.3 Función de Distribución Acumulada

Si X es una variable aleatoria discreta o continua, se define la función de distribución acumulada F(x), como la probabilidad de que la variable aleatoria X tome cualquier valor menor o igual a X y se designa por:

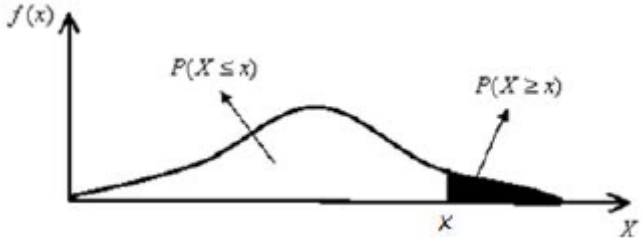
$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x)}$$

Que es conocida como probabilidad de no excedencia o:

$$\boldsymbol{1 - F(x) = 1 - P(X \leq x) = P(X \geq x)}$$

Que es conocido como probabilidad de excedencia

Figura Nro. 5.13.2.3.1 Probabilidad de excedencia y no excedencia



Tal que:

$$\boldsymbol{P(X \leq x) + P(X \geq x) = 1}$$

En hidrología la variable más frecuente es una variable continua, se analizará la función de distribución acumulada de esta variable, que está representada por:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

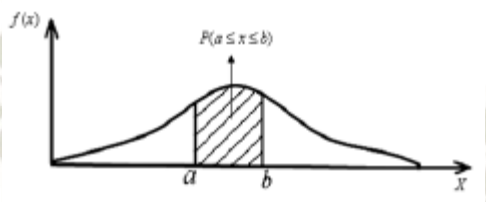
$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx$$

En el caso que la función empiece en -∞, de esto se deduce que:

$$P(a \leq x \leq b) = F(b) - F(a) = \int_{a}^{b} f(x)dx$$

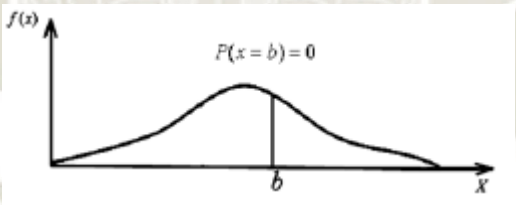
Lo que significa que la probabilidad de un evento $a \leq x \leq b$, es igual al área que hay bajo la curva de la función de densidad $f(x_i)$ entre x = a y x = b

Figura Nro. 5.13.2.3.2 Probabilidad de un evento a ≤ x ≤ b



Se concluye que la probabilidad puntual es cero, porque el área bajo la curva es cero.

Figura Nro. 5.13.2.3.3 Probabilidad puntual



Por otro lado, se tiene que el rango de F(x) es:

$$0 \leq F(x) \leq 1$$

Es decir que la función de distribución acumulada está en el rango de cero y la unidad o 100% dependiendo si se trabaja en porcentajes o decimales.

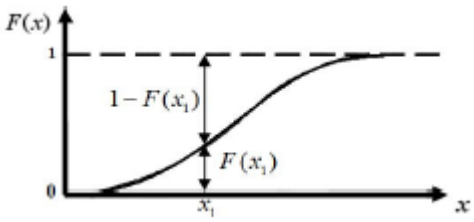
La función de distribución acumulada se representa de la siguiente manera:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.13.2.3.4 Función de distribución acumulada



Nos permite ver el porcentaje de las observaciones que están por encima $F(x_i)$ o debajo $1 - F(x_i)$ del valor x_i con respecto al total.

5.13.2.4 Periodo de Retorno

El periodo de retorno **"T"** de un evento con una magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia a tiempo medio, en años, en que ese evento es igualado o superado por lo menos una vez. A medida que **"T"** se incrementa, los costos de capital de la estructura aumentan, pero los daños esperados disminuyen, debido a que se proporciona una mejor protección. La fijación del periodo de retorno **"T"** obedece a criterios relacionados con la vida útil de la obra, el tipo de la estructura, la facilidad de reparación en caso de daños y el peligro de pérdidas de vidas humanas en caso de fallas. (Aparicio, 1992)

Si **"T"** es el periodo de retorno, la probabilidad de ocurrencia **"P"** es: 1/T

Estadísticamente el periodo de retorno es la inversa de la probabilidad de excedencia, es decir:

$$\boldsymbol{T = \frac{1}{P(X \geq x)}}$$

O también puede ser representada por la probabilidad de no excedencia:

$$\boldsymbol{T = \frac{1}{1 - P(X \geq x)}}$$

5.13.2.5 Riesgo de Falla

Por lo general el ingeniero diseña una obra a partir resistir una avenida de cierta magnitud.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se define el riesgo de falla R de un diseño como la probabilidad de que la avenida para la cual se diseña la obra sea excedida en el transcurso de N años, esto considerado como una situación de riesgo, pues la obra se diseña para soportar cierta avenida máxima y crecientes mayores podrían hacerle daño o incluso destruirla, poniendo en riesgo vidas humanas e infraestructuras que estén aguas abajo. (MTC, 2016)

El diseño de una estructura para el control de agua incluye la consideración de **"RIESGOS"** este **"RIESGO NATURAL O INHERENTE"** de falla surge debido a la variabilidad aleatoria del fenómeno hidrológico y puede calcularse utilizando la ecuación:

$$R = 1 - (1 - \frac{1}{T})^n$$

Dónde:

R: Probabilidad que un evento máximo ocurra por lo menos una vez en "n" años

n: vida útil de la estructura

T: periodo de retorno de diseño

Cuadro Nro. 5.13.2.5.1 Riesgo de falla

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.1	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.2	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.5	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: Monalve, 1999

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.14 PRECIPITACIÓN MÁXIMA

Para determinar la PRECIPITACION MAXIMA DE DISEÑO, se precisa de la **"vida útil de la estructura o esperada del proyecto"**, **"el riesgo de falla"** y **"el periodo de retorno de la tormenta"**

El procedimiento usado para la estimación de la precipitación máxima de diseño es la siguiente

1. Se escoge la vida esperada de la estructura n; (1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 años)
2. Se escoge determinados porcentajes de riesgo de falla (10, 20, 25, 50%, etc.)
3. Para cada vida esperada del proyecto y riesgo de falla, se estima cual es el periodo de retorno real con la siguiente expresión:

$$R = 1 - (1 - \frac{1}{T})^n$$

4. Se calcula precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno y se grafica en papel de probabilidad, para luego seleccionar el periodo de retorno de diseño y en función a este encontrar la precipitación máxima de diseño.

5.15 DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD

El diseño y la planeación de obras hidráulicas, están siempre relacionados con eventos hidrológicos futuros, cuyo tiempo de ocurrencia no puede predecirse, es por eso que se debe recurrir al estudio de la probabilidad o frecuencia. *(Linsley et al, 1988)*

La definición de la probabilidad implica consignar dos conceptos; **uno de ellos es el periodo de retorno**, el cual está definido, como el tiempo que transcurre entre dos sucesos iguales, sea ese tiempo, **T**. *(Pizarro y Novoa,1986)*

El segundo concepto es la probabilidad de excedencia, que es la probabilidad asociada al periodo de retorno, donde la variable aleatoria toma un valor igual o superior a cierto número X y se define como:

$$P(x) = \frac{1}{T}$$

La probabilidad de que un valor de la variable aleatoria no sea excedido, está dado por la función de distribución de probabilidad F(x), la cual se expresa de la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

siguiente manera:

$$\boldsymbol{F(x) = \int_0^x f(x)dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T}}$$

Luego la probabilidad de que la variable aleatoria sea mayor que X, se expresa como:

$$\boldsymbol{P(x > X) = 1 - F(x) = \frac{1}{T}}$$

Para graficar los datos hidrológicos, primero debemos ordenar los valores de 1 hasta n (**número de años registrados**) en orden creciente de magnitud (**eventos extremos de inundaciones**). Es decir, el dato de mayor magnitud tendrá una posición m = 1 y el de menor magnitud tendrá una posición m = n el rango m y el número de años n se utilizarán para calcular la posición de los datos y para efectuar una estimación empírica de la frecuencia F y el periodo de retorno T. En hidrología se le llama la posición de graficacion o probabilidad empírica o experimental o probabilidad asignada (probabilidad acumulada experimental) y para la clasificación de posición más común para obtener el periodo de retorno T es por medio de la fórmula de Weibull:

- **Conclusión**

El reglamento para delimitación y mantenimiento de faja marginales en cursos fluviales y cuerpo de agua naturales y artificiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua **R.J. Nro. 300-2010-ANA**, recomienda (**art. 9.2**) que lo estudios de **Fajas Marginales** se utilice un periodo de retorno de **50 años** para estimar los caudales máximo de diseño para tramos del curso de agua con asentamientos agrícolas y un periodo de retorno de **100 años** en áreas urbanas. Por consiguiente, para el presente estudio de Tesis se utilizará un periodo de retorno de 100 años por la presencia de infraestructura vial construida en el cauce del rio Socabaya.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.15.1 Probabilidades

Formula Empírica	Probabilidad Experimental Acumulada P
California	$\frac{m}{n}$
Hazen	$\frac{m-\frac{1}{2}}{n}$
Weibull	$\frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{n+1}}$
Chegadayev	$\frac{m-0.3}{n+0.4}$
Blom	$\frac{m-\frac{3}{8}}{n+\frac{1}{4}}$
Tukey	$\frac{3m-1}{3n+1}$
Gringorten	$\frac{m-a}{n+1-2a}$

5.16 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES PROBABILÍSTICAS

Una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste a una distribución de un

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en sus parámetros asociados. El ajuste de distribuciones puede llevarse a cabo por el **método de los momentos o el método de la máxima verosimilitud**. (Hidrologia Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays Pag. 374, 1994)

El método de la máxima verosimilitud teóricamente es el más correcto para ajustar distribuciones de probabilidad a información en el sentido de que produce los estimativos de parámetros más eficientes, aquellos que estiman los parámetros de la población con los menores errores promedio. Pero, para algunas distribuciones de probabilidad, no existe solución analítica para todos los parámetros en términos de las estadísticas de la muestra y la función logaritmo de verosimilitud debe maximizarse numéricamente, lo cual puede ser bastante difícil. En general, el método de los momentos es más fácil de aplicar que el método de la máxima verosimilitud y es más apropiado para análisis prácticos en hidrología. (Hidrologia Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays Pag. 378, 1994)

Existen varias técnicas para la estimación de los parámetros de una distribución, dentro de las cuales se puede mencionar:

- **Método de momentos.**
- Método de máxima verosimilitud.
- Método de mínimos cuadrados.

El objetivo de la estimación de los parámetros es de relacionar los registros observados (**media, varianza, sesgo, etc.**) de un fenómeno aleatorio, con el modelo probabilístico seleccionado. **En este proyecto se desarrollará el método de Momentos.**

5.17 FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD USADAS EN HIDROLOGIA

El comportamiento de las variables aleatorias discretas o continuas se describe con la ayuda de Distribuciones de Probabilidad.

Una función f(x) es llamada función de probabilidad o función de densidad de la variable aleatoria continúa X, si cumple con las siguientes condiciones:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la estadística existen decenas de funciones de distribución de probabilidad teórica y obviamente no es posible probarlas todas para un problema particular, por lo tanto, es necesario escoger uno de esos modelos, el que se adapte mejor al problema bajo análisis.

Para el análisis de las precipitaciones máximas de 24 horas de la cuenca del río Socabaya, se han utilizado como ya se ha indicado los últimos 21 registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas completas y consistentes (**1995-2015**), para ello se ajustaron a nueve distribuciones de probabilidades las cuales se detallan a continuación:

- Distribución Normal Estándar.
- Distribución Log Normal.
- Distribución Log Normal II Parámetros.
- Distribución Log Normal III Parámetros.
- Distribución Gumbel (Distribución extrema Tipo I).
- Distribución Log Gumbel.
- Distribución Gamma II Parámetros.
- Distribución Pearson tipo III (Distribución Gamma III Parámetros)
- Distribución Log Pearson Tipo III.

5.17.1 Distribución Normal Estándar

La distribución normal es una distribución simétrica en forma de campana, también conocida como campana de Gauss.

La función Normal es el modelo más utilizado y con mayor importancia en el campo de la estadística. Sin embargo, su uso es muy limitado en hidrología, dado que las variables raramente se comportan de esta forma. *(Varas y Bois, 1998)*

Una aplicación en hidrología es como referencia para comparar varias distribuciones teóricas de ajuste en una distribución empírica *(Hidrología Estadística, Máximo Villon Bejar, Pag. 204, 2005)*

5.17.1.1 Función de Densidad de Probabilidad Normal

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.17.1.2 Función de Distribución de Probabilidad Normal

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2} dx$$

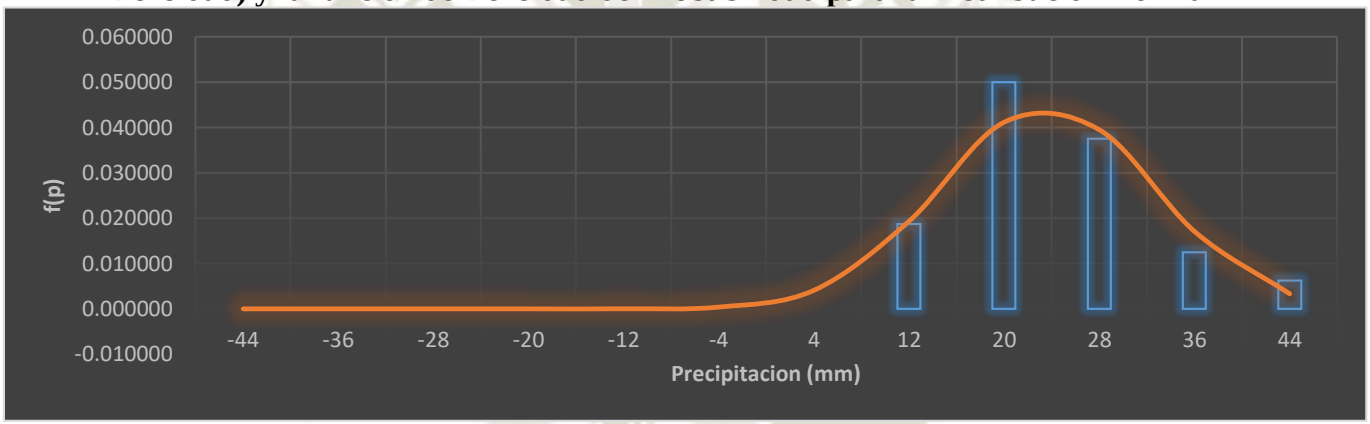
Dónde:

X: Variable aleatoria.

μ: La Media.

σ: La Desviación estándar.

Gráfica Nro. 5.17.1.1 Comparación entre la Distribución Empírica (Histograma de Densidad) y la función de Densidad de Probabilidad para la Distribución Normal



Por consiguiente, la media y desviación estándar de los datos de precipitación máxima por el método de isoyetas son:

1	**Nro. Datos =**	20.000
2	**Media =**	23.578
3	**Des. Est. =**	8.959
4	**Coef. Asim. =**	0.760

De la ecuación

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x)}$$

Por lo tanto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\boldsymbol{P(X \leq x) = \frac{T-1}{T}}$$

Entonces, para T = 100 años la función de distribución de probabilidad es:

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x)} = \frac{99}{100} = 0.99$$

Para resolver esta función se recurren a métodos numéricos para evaluarla, y para hacer esto más sencillo se le ha asignado una variable estandarizada (**factor de frecuencia**), cuya expresión es la siguiente:

$$\boldsymbol{z = \frac{x-\mu}{\sigma}}$$

Por consiguiente, de la Tabla 1 del apéndice A. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 284, 1992)*

Z = 2.3267

La cual está normalmente distribuida con media cero y desviación estándar unitaria. Así, la función principal queda como:

$$\boldsymbol{F(x) = F(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz}$$

Por lo tanto, despejando x, se tiene:

$$\boldsymbol{x = z\sigma + \mu}$$

$$\boldsymbol{x} = 2.3267 * 8.959 + 23.578$$

$$\boldsymbol{x} = 44.4230\ mm$$

el valor de z correspondiente a una probabilidad de excedencia de p(p=1/T) puede calcularse también encontrando el valor de una variable intermedia w.

$$\boldsymbol{w = \left[ln(\frac{1}{p^2})\right]^{1/2}}$$

Cuando (0 < P < = 0.5)

Cuando P > 0.5, entonces se sustituye P por 1 – P

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Y luego calculado z, utilizando la aproximación:

$$\boldsymbol{Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}}$$

El error de esta fórmula es menor que 0.00045 en z (*Abramowitz y Stegun, 1965*)

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99}$$

$$\boldsymbol{w} = 3.0349$$

$$\boldsymbol{Z} = 2.3268$$

$$\boldsymbol{P} = 44.4238\ mm$$

Entonces, según la Distribución Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 44.4238 mm

Cuadro Nro. 5.17.1.1 Distribución Normal – Método de Momentos

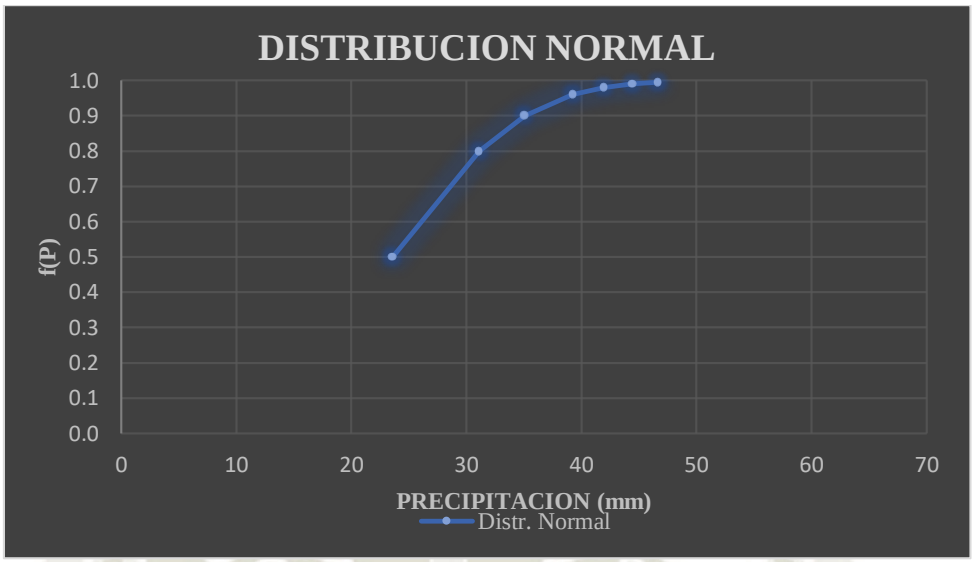
ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	23.5775
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	31.1163
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	35.0608
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	39.2658
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	41.9815
6	**100**	**0.9900**	**3.0349**	**2.3268**	**44.4238**
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	46.6587

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.17.1.2 Distribución Normal



5.17.2 Distribución Log Normal

Las variables físicas de interés en Hidrología (**precipitación, caudal, evaporación y otras**) son generalmente positivas, por lo cual es usual que presenten distribuciones asimétricas. Así, se ha propuesto aplicar una transformación logarítmica, donde Y = Ln X, está normalmente distribuida, luego X está distribuida en forma Normal. *(Varas y Bois, 1998)*

5.17.2.1 Función de Densidad de Probabilidad Log Normal

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\frac{1}{x\beta}e^{-\frac{1}{2}(\frac{lnx-\alpha}{\beta})^2}$$

5.17.2.2 Función de Distribución de Probabilidad Log Normal

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\frac{1}{x\beta}e^{-\frac{1}{2}(\frac{lnx-\alpha}{\beta})^2}dx$$

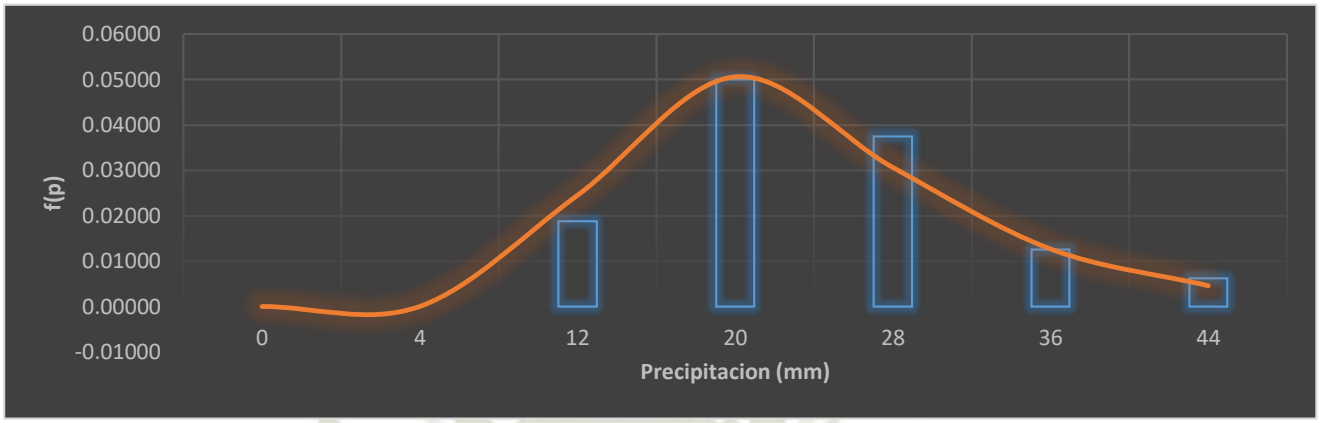
Donde e corresponde a la constante de Neper.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.17.2.1 Comparación entre la Distribución Empírica (Histograma de Densidad) y la función de Densidad de Probabilidad para la Distribución Log Normal



Donde los parámetros de la función son α y β, que son la media y la desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria, y están definidos como sigue:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n} \frac{lnx_i}{n}$$

$$\beta = \left[\sum_{i=1}^{n} (\frac{(lnx_i - \alpha)^2}{n}\right]^{1/2}$$

Por consiguiente, la media y desviación estándar de los datos son:

1	**Nro Datos =**	20.000
2	**Media =**	3.092
3	**Des. Est. =**	0.381
4	**Coef. Asim. =**	-0.066

Por consiguiente, de la tabla 1 del apéndice A. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 284, 1992)*

Z = 2.3267

Al igual que en la distribución normal, se le asigna a "z" los siguientes valores:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$z = \frac{lnx - \alpha}{\beta}$$

Despejando:

$$x = e^{z\beta + \alpha}$$

$$x = e^{2.3267 * 0.381 + 3.092}$$

$$x = 52.3042\ mm$$

Entonces, según la Distribución Log Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 52.3042 mm

Y luego calculado z, utilizando la aproximación:

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}$$

El error de esta fórmula es menor que 0.00045 en z *(Abramowitz y Stegun, 1965)*

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99$$

$$w = 3.0349$$

$$K_T = 2.3267$$

$$Y = \overline{Y} + K_T * S_Y$$

$$Y = 1.343 + 2.3268 * 0.166$$

$$Y = 1.7283$$

$$10^{1.7283} = 53.4943\ mm$$

Entonces, según la Distribución Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 53.4943 mm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

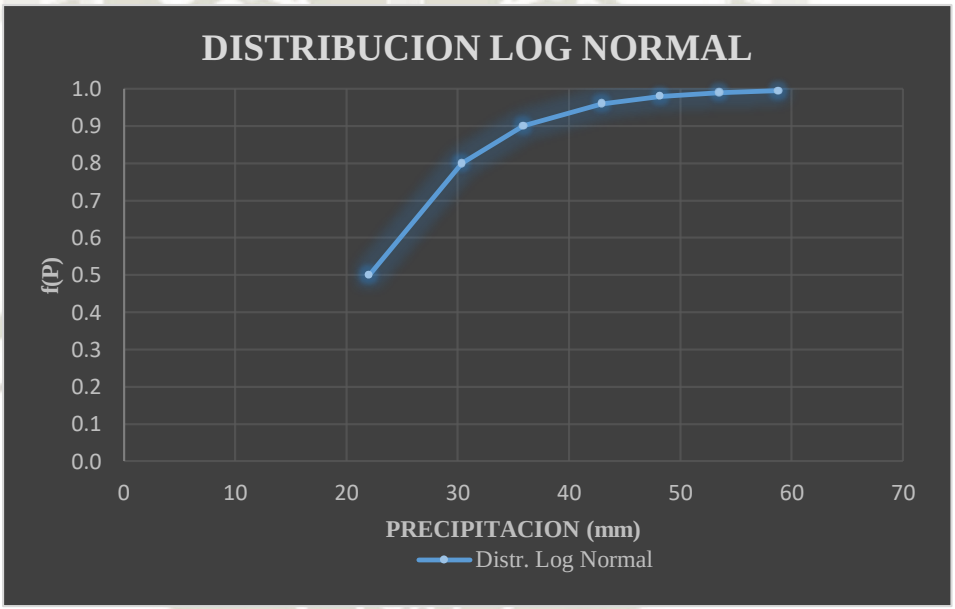
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.17.2.1 Distribución Log Normal – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	1.3429	22.0267
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	1.4823	30.3606
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	1.5552	35.9110
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	1.6330	42.9496
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	1.6832	48.2126
6	**100**	**0.9900**	**3.0349**	**2.3268**	**1.7283**	**53.4943**
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	1.7696	58.8330

Grafica Nro. 5.17.2.2 Distribución Log Normal



5.17.3 Distribución Log Normal II Parámetros

Esta distribución es muy usada para el cálculo de valores extremos por ejemplo Q máximo, Q mínimo, P máximo, P mínimo. Tiene la ventaja que X>0 y que la transformación Log tiende a reducir la asimetría positiva ya que al sacar logaritmos se reduce en mayor proporción los datos mayores que los menores. (Máximo Villon Bejar, 2005)

Si la variable aleatoria Y = log X está normalmente distribuida, entonces se dice que X está distribuida en forma log normal. Esta función fue estudiada por primera vez por Galton en el año de 1875, por eso es que se le llama también función de **Galton**. (Máximo Villon Bejar, 2005)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.17.3.1 Función de Densidad de Probabilidad Log Normal II

Parámetros

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{lnx-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2}$$

Donde:

μ_y: Media de los logaritmos naturales.

σ_y: Desviación estándar de los logaritmos naturales.

5.17.3.2 Función de Distribución de Probabilidad Log Normal II

Parámetros

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{lnx-\mu_y}{\sigma_y})^2} dx$$

f(y) = es la función de densidad de la distribución normal para Y con media μ_y y variancia σ_y^2.

f(x) = es la función de densidad de la distribución Log- Normal para X con parámetro μ_y y σ_y^2.

Las tablas de distribución normal estándar pueden ser usadas para evaluar la distribución Log Normal

Entonces la media y desviación estándar de los datos son:

1	**Nro Datos =**	20.000
2	**Media =**	3.092
3	**Des. Est. =**	0.381
4	**Coef. Asim. =**	-0.066

Por consiguiente, de la tabla 1 del apéndice A. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 284, 1992)*

Z = 2.3267

Si

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{lnx - \mu_y}{\sigma_y}$$

Entonces se obtiene, la distribución normal estándar:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

$$\mathbf{Z \sim N\ (0,1)}$$

$$Y = \mu + Z * \sigma$$

$$Y = 3.0923 + 2.3267 * 0.3814$$

$$Y = 3.9795$$

$$Y = lnx \Rightarrow P = e^{y}$$

$$Y = e^{3.9795}$$

$$Y = 53.4926\ mm$$

Entonces, según la distribución Log Normal de II Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 53.4926 mm

Cuadro Nro. 5.17.3.1 Distribución Log Normal II Parámetros – Método de Momentos

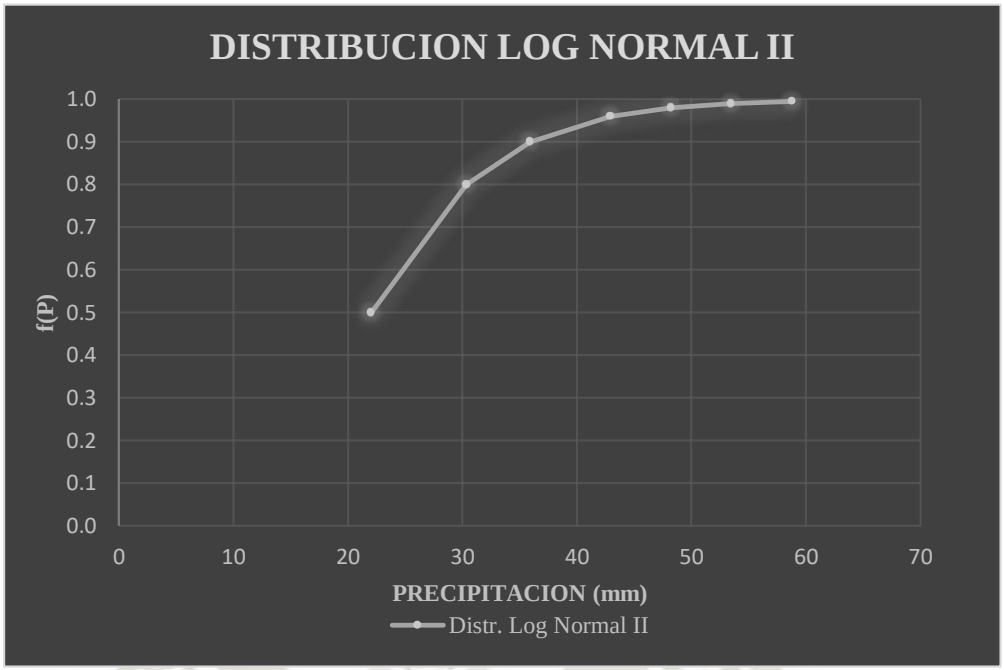
ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	0.0000	3.0923	22.0267
2	5	0.8000	0.8415	3.4132	30.3611
3	10	0.9000	1.2817	3.5810	35.9106
4	25	0.9600	1.7511	3.7600	42.9500
5	50	0.9800	2.0540	3.8755	48.2091
6	**100**	**0.9900**	**2.3267**	**3.9795**	**53.4926**
7	200	0.9950	2.5750	4.0742	58.8053

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grafica Nro.5.17.3.1 Distribución Log Normal II Parámetros



5.17.4 Distribución Log Normal III Parámetros

Es una función de distribución análoga a la anterior con la única diferencia que el límite inferior no es cero, fue introducida por primera vez por R. Gibrart el cual la llamó la ley de efectos proporcionales. (Máximo Villon Bejar, 2005). Difiere de la distribución Log Normal de II parámetros por la introducción de un límite inferior X_O tal que:

$$\boldsymbol{y = Ln(X - X_O)}$$

5.17.4.1 Función de Densidad de Probabilidad Log Normal III Parámetros

$$\boldsymbol{f(x) = \frac{1}{(x - x_o)\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{ln(x-x_o)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{x_o}$**:** Parámetro de posición.

$\boldsymbol{\mu_y}$: Parámetro de escala o media.

$\boldsymbol{\sigma_y^2}$: Parámetro de forma o varianza.

Haciendo la transformación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$y = Ln(X - X_O)$$

La función de densidad reducida es:

$$F(y) = \frac{1}{(\sigma_y)\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y})^2}, para -\infty < y < +\infty$$

Si:

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \Rightarrow f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}z^2}$$

5.17.4.2 Función de Distribución de Probabilidad Log Normal III Parámetros

$$F(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-z^2}{2}} dz$$

Donde:

$$z = \frac{ln(x - x_o) - \mu_y}{\sigma_y}$$

$\mu_y,\ \sigma_y, x_o$ son los parámetros de la distribución log normal de III parámetros.

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los datos son:

1	**Nro Datos =**	20.000
2	**Media =**	23.578
3	**Des. Est. =**	8.959
4	**Coef. Asim. =**	0.760

Por consiguiente, de la tabla 1 del apéndice A. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 284, 1992)*

Z = 2.3267

Se deduce lo siguiente:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{g - 0.52}{4.85}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\boldsymbol{\sigma_y} = 0.223$$

$$\boldsymbol{\sigma^2{}_y} = 0.050$$

$$\boldsymbol{\sigma^2{}_x} = 80.268$$

$$\mu_y = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\left[\boldsymbol{ln}\left(\frac{\boldsymbol{\sigma^2{}_x}}{\boldsymbol{e^{\sigma^2{}_y}} - \mathbf{1}}\right) - \boldsymbol{\sigma^2{}_y}\right]$$

$$\mu_y = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\left[\boldsymbol{ln}\left(\frac{\mathbf{80.268}}{\boldsymbol{e^{0.05}} - \mathbf{1}}\right) - \mathbf{0.05}\right]$$

$$\mu_y = 3.683$$

$$\boldsymbol{X_o} = \mu_x - \boldsymbol{e}^{(\mu_y + \frac{\boldsymbol{\sigma_y^2}}{\mathbf{2}})}$$

$$\boldsymbol{X_o} = \mathbf{3.683} - \boldsymbol{e}^{(\mathbf{3.683} + \frac{\mathbf{0.05}}{\mathbf{2}})}$$

$$\boldsymbol{X_o} = -17.173$$

$$\boldsymbol{Y} = \mu_y + \boldsymbol{Z} * \boldsymbol{\sigma_y}$$

$$\boldsymbol{Y} = \mathbf{3.683} + \mathbf{2.3267} * \mathbf{0.223}$$

$$\boldsymbol{Y} = 4.2006$$

$$\boldsymbol{y} = \mathbf{ln}(\boldsymbol{x} - \boldsymbol{x_o}) \Rightarrow \boldsymbol{x} = \boldsymbol{x_o} + \boldsymbol{e^y}$$

$$\boldsymbol{x} = \mathbf{-17.173} + \boldsymbol{e}^{\mathbf{4.2006}}$$

$$\boldsymbol{x} = 49.5518\, mm$$

Entonces, según la Distribución Log Normal de III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 49.5518 mm

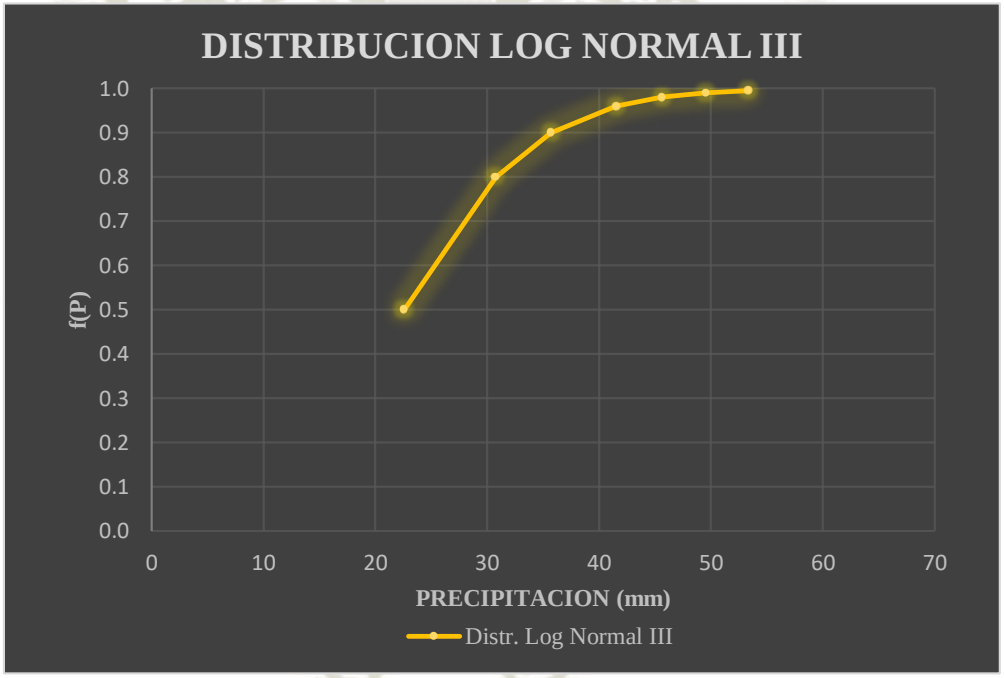
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.17.4.1 Distribución Log Normal III Parámetros – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	0.0000	3.6827	22.5805
2	5	0.8000	0.8415	3.8700	30.7693
3	10	0.9000	1.2817	3.9680	35.7046
4	25	0.9600	1.7511	4.0725	41.5281
5	50	0.9800	2.0540	4.1399	45.6222
6	**100**	**0.9900**	**2.3267**	**4.2006**	**49.5518**
7	200	0.9950	2.5750	4.2558	53.3433

Grafica Nro. 5.17.4.1 Distribución Log Normal III Parámetros



5.17.5 Distribución Gumbel (Distribución Extrema Tipo I)

Es una de las distribuciones usadas en el análisis de frecuencia hidrológico, es la distribución general de valores extremos. La cual ha sido ampliamente utilizada para representar el comportamiento de crecientes y sequias (**máximos y mínimos**). (Máximo Villon Bejer, 2005)

Si se tienen N muestras, cada una de las cuales contienen n eventos y si se selecciona el máximo de x de los n eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que n aumenta la función de distribución de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

probabilidad de x tiende a $\boldsymbol{F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}}$ *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio Pág. 263, 1992)*

5.17.5.1 Función de Densidad de Probabilidad Gumbel

$$\boldsymbol{f(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta)]-e^{-\alpha(x-\beta)}}}$$

5.17.5.2 Función de Distribución de Probabilidad Gumbel

$$\boldsymbol{F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \qquad para -\infty \leq x \leq \infty}$$

Dónde:

$\boldsymbol{X}$: Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

$\boldsymbol{e}$: Constante de Neper.

Los parámetros de la distribución de una muestra de tamaño infinito, tienden a los siguientes valores, en base a la media aritmética y la desviación estándar de la muestra:

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{1.2825}{S} \quad ; \quad \beta = \bar{X} - 0.45 * S}$$

Para muestras muy grandes:

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{\sigma_y}{S} \quad ; \quad \beta = \bar{X} - \frac{\mu_y}{\alpha}}$$

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los datos son:

1	**Nro Datos =**	20.000
2	**Media =**	23.578
3	**Des. Est. =**	8.959
4	**Coef. Asim. =**	0.760

Para 100 años de registro, de la Tabla 9.6 *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 264, 1992)*

$$\sigma_y = 1.0628$$

$$\mu_y = 0.5236$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{1.0628}{8.959}} \quad ; \quad \boldsymbol{\beta = 23.578 - \frac{0.5236}{\alpha}}$$

$$\boldsymbol{\alpha} = 0.1186 \quad ; \quad \boldsymbol{\beta} = 19.1636$$

$$\boldsymbol{Y = \beta - \frac{1}{\alpha} * \ln \ln \left(\frac{T}{T-1}\right)}$$

$$\boldsymbol{Z = -\ln\left(\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right)}$$

$$\boldsymbol{Z} = 4.6001$$

$$\boldsymbol{Y = \beta + \frac{Z}{\alpha}}$$

$$\boldsymbol{Y = 19.1636 + \frac{4.6001}{0.1186}}$$

$$\boldsymbol{Y} = 57.9422\ mm$$

Para la distribución de valor extremo Tipo I, *(Ven Te Chow,1953 pág. 402, 1994)* dedujo la siguiente expresión

$$\boldsymbol{K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} * \left\{0.5772 + ln\left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}}$$

$$\boldsymbol{K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} * \left\{0.5772 + ln\left[ln\left(\frac{100}{100-1}\right)\right]\right\}}$$

$$\boldsymbol{K_T} = 3.1367$$

$$\boldsymbol{x_T = \bar{X} + K_T * S}$$

$$\boldsymbol{x_T = 23.578 + 3.1367 * 8.959}$$

$$\boldsymbol{x_T} = 51.6798\ mm$$

Entonces, según la distribución Gumbel (**Valor Extremo Tipo I**) la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 51.6798 mm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

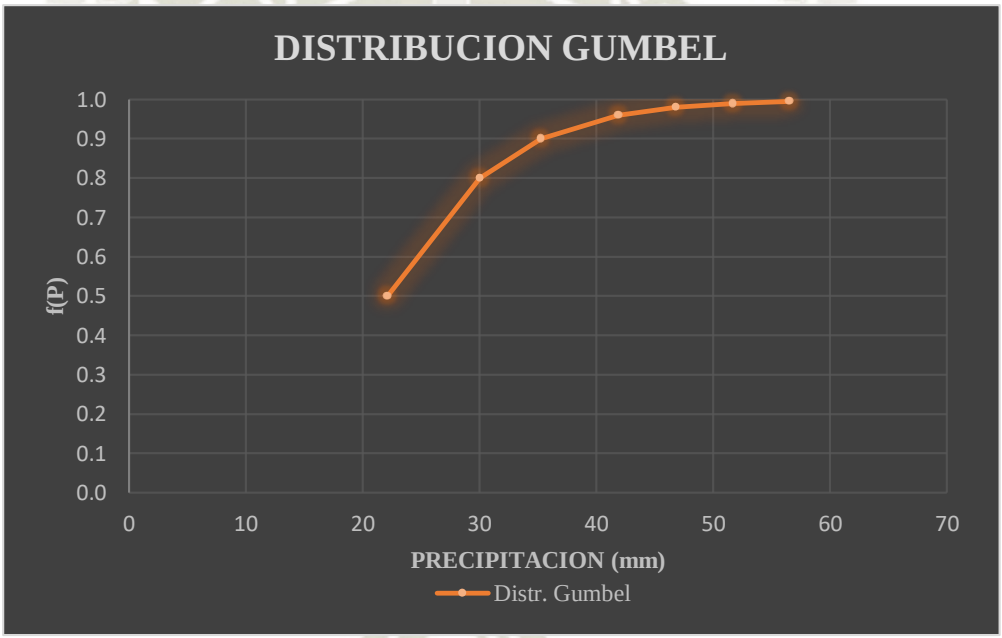
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.17.5.1 Distribución Gumbel – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	-0.1643	22.1057
2	5	0.8000	0.7195	30.0233
3	10	0.9000	1.3046	35.2654
4	25	0.9600	2.0438	41.8888
5	50	0.9800	2.5923	46.8025
6	**100**	**0.9900**	**3.1367**	**51.6798**
7	200	0.9950	3.6791	56.5394

Grafica Nro. 5.17.5.1 Distribución Gumbel



5.17.6 Distribución Log Gumbel

5.17.6.1 Función de Distribución de Probabilidad Log Gumbel es

$$F(x) = e^{-e^{-(\frac{x-\mu}{\alpha})}} \qquad para -\infty \leq x \leq \infty$$

La variable x se remplaza por ln x, se obtiene la función de distribución log Gumbel o distribución de frechet. (Máximo Villon Bejar, 2005)

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los logaritmos naturales de los datos son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1	**Nro Datos =**	20.000
2	**Media =**	3.092
3	**Des. Est. =**	0.381
4	**Coef. Asim. =**	-0.066

Entonces, para T = 100 años la función de distribución de probabilidad es:

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99}$$

Parámetros de la distribución Long Gumbel

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S}$$

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * 0.381}$$

$$\boldsymbol{\alpha} = 0.2973$$

$$\boldsymbol{\mu = \bar{X} - 0.45 * S}$$

$$\boldsymbol{\mu = 3.092 - 0.45 * 0.381}$$

$$\boldsymbol{\mu} = 2.9206$$

$$\boldsymbol{F(x) = e^{-e^{-(y)}} = 0.99}$$

$$\boldsymbol{F(x) = ln(\, e^{-e^{-(y)}}) = ln(0.99)}$$

$$\boldsymbol{F(x) = -e^{-y} = ln(0.99)}$$

$$\boldsymbol{F(x) = ln(-e^{-y}) = ln(ln(0.99))}$$

$$\boldsymbol{F(x) = -y = -4.6001}$$

$$\boldsymbol{F(x) = y} = 4.6001$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$y = \frac{lnx - \mu}{\alpha}$$

$$lnx = 4.2884$$

$$x = e^{4.2884}$$

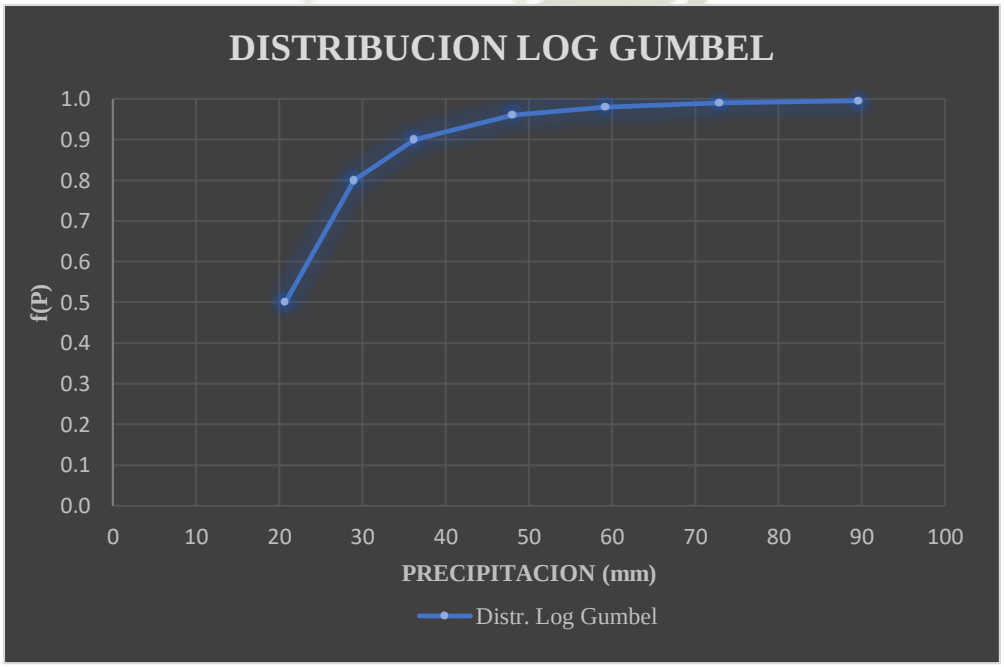
$$x = 72.853\ mm$$

Entonces, según la Distribución Log Gumbel la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 72.853 mm

Cuadro Nro. 5.17.6.1 Distribución Log Gumbel – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	0.3665	3.0296	20.689
2	5	0.8000	1.4999	3.3666	28.981
3	10	0.9000	2.2504	3.5898	36.226
4	25	0.9600	3.1985	3.8717	48.024
5	50	0.9800	3.9019	4.0808	59.195
6	**100**	**0.9900**	**4.6001**	**4.2884**	**72.853**
7	200	0.9950	5.2958	4.4953	89.594

Grafica Nro. 5.17.6.1 Distribución Log Gumbel



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.17.7 Distribución Gamma II Parámetros

Otra distribución que juega un papel importante en hidrología es la distribución gamma. Su aplicación es tan común, como el uso de la distribución log normal. (Máximo Villon Bejar, 2005)

5.17.7.1 Función de Densidad de Probabilidad Gamma II Parámetros

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)}$$

5.17.7.2 Función de Distribución de Probabilidad Gamma II Parámetros

$$F(x) = \int_0^x \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)} dx$$

La integral de la ecuación anterior puede evaluarse para valores dados de β y γ usando la tabla A.7 del apéndice *(Hidrología Estadística, Máximo Villon Béjar. Pág. 422, 2005)* en la cual se ha tabulado la función gamma. En la tabla se ingresa con los valores X^2(**Chi-Cuadrado**) y υ (**Grados de Libertad**) se determina os valores de la probabilidad de excedencia 1-F(x) siendo:

$$x^2 = \frac{2x}{\beta} \quad ; \quad \upsilon = 2\gamma$$

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los logaritmos naturales de los datos son:

1	**Nro Datos =**	20.000
2	**Media =**	3.092
3	**Des. Est. =**	0.381
4	**Coef. Asim. =**	-0.066

Parámetros de la distribución Gamma:

$$y = ln\bar{X} - \overline{lnX}$$

$$y = ln(23.578) - 3.092$$

$$y = 0.0680$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

(Greenwood y Durand, 1960), presentan las siguientes relaciones aproximadas:

$$\mathbf{0 \leq y \leq 0.5772}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{0.5000876 + 0.1648852 * y - 0.0544274 * y^2}{y}}$$

$$\mathbf{0.5772 < y \leq 17}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{8.898919 + 9.05995 * y + 0.9775373 * y^2}{y * (17.79728 + 11.968477 * y + y^2)}}$$

Como y = 0.0680 < 0.5772, se utiliza para el cálculo de $\boldsymbol{\gamma}$ la ecuación:

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{0.5000876 + 0.1648852 * y - 0.0544274 * y^2}{y}}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{0.5000876 + 0.1648852 * 0.0680 - 0.0544274 * 0.0680^2}{0.0680}}$$

$$\boldsymbol{\gamma} = 7.5113$$

de la ecuación se tiene;

$$\boldsymbol{\beta = \frac{\overline{X}}{\gamma}}$$

$$\boldsymbol{\beta = \frac{23.578}{7.5113}}$$

$$\boldsymbol{\beta} = 3.1389$$

Grado de libertad $\boldsymbol{\nu}$**,** para determinar la probabilidad de excedencia

$$\boldsymbol{\nu = 2 * \gamma = 15}$$

De la tabla A.7 del apéndice *(Hidrología Estadística, Máximo Villon Bejar. Pag. 422, 2005)*

Para $\boldsymbol{\nu}$ **= 15**, y 1 - F(x) = 0.01, se obtiene : $X^2 = 30.6115$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$x^2 = \frac{2x}{\beta} = \frac{2q}{\beta} \rightarrow q = \frac{\beta x^2}{2}$$

$$q = \frac{3.1389 * 30.6115}{2}$$

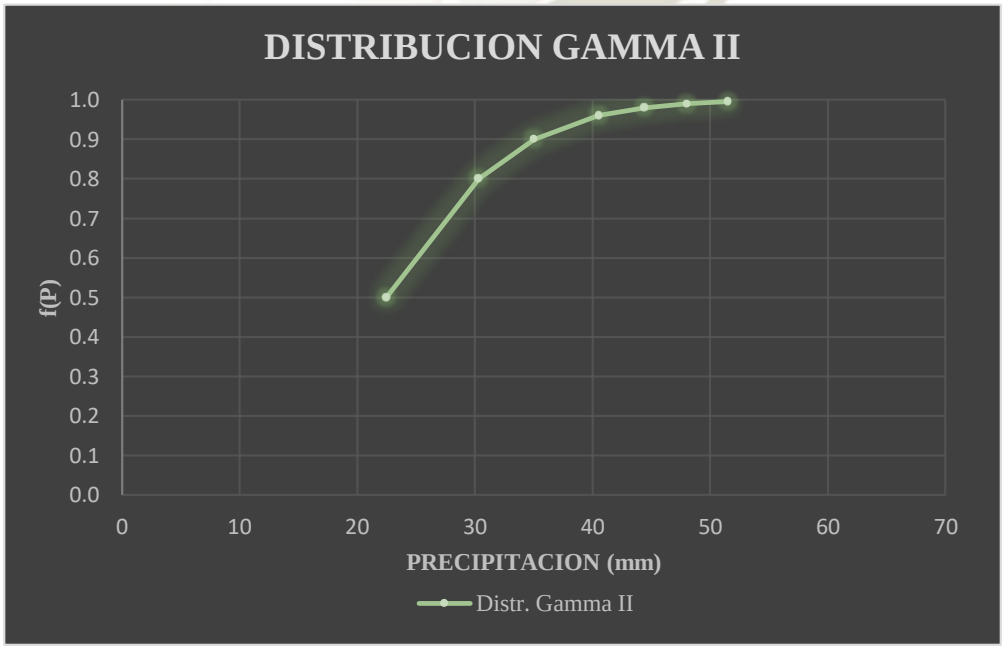
$$q = 48.0439\ mm$$

Entonces, según la Distribución Gamma II Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 48.0439 mm

Cuadro Nro. 5.17.7.1 Distribución Gamma II Parámetros – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	X^2	P (mm)
1	2	0.5000	0.5000	14.3401	22.5064
2	5	0.8000	0.2000	19.3153	30.3148
3	10	0.9000	0.1000	22.3297	35.0459
4	25	0.9600	0.0400	25.8339	40.5456
5	50	0.9800	0.0200	28.2865	44.3949
6	**100**	**0.9900**	**0.0100**	**30.6115**	**48.0439**
7	200	0.9950	0.0050	32.8229	51.5146

Grafica Nro. 5.17.7.1 Distribución Gamma II Parámetros



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.17.8 Distribución Pearson Tipo III o Gamma III Parámetros

Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología, como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, la función Gamma se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables tales como crecientes máximos anuales, caudales mínimos, volúmenes de flujo anuales y estacionales.

Señalan que esta distribución posee una gran flexibilidad y diversidad de forma, dependiendo de los valores de sus parámetros, asimilando su utilización para precipitaciones o caudales máximos anuales. *(Hidrologia Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. Pag. 386, 1994)*

5.17.8.1 Función de Densidad de Probabilidad Pearson Tipo III o Gamma III Parámetros

$$f(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{x-\delta}{\alpha} \right\}^{\beta-1} e^{-\frac{x-\delta}{\alpha}}$$

Donde α, β, δ son los parámetros de la función y Γ(β) es la función de Gamma. Los parámetros α, β, δ se evalúan a partir de n datos medidos. Asimismo, los parámetros de la distribución pueden ser estimados en función del promedio (x) y de la desviación estándar (S) de la muestra, por medio de las siguientes expresiones:

$$\alpha = \frac{s}{\sqrt{\beta}} \quad ; \quad \beta = \left(\frac{2}{\gamma}\right)^2 \quad ; \quad \delta = \bar{x} - \alpha\beta$$

Dónde:

γ: Coeficiente de sesgo

e: Constante de Neper

El coeficiente de sesgo, se define como,

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.17.8.2 Función de Distribución de Probabilidad Pearson tipo III o Gamma III Parámetros

$$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)} \left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)^{\beta-1} dx$$

Entonces, sustituyendo se alcanza la siguiente expresión:

$$y = \frac{x - \delta_i}{\alpha_i}$$

Finalmente, la ecuación queda como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int_0^y y^{\beta-1} e^{-y} dy$$

Siendo la anterior una función ji cuadrada con $2\beta_1$ grados de libertad y $X^2 = 2y$.

$$F(y) = F(x^2 v) = F_{x^2}(2y \mid 2\beta_1)$$

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los datos son:

1	**Nro Datos =**	20.000
2	**Media =**	23.578
3	**Des. Est. =**	8.959
4	**Coef. Asim. =**	0.760

Calculando valores de $\alpha, \beta \; y \; \delta$

$$g = \frac{2}{\sqrt{\beta}}$$

$$\beta = 6.92$$

$$S^2 = \alpha^2 * \beta$$

$$\alpha = 3.406$$

El valor de x^2 y el número de grados de libertad son entonces:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\boldsymbol{\nu} = \mathbf{2}\boldsymbol{\beta_1} = 2 * 6.92 = 13.84$$

De la tabla 4 del apéndice A *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 288, 1992)* se obtiene por interpolación para $\boldsymbol{\nu}$=13.84**;** $\boldsymbol{x^2_{0.99}}$= 28.9085

Siendo la anterior una función ji cuadrada con $\mathbf{2}\boldsymbol{\beta_1}$ grados de libertad y X² = 2y.

$$\boldsymbol{F(y) = F(x^2\nu) = F_{x^2}(2y \mid 2\beta_1)}$$

$$y = 14.4543$$

$$\boldsymbol{\delta} = \bar{\boldsymbol{x}} - \alpha * \boldsymbol{\beta}$$

$$\boldsymbol{\delta} = 23.578 - 3.406 * 6.92$$

$$\boldsymbol{\delta} = \mathbf{4}9.2371\ mm$$

Entonces, según la Distribución Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 49.2371 mm

Cuadro Nro. 5.17.8.1 Distribución Pearson Tipo III – Método de Momentos

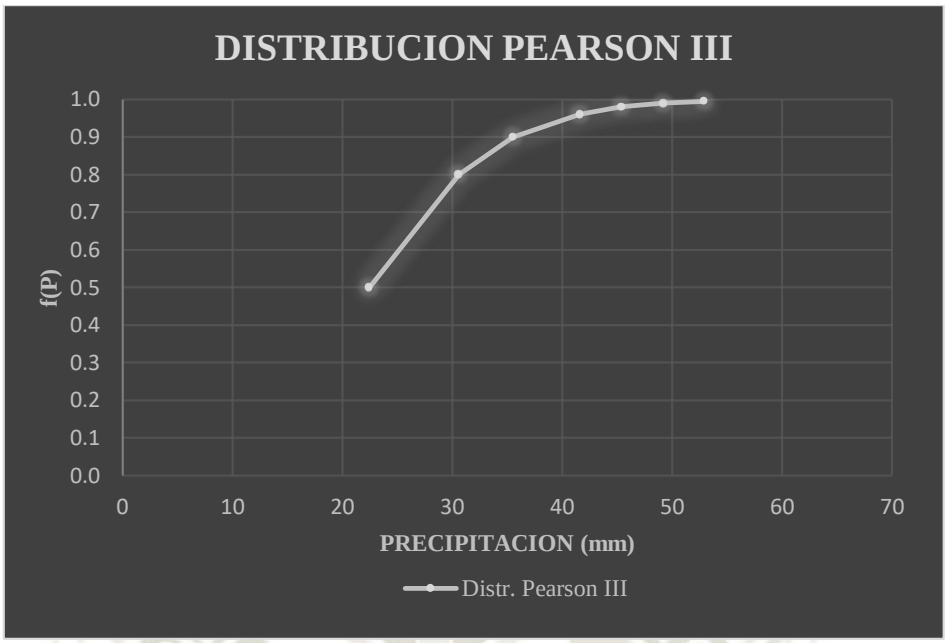
ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias X²	Y	P (mm)
1	2	0.5000	13.1792	6.5896	22.4519
2	5	0.8000	17.9644	8.9822	30.6005
3	10	0.9000	20.8637	10.4319	35.5377
4	25	0.9600	24.4431	12.2216	41.6330
5	50	0.9800	26.6487	13.3244	45.3889
6	**100**	**0.9900**	**28.9085**	**14.4543**	**49.2371**
7	200	0.9950	31.0790	15.5395	52.9332

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.17.8.1 Distribución Pearson Tipo III



5.17.9 Distribución Log Pearson Tipo III

Esta distribución es ampliamente usada en el mundo para el análisis de frecuencia de caudales máximos.

Si Log X sigue una distribución Pearson Tipo III, entonces se dice que X sigue una distribución Log - Pearson Tipo III. Esta es la distribución estándar para análisis de frecuencias de crecientes máximas. *(Hidrologia Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, Pag. 386, 1994)*

5.17.9.1 Función de Densidad de Probabilidad Log Pearson Tipo III

$$f(x) = \frac{(lnx - x_o)^{\gamma-1}\, e^{-\frac{lnx - x_o}{\beta}}}{x\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)}$$

Donde:

x_o: Parámetro de posición

β: Parámetro de escala

γ: Parámetro de forma

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.17.9.2 Función de Distribución de Probabilidad Log Pearson Tipo III

$$F(x) = \int_{x_o}^{x} \frac{(lnx - x_o)^{\gamma-1}\, e^{-\frac{lnx - x_o}{\beta}}}{x\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)}$$

Se toman los logaritmos de los datos y = log x, logaritmos con base10, luego se calcula sus estadísticas

1	**Nro Datos =**	20.000
2	**Media =**	1.343
3	**Des. Est. =**	0.166
4	**Coef. Asim. =**	-0.066

$$\overline{Logx} = \frac{\sum logx}{n}$$

$$\overline{Logx} = \frac{26.859}{20} = 1.3429$$

$$\sigma logx = \sqrt{\frac{\sum(logx - \overline{logx})^2}{n-1}}$$

$$\sigma logx = \sqrt{\frac{0.521}{20-1}} = 0.1656$$

Para Cs = -0.066, el valor de K_{100} se obtiene mediante interpolación en la tabla 12.3.1 *(Hidrologia Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, Pag. 404, 1994)*

$$K_{100} = 2.2772$$

$$Logx = \overline{logx} + K * \sigma_{logx}$$

$$Logx = 1.3429 + 2.2772 * 0.1656$$

$$Logx = 1.7201$$

$$x = 10^{1.7201}$$

$$x = 52.4923\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Entonces, según la Distribución Log Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 52.4923 mm

el valor de z correspondiente a una probabilidad de excedencia de p(p=1/T) puede calcularse también encontrando el valor de una variable intermedia w.

$$w = \left[ln(\frac{1}{p^2})\right]^{1/2}$$

Cuando (0 < P < = 0.5)

Cuando P > 0.5, entonces se sustituye P por 1 – P

Y luego calculado z, utilizando la aproximación:

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}$$

El error de esta fórmula es menor que 0.00045 en z "*Abramowitz y Stegun, 1965*"

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99$$

$$w = 3.0349$$

$$Z = 2.3268$$

Cuando Cs ≠ 0, KT se aproxima por *(Kite, 1977)* como:

$$K_T = Z + (Z^2 - 1) * k + \frac{1}{3} * (Z^3 - 6 * Z) * k^2 - (Z^2 - 1) * k^3 + Z * k^4 + \frac{1}{3} * k^5$$

Donde:

$$k = \frac{C_S}{6}$$

$$K_T = 2.2784$$

$$Y = \bar{Y} + K_T * S_Y$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\boldsymbol{Y = 1.343 + 2.2784 * 0.166}$$

$$\boldsymbol{Y} = 1.7203$$

Entonces

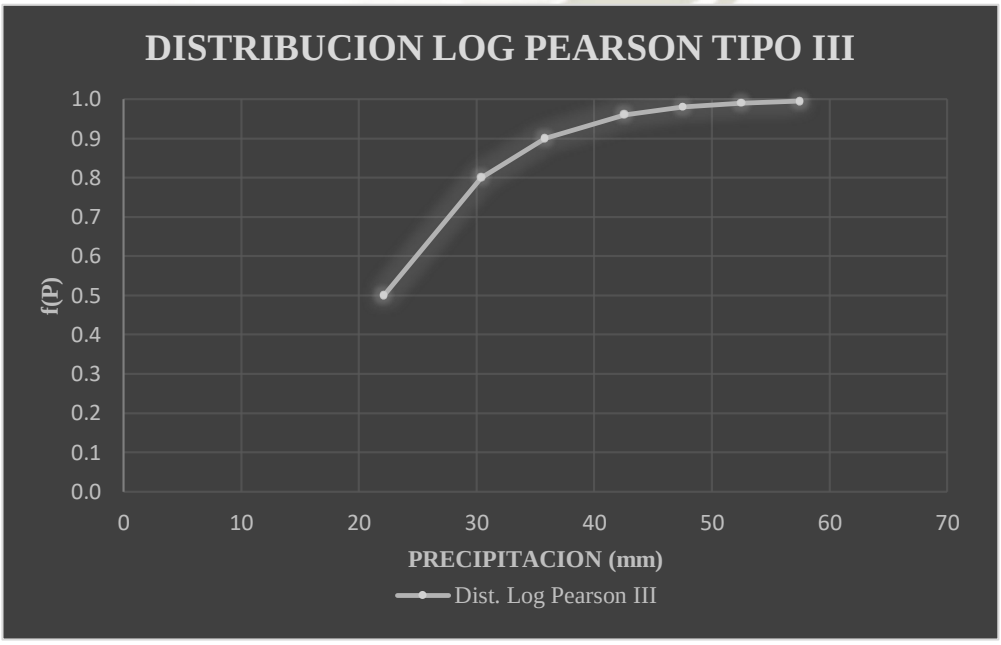
$$\boldsymbol{x_{100}} = 10^{1.7203} = 52.5154\ mm$$

Entonces, según la Distribución Log Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 52.5154 mm

Cuadro Nro. 5.17.9.1 Distribución Log Pearson Tipo III – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	KT	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	0.0110	1.3448	22.1189
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	0.8445	1.4828	30.3956
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	1.2745	1.5540	35.8115
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	1.7282	1.6292	42.5770
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	2.0188	1.6773	47.5655
6	**100**	**0.9900**	**3.0349**	**2.3268**	**2.2784**	**1.7203**	**52.5154**
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	2.5145	1.7594	57.4645

Grafica Nro. 5.17.9.1 Distribución Log Pearson Tipo III

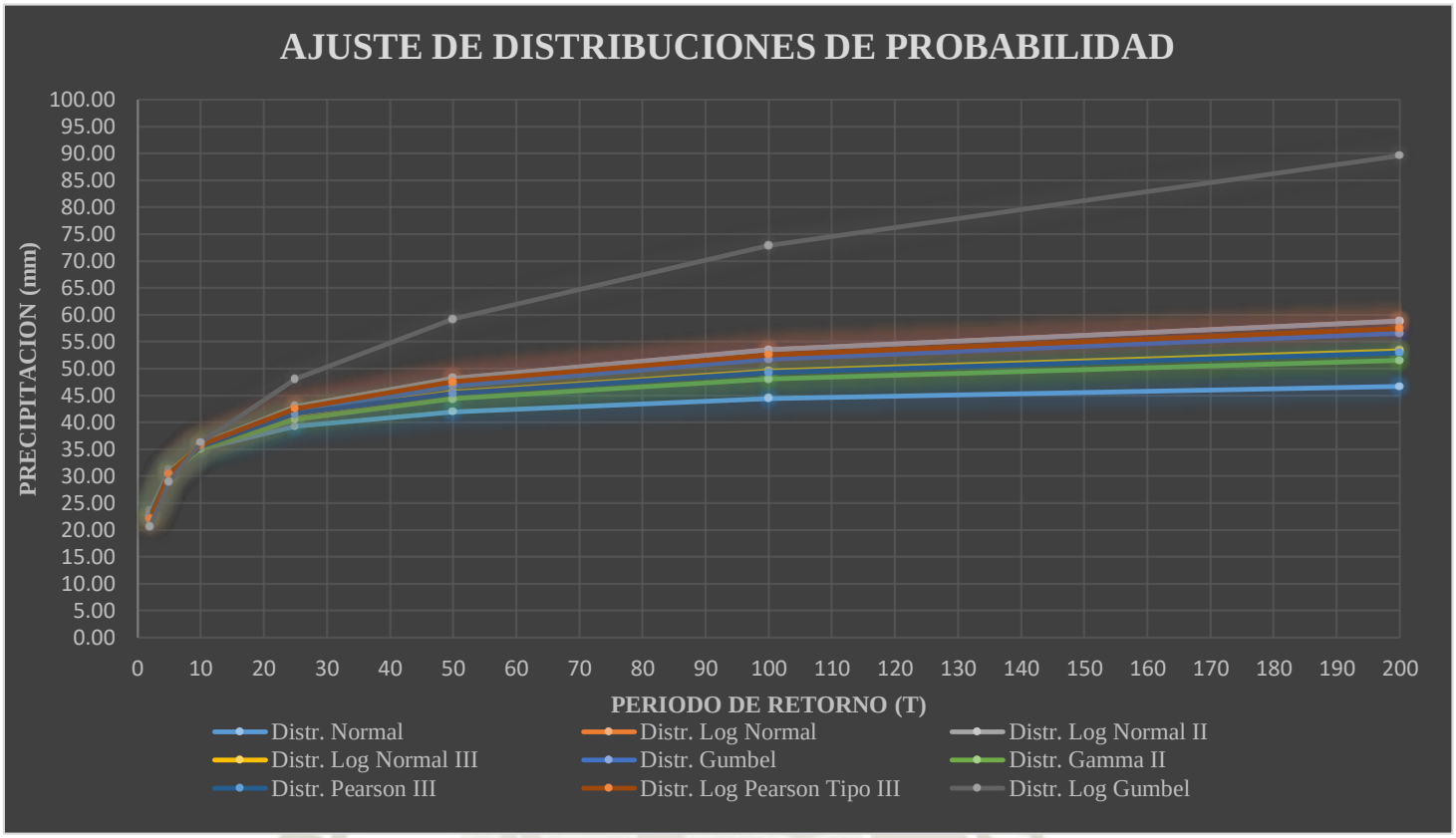


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.17.9.2 Resumen de Ajuste de Distribuciones de Probabilidad



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.17.9.2 Resumen de Modelos de Distribución de Probabilidad para diferentes Métodos de Precipitación Promedio I

Modelo de Distribucion de Probabilidad	Distr. Normal							Distr. Log Normal							Distr. Log Normal II						
	2	5	10	25	50	100	200	2	5	10	25	50	100	200	2	5	10	25	50	100	200
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Met. Aritmetico (3)	21.96	28.56	32.01	35.69	38.07	40.20	42.16	20.58	28.32	33.47	40.00	44.88	49.77	54.71	20.58	28.32	33.47	40.00	44.88	49.77	54.71
Met. Aritmetico (5)	24.47	31.85	35.71	39.82	42.48	44.87	47.06	22.98	31.33	36.84	43.79	48.96	54.12	59.33	22.98	31.33	36.84	43.79	48.96	54.12	59.33
Met. Poligono de Thiessen (3)	22.63	30.20	34.17	38.39	41.12	43.57	45.82	21.00	29.42	35.10	42.37	47.84	53.37	58.98	21.00	29.42	35.10	42.37	47.84	53.37	58.98
Met. Poligono de Thiessen (5)	24.35	32.12	36.19	40.53	43.33	45.85	48.15	22.77	31.28	36.94	44.10	49.44	54.80	60.20	22.77	31.28	36.94	44.10	49.44	54.80	60.20
Met. De Isoyetas (3)	23.58	31.12	35.06	39.27	41.98	44.42	46.66	22.03	30.36	35.91	42.95	48.21	53.49	58.83	22.03	30.36	35.91	42.95	48.21	53.49	58.83
Met. De Isoyetas (5)	24.80	32.56	36.62	40.95	43.75	46.26	48.56	23.26	31.70	37.27	44.29	49.51	54.73	59.98	23.26	31.70	37.27	44.29	49.51	54.73	59.98
Estacion Chiguata	22.08	31.73	36.79	42.17	45.65	48.78	51.65	19.64	29.66	36.81	46.32	53.74	61.43	69.41	19.64	29.66	36.81	46.32	53.74	61.43	69.41

Modelo de Distribucion de Probabilidad	Distr. Log Normal III							Distr. Gumbel							Distr. Log Gumbel						
	2	5	10	25	50	100	200	2	5	10	25	50	100	200	2	5	10	25	50	100	200
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Met. Aritmetico (3)	21.23	28.31	32.48	37.32	40.68	43.87	46.93	20.67	27.60	32.19	37.99	42.29	46.56	50.81	19.34	27.04	33.76	44.70	55.04	67.68	83.14
Met. Aritmetico (5)	24.00	31.70	36.01	40.83	44.08	47.09	49.92	23.02	30.78	35.91	42.39	47.20	51.98	56.74	21.63	29.95	37.15	48.77	59.68	72.92	89.04
Met. Poligono de Thiessen (3)	21.64	29.86	34.80	40.62	44.71	48.63	52.42	21.15	29.11	34.37	41.02	45.96	50.86	55.74	19.66	28.02	35.42	47.65	59.36	73.84	91.78
Met. Poligono de Thiessen (5)	23.14	31.69	36.97	43.31	47.83	52.22	56.52	22.83	31.00	36.40	43.23	48.30	53.33	58.34	21.40	29.88	37.26	49.25	60.57	74.38	91.28
Met. De Isoyetas (3)	22.58	30.77	35.70	41.53	45.62	49.55	53.36	22.11	30.02	35.27	41.89	46.80	51.68	56.54	20.69	28.98	36.23	48.02	59.20	72.85	89.59
Met. De Isoyetas (5)	23.46	32.07	37.48	44.05	48.80	53.44	58.02	23.28	31.43	36.83	43.65	48.71	53.73	58.74	21.90	30.31	37.58	49.32	60.34	73.71	89.97
Estacion Chiguata	20.04	30.94	38.08	47.03	53.64	60.24	66.85	20.19	30.33	37.05	45.53	51.83	58.08	64.30	18.12	27.94	37.22	53.47	69.96	91.35	119.2

Cuadro Nro. 5.17.9.3 Resumen de Modelos de Distribución de Probabilidad para diferentes Métodos de Precipitación Promedio II

Modelo de Distribucion de Probabilidad	Distr. Gamma II							Distr. Pearson Tipo III							Distr. Log Pearson Tipo III						
	2	5	10	25	50	100	200	2	5	10	25	50	100	200	2	5	10	25	50	100	200
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Met. Aritmetico (3)	20.02	26.97	31.18	36.07	39.49	42.74	45.83	21.48	28.37	32.23	36.77	39.48	42.17	44.71	21.10	28.46	32.83	37.86	41.30	44.50	47.52
Met. Aritmetico (5)	22.99	30.70	35.32	40.69	44.46	47.96	51.40	23.38	31.22	35.81	41.35	44.73	48.14	51.40	23.27	31.42	36.51	42.64	47.00	51.20	55.30
Met. Poligono de Thiessen (3)	22.08	30.05	34.87	40.57	44.50	48.26	51.89	21.30	29.44	34.38	40.46	44.21	48.05	51.74	21.12	29.47	34.96	41.85	46.93	51.99	57.05
Met. Poligono de Thiessen (5)	22.88	30.81	35.62	41.21	45.12	48.83	52.36	22.96	31.39	36.59	43.07	47.09	51.23	55.22	22.82	31.30	36.89	43.90	49.09	54.27	59.47
Met. De Isoyetas (3)	22.51	30.31	35.05	40.55	44.39	48.04	51.51	22.45	30.60	35.54	41.63	45.39	49.24	52.93	22.12	30.40	35.81	42.58	**47.57**	**52.52**	57.46
Met. De Isoyetas (5)	23.75	31.72	36.49	42.04	45.93	49.55	53.10	23.39	31.85	37.14	43.79	**47.93**	**52.21**	56.36	23.29	31.71	37.24	44.17	49.31	54.42	59.56
Estacion Chiguata	20.76	30.48	36.56	43.83	48.99	54.00	58.80	19.08	29.48	36.25	44.97	50.47	56.23	61.86	19.20	29.42	37.27	48.46	57.73	67.85	78.90

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.18 VERIFICACION DE LAS DISTRIBUCIONES MODELOS

Para un mejor análisis de los datos hidrológicos es necesario conocer el tipo o forma de distribución teórica que puede representar aproximadamente a la distribución empírica (**método estadístico**) de estos datos. Para averiguar cuan aproximada es esta distribución empírica a la teórica, es necesario realizar algunas pruebas estadísticas conocidas como prueba de ajuste. (Aparicio, 1992)

LAS PRUEBAS DE AJUSTE consisten en comprobar gráfica y estadísticamente si las frecuencias empíricas de la serie de registros analizados se ajustan a un determinado modelo probabilístico adoptado a priori, con los parámetros estimados en base a los valores muéstrales. Los ajustes más comunes son:

- Chi cuadrado
- Smirnov – Kolmogorov
- Método del error cuadrático mínimo

5.18.1 Prueba de Chi Cuadrado Xc^2

La prueba de Chi cuadrado fue propuesta por ***Karl Pearson***, para aplicar la prueba es necesario seguir el siguiente procedimiento:

1. Establecer una tabla de distribuciones de frecuencias observadas, los valores de frecuencias esperadas, teniendo en cuenta la distribución teórica a la que se desea ajustar.
2. Agregar a la tabla de distribución de frecuencias observadas, los valores de frecuencia esperada, teniendo en cuenta la distribución teórica a la que se desea ajustar.
3. Calcular el estadístico (Xc^2)

(Aparicio, 1992)

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dónde:

Xc^2: valor calculado de Chi cuadrado.

Oí: número de valores observados en el intervalo de clase i.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ei: número de valores esperados o predecidos en el intervalo de clase.

k: número de intervalos de clase en el que se agrupa los registros.

Una guía práctica empírica sugerida por Sturges para determinar el número de intervalos de clase es:

$$\boldsymbol{k = 1 + 3.33 * \log(n)}$$

n: longitud de registro (número de datos)

Determinar el Chi cuadrado tabular X²t de tablas existentes para un nivel de significancia, estos valores usualmente se pueden tomar: 1%, 5%, 10%

$$\boldsymbol{X_t{}^2 \alpha, (k - m - 1)}$$

Dónde:

(k-m-1): son los grados de libertad.

m: es el número de parámetros que intervienen en la prueba.

Se realizan las comparaciones entre ambos valores X²c (**calculado**) X²t (**tabular**)

Si $X^2c \leq X^2t$, se acepta la hipótesis de que los datos se aproximan estadísticamente a la distribución teórica en caso contrario se rechazan.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.18.1.1 Ajuste a una Distribución Normal

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.302	0.079	4.459	2.813
2	0.646	0.302	6.886	0.114
3	0.898	0.646	5.021	0.208
4	0.985	0.898	1.745	0.318
5	0.999	0.985	0.278	1.876
			18.389	**5.33**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 5.33 < 5.99$

Cuadro Nro. 5.18.1.2 Ajuste a una Distribución Log Normal

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.346	0.033	6.258	0.485
2	0.701	0.346	7.112	0.174
3	0.887	0.701	3.703	0.024
4	0.960	0.887	1.471	0.151
5	0.986	0.960	0.518	0.448
			19.062	**1.28**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 1.28 < 5.99$

Cuadro Nro. 5.18.1.3 Ajuste a una Distribución Log Normal II Parámetros

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.346	0.033	6.258	0.485
2	0.701	0.346	7.112	0.174
3	0.887	0.701	3.703	0.024
4	0.960	0.887	1.471	0.151
5	0.986	0.960	0.518	0.448
			19.062	**1.28**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 1.28 < 5.99$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.18.1.4 Ajuste a una Distribución Log Normal III Parámetros

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.328	0.054	5.475	1.164
2	0.683	0.328	7.113	0.174
3	0.892	0.683	4.185	0.008
4	0.971	0.892	1.572	0.208
5	0.993	0.971	0.438	0.720
			18.784	**2.27**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 2.27 < 3.84$

Cuadro Nro. 5.18.1.5 Ajuste a una Distribución Gumbel

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.358	0.070	5.753	0.878
2	0.672	0.358	6.277	0.012
3	0.857	0.672	3.708	0.023
4	0.942	0.857	1.696	0.286
5	0.977	0.942	0.701	0.128
			18.135	**1.33**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 1.33 < 5.99$

Cuadro Nro. 5.18.1.6 Ajuste a una Distribución Log Gumbel

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.393	0.003	7.813	0.004
2	0.752	0.393	7.169	0.191
3	0.888	0.752	2.720	0.602
4	0.942	0.888	1.089	0.007
5	0.967	0.942	0.496	0.511
			19.287	**1.32**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 1.32 < 5.99$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.18.1.7 Ajuste a una Distribución Gamma II Parámetros

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.372	0.042	6.610	0.292
2	0.691	0.372	6.372	0.022
3	0.898	0.691	4.154	0.006
4	0.974	0.898	1.508	0.171
5	0.994	0.974	0.412	0.839
			19.056	**1.33**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 1.33 < 5.99$

Cuadro Nro. 5.18.1.8 Ajuste a una Distribución Pearson III Parámetros

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.335	0.056	5.580	1.050
2	0.681	0.335	6.906	0.119
3	0.869	0.681	3.778	0.013
4	0.966	0.869	1.940	0.455
5	0.998	0.966	0.622	0.230
			18.826	**1.87**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 1.87 < 3.84$

Cuadro Nro. 5.18.1.9 Ajuste a una Distribución Log Normal Tipo III Parámetros

Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
1	0.346	0.033	6.258	0.485
2	0.701	0.346	7.112	0.174
3	0.887	0.701	3.703	0.024
4	0.960	0.887	1.471	0.151
5	0.986	0.960	0.518	0.448
			19.062	**1.28**

$\mathbf{X_c^2} < \mathbf{X_t^2} \Rightarrow 1.28 < 3.84$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **CONCLUSION:**

Luego de verificar la condición $\mathbf{X_c^2 < X_t^2}$ para cada función de distribución de probabilidad propuesta se tiene que:

Cuadro Nro. 5.18.1.10 Verificación de la función de Distribución de Probabilidad

METODO ESTADISTICO	PRUEBA ESTANDAR DE AJUSTE Xc^2		AJUSTE
	Xc^2	Xt^2	
Distr. Normal	5.33	5.99	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal	1.28	5.99	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal II	1.28	5.99	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal III	**2.27**	**3.84**	**AJUSTE ADECUADO**
Distr. Gumbel	1.33	5.99	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Gumbel	1.32	5.99	AJUSTE ADECUADO
Distr. Gamma II	1.33	5.99	AJUSTE ADECUADO
Distr. Pearson Tipo III	**1.87**	**3.84**	**AJUSTE ADECUADO**
Distr. Log Pearson Tipo III	**1.28**	**3.84**	**AJUSTE ADECUADO**

El análisis debe efectuarse con datos agrupados en intervalos de clase.

- El número de intervalos de clase debe ser por lo menos 5, se recomienda también que, para facilidad de los cálculos, el número de intervalos de clase no sea mayor a 20.

5.18.2 Método del Error Cuadrático Mínimo

Este método consiste en calcular, para cada función de distribución, el error cuadrático. (Aparicio, 1992)

$$\boldsymbol{C = \left[\sum_{i=1}^{n} (X_i - Y_i)^2\right]^{1/2}}$$

Dónde:

Xi: es el i-esimo dato estimado

Yi: es el i-esimo dato calculado con la función de distribución bajo análisis

N: número de datos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.18.2.1 Método del Error Cuadrático Mínimo - I

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO				NORMAL		LOG NORMAL		LOG NORMAL II		LOG NORMAL III		GUMBEL	
ITEM	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_o	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_e	$(x_e - x_o)^2$
1	0.0476	21.0000	46.07	38.5283	56.8769	41.6223	19.7821	41.6223	19.7821	40.0492	36.2499	40.6433	29.4494
2	0.0952	10.5000	36.38	35.3084	1.1482	36.2914	0.0078	36.2914	0.0078	35.7267	0.4268	35.6244	0.5710
3	0.1429	7.0000	32.99	33.1423	0.0232	33.0950	0.0110	33.0950	0.0110	33.0074	0.0003	32.6071	0.1466
4	0.1905	5.2500	30.85	31.4259	0.3316	30.7632	0.0075	30.7632	0.0075	30.9541	0.0108	30.4040	0.1989
5	0.2381	4.2000	30.61	29.9580	0.4251	28.9000	2.9241	28.9000	2.9241	29.2664	1.8054	28.6420	3.8731
6	0.2857	3.5000	30.12	28.6446	2.1768	27.3287	7.7915	27.3287	7.7915	27.8075	5.3477	27.1544	8.7951
7	0.3333	3.0000	25.52	27.4326	3.6580	25.9545	0.1888	25.9545	0.1888	26.5028	0.9659	25.8514	0.1098
8	0.3810	2.6250	25.27	26.2881	1.0365	24.7204	0.3020	24.7204	0.3020	25.3064	0.0013	24.6788	0.3495
9	0.4286	2.3333	24.74	25.1871	0.1999	23.5887	1.3255	23.5887	1.3255	24.1871	0.3057	23.6006	1.2983
10	0.4762	2.1000	23.35	24.1111	0.5793	22.5327	0.6679	22.5327	0.6679	23.1224	0.0518	22.5910	0.5760
11	0.5238	1.9091	23.13	23.0439	0.0074	21.5320	2.5536	21.5320	2.5536	22.0941	1.0731	21.6306	2.2483
12	0.5714	1.7500	19.85	21.9679	4.4854	20.5681	0.5157	20.5681	0.5157	21.0846	1.5243	20.7030	0.7276
13	0.6190	1.6154	18.04	20.8669	7.9915	19.6265	2.5169	19.6265	2.5169	20.0793	4.1586	19.7938	3.0757
14	0.6667	1.5000	17.77	19.7224	3.8119	18.6933	0.8524	18.6933	0.8524	19.0629	1.6715	18.8885	1.2510
15	0.7143	1.4000	17.59	18.5104	0.8471	17.7533	0.0267	17.7533	0.0267	18.0176	0.1828	17.9713	0.1454
16	0.7619	1.3125	16.64	17.1970	0.3102	16.7881	0.0219	16.7881	0.0219	16.9198	0.0783	17.0221	0.1460
17	0.8095	1.2353	16.50	15.7291	0.5943	15.7713	0.5311	15.7713	0.5311	15.7347	0.5858	16.0126	0.2376
18	0.8571	1.1667	12.63	14.0127	1.9117	14.6601	4.1212	14.6601	4.1212	14.4025	3.1416	14.8950	5.1303
19	0.9048	1.1053	12.56	11.8466	0.5090	13.3688	0.6542	13.3688	0.6542	12.8004	0.0578	13.5729	1.0259
20	0.9524	1.0500	10.94	8.6267	5.3515	11.6566	0.5135	11.6566	0.5135	10.5727	0.1349	11.7682	0.6859
SUMA					92.2755		45.3155		45.3155		57.7743		60.0413
C					**9.6060**		**6.7317**		**6.7317**		**7.6009**		**7.7486**

Cuadro Nro. 5.18.2.1 Método del Error Cuadrático Mínimo - II

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO				LOG GUMBEL		GAMMA II		PEARSON TIPO III		LOG PEARSON TIPO III	
ITEM	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_o	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_e	$(x_e - x_o)^2$
1	0.0476	21.0000	46.07	45.5438	0.2769	39.5449	42.5769	39.9815	37.0695	41.3096	22.6616
2	0.0952	10.5000	36.38	36.7833	0.1627	35.3641	1.0320	35.5377	0.7095	36.1801	0.0399
3	0.1429	7.0000	32.99	32.3501	0.4095	32.6876	0.0915	33.5628	0.3281	33.0730	0.0069
4	0.1905	5.2500	30.85	29.4543	1.9481	30.6618	0.0354	31.0943	0.0597	30.7910	0.0035
5	0.2381	4.2000	30.61	27.3260	10.7846	29.0101	2.5596	29.1992	1.9904	28.9579	2.7296
6	0.2857	3.5000	30.12	25.6494	19.9865	27.5858	6.4220	27.4473	7.1435	27.4051	7.3706
7	0.3333	3.0000	25.52	24.2656	1.5735	26.3127	0.6283	26.5521	1.0652	26.0421	0.2726
8	0.3810	2.6250	25.27	23.0842	4.7777	25.1370	0.0177	25.2507	0.0004	24.8138	0.2081
9	0.4286	2.3333	24.74	22.0487	7.2432	24.0482	0.4785	24.0468	0.4806	23.6839	1.1153
10	0.4762	2.1000	23.35	21.1213	4.9671	23.0105	0.1153	22.9075	0.1958	22.6266	0.5233
11	0.5238	1.9091	23.13	20.2752	8.1498	22.0087	1.2573	22.0251	1.2208	21.6220	2.2741
12	0.5714	1.7500	19.85	19.4903	0.1294	21.0320	1.3972	20.9583	1.2282	20.6518	0.6429
13	0.6190	1.6154	18.04	18.7504	0.5047	20.0634	4.0940	19.8929	3.4333	19.7017	2.7611
14	0.6667	1.5000	17.77	18.0417	0.0738	19.0871	1.7349	18.8300	1.1236	18.7577	0.9756
15	0.7143	1.4000	17.59	17.3508	0.0572	18.0948	0.2548	17.9704	0.1447	17.8047	0.0461
16	0.7619	1.3125	16.64	16.6638	0.0006	17.0529	0.1705	16.8471	0.0429	16.8237	0.0337
17	0.8095	1.2353	16.50	15.9629	0.2885	15.9414	0.3120	15.6202	0.7740	15.7877	0.5074
18	0.8571	1.1667	12.63	15.2214	6.7152	14.7133	4.3403	14.2038	2.4767	14.6527	4.0912
19	0.9048	1.1053	12.56	14.3884	3.3431	13.2496	0.4756	13.0707	0.2608	13.3301	0.5931
20	0.9524	1.0500	10.94	13.3245	5.6861	11.2709	0.1095	11.0139	0.0055	11.5709	0.3981
SUMA					77.0780		68.1031		59.7530		47.2547
C					**8.7794**		**8.2525**		**7.7300**		**6.8742**

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIÓN:

Se ha calculado el error cuadrático mínimo para cada función de distribución de probabilidad y se observa que las funciones de distribución que parecen ser más adecuadas en este caso son **Log Normal, Log Normal II Parámetros y Log Pearson Tipo III**. De ellas, la **distribución Log Pearson Tipo III** es la que tiene el error cuadrático más pequeño de 3 Parámetros.

5.18.3 Prueba de Smirnov Kolmogorov

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D que hay entre la función de distribución observada Fo (Pm) y la estimada F (Pm). (Aparicio, 1992)

$$\boldsymbol{D = max|F_o(P_m) - F(P_m)|}$$

Con un valor critico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionada. Si D < d, se acepta la hipótesis. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$\boldsymbol{F_o(P_m) = 1 - \frac{m}{n+1}}$$

Dónde:

m: es el número de orden del dato Xm en una lista de mayor a menor.

n: número total de datos.

Cuadro Nro. 5.18.3.1 Valores críticos para la prueba Smirnov – Kolmogorov

Tamaño de la muestra	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
31	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
N grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Fuente: Fuentes de Hidrología de Superficie, Aparicio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Este procedimiento es un test no paramétrico que permite establecer si dos muestras se ajustan al mismo modelo probabilístico. *(Veras y bois, 1998)*

Es un test valido para distribuciones continuas y sirva tanto para muestras grandes como para muestras pequeñas. *(Pizarro, 1986)*

Esto quiere decir en la aplicación de este test (**Prueba de Smirnov - Kolmogorov**) es necesario determinar la frecuencia observada acumulada y la frecuencia teórica acumulada.

Una vez determinada ambas frecuencias, se obtiene el máximo de la diferencia entre amabas.

En el cuadro siguiente se muestra el procedimiento de cálculo por el método de **Smirnov - Kolgomorov**, donde en la columna 2 se han escrito las precipitaciones máximas anuales registradas ordenadas de mayor a menor, en la columna 3 se calculan los valores de la función de distribución de probabilidad observada según las ecuaciones anteriores. Se han encerrado en un rectángulo el valor de D para cada función de distribución. Según esta prueba se aceptaría todas las funciones de distribución consideradas de dentro de un nivel de significancia de **a = 0,05**, para el cual el valor crítico de **d = 0,294** con **n = 20.** (Aparicio, 1992)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.18.3.2 Método de Smirnov Kolmogorov - I

PRUEBA DE SMIRNOV – KOLMOGOROV				NORMAL		LOG NORMAL		LOG NORMAL II		LOG NORMAL III		GUMBEL	
ITEM	P (mm)	x_m	$F_o(x_m)$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$
1	46.07	46.07	0.9524	0.9938	0.0415	0.9737	0.0213	0.9737	0.0213	0.9834	0.0310	0.9778	0.0254
2	17.59	36.38	0.9048	0.9235	0.0187	0.9058	0.0010	0.9058	0.0010	0.9139	0.0091	0.9141	0.0093
3	36.38	32.99	0.8571	0.8530	0.0041	0.8550	0.0021	0.8550	0.0021	0.8566	0.0006	0.8642	0.0071
4	16.50	30.85	0.8095	0.7915	0.0181	0.8113	0.0018	0.8113	0.0018	0.8066	0.0029	0.8202	0.0106
5	30.61	30.61	0.7619	0.7837	0.0218	0.8058	0.0439	0.8058	0.0439	0.8003	0.0384	0.8145	0.0526
6	30.85	30.12	0.7143	0.7674	0.0531	0.7940	0.0797	0.7940	0.0797	0.7869	0.0726	0.8024	0.0882
7	23.13	25.52	0.6667	0.5857	0.0809	0.6504	0.0162	0.6504	0.0162	0.6277	0.0389	0.6536	0.0130
8	30.12	25.27	0.6190	0.5748	0.0443	0.6408	0.0218	0.6408	0.0218	0.6174	0.0016	0.6436	0.0246
9	12.56	24.74	0.5714	0.5514	0.0200	0.6197	0.0483	0.6197	0.0483	0.5951	0.0237	0.6216	0.0502
10	25.52	23.35	0.5238	0.4900	0.0338	0.5606	0.0368	0.5606	0.0368	0.5338	0.0100	0.5599	0.0360
11	18.04	23.13	0.4762	0.4803	0.0041	0.5508	0.0746	0.5508	0.0746	0.5239	0.0477	0.5496	0.0734
12	16.64	19.85	0.4286	0.3385	0.0901	0.3925	0.0361	0.3925	0.0361	0.3702	0.0584	0.3839	0.0447
13	23.35	18.04	0.3810	0.2681	**0.1129**	0.3001	**0.0809**	0.3001	**0.0809**	0.2866	**0.0943**	0.2892	**0.0917**
14	24.74	17.77	0.3333	0.2583	0.0750	0.2865	0.0469	0.2865	0.0469	0.2747	0.0587	0.2754	0.0579
15	12.63	17.59	0.2857	0.2519	0.0339	0.2775	0.0082	0.2775	0.0082	0.2668	0.0189	0.2663	0.0194
16	10.94	16.64	0.2381	0.2194	0.0187	0.2310	0.0071	0.2310	0.0071	0.2265	0.0116	0.2196	0.0185
17	25.27	16.50	0.1905	0.2148	0.0243	0.2244	0.0339	0.2244	0.0339	0.2208	0.0303	0.2130	0.0225
18	32.99	12.63	0.1429	0.1110	0.0318	0.0723	0.0705	0.0723	0.0705	0.0909	0.0520	0.0678	0.0751
19	17.77	12.56	0.0952	0.1096	0.0143	0.0703	0.0249	0.0703	0.0249	0.0891	0.0061	0.0660	0.0293
20	19.85	10.94	0.0476	0.0792	0.0316	0.0330	0.0146	0.0330	0.0146	0.0538	0.0062	0.0325	0.0152

Cuadro Nro. 5.18.3.2 Método de Smirnov Kolmogorov - II

PRUEBA DE SMIRNOV – KOLMOGOROV				LOG GUMBEL		GAMMA II		PEARSON TIPO III		LOG PEARSON TIPO III	
ITEM	P (mm)	x_m	$F_o(x_m)$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$
1	46.07	46.07	0.9524	0.9541	0.0018	0.985	0.0326	0.9821	0.0297	0.9737	0.0213
2	17.59	36.38	0.9048	0.9013	0.0034	0.9192	0.0144	0.9109	0.0061	0.9058	0.0010
3	36.38	32.99	0.8571	0.8656	0.0085	0.8617	0.0046	0.8547	0.0024	0.8550	0.0021
4	16.50	30.85	0.8095	0.8346	0.0250	0.816	0.0065	0.8058	0.0037	0.8113	0.0018
5	30.61	30.61	0.7619	0.8306	0.0687	0.811	0.0491	0.7997	0.0378	0.8058	0.0439
6	30.85	30.12	0.7143	0.8220	0.1077	0.8003	0.0860	0.7864	0.0721	0.7940	0.0797
7	23.13	25.52	0.6667	0.7102	0.0435	0.6401	0.0266	0.6319	0.0348	0.6504	0.0162
8	30.12	25.27	0.6190	0.7020	0.0830	0.6086	0.0104	0.6217	0.0027	0.6408	0.0218
9	12.56	24.74	0.5714	0.6839	0.1125	0.546	0.0254	0.6002	0.0288	0.6197	0.0483
10	25.52	23.35	0.5238	0.6304	0.1066	0.5359	0.0121	0.5404	0.0166	0.5606	0.0368
11	18.04	23.13	0.4762	0.6210	**0.1448**	0.4336	0.0426	0.5306	0.0544	0.5508	0.0746
12	16.64	19.85	0.4286	0.4508	0.0222	0.3771	0.0515	0.3782	0.0504	0.3925	0.0361
13	23.35	18.04	0.3810	0.3332	0.0477	0.289	**0.0920**	0.2937	**0.0873**	0.3001	**0.0809**
14	24.74	17.77	0.3333	0.3147	0.0186	0.2765	0.0568	0.2814	0.0519	0.2865	0.0469
15	12.63	17.59	0.2857	0.3023	0.0166	0.2678	0.0179	0.2734	0.0123	0.2775	0.0082
16	10.94	16.64	0.2381	0.2365	0.0016	0.2249	0.0132	0.2315	0.0066	0.2310	0.0071
17	25.27	16.50	0.1905	0.2268	0.0363	0.2187	0.0282	0.2256	0.0351	0.2244	0.0339
18	32.99	12.63	0.1429	0.0261	0.1167	0.0826	0.0603	0.0884	0.0545	0.0723	0.0705
19	17.77	12.56	0.0952	0.0244	0.0709	0.0811	0.0141	0.0865	0.0087	0.0703	0.0249
20	19.85	10.94	0.0476	0.0027	0.0449	0.07	0.0224	0.0493	0.0017	0.0330	0.0146

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **CONCLUSION:**

Ordenando los resultados consignados en cuadro Nro. 5.18.3.2 Se puede observar según esta prueba que se acepta todas las funciones de distribución para un valor critico **d = 0.294**, **n = 20** y **a = 0.05**

Cuadro Nro. 5.18.3.3 Verificación de la función de Distribución de Probabilidad

METODO ESTADISTICO	PRUEBA DE SMIRNOV KOLMOGOROV		AJUSTE
	D	d	
Distr. Normal	0.1129	0.2940	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal	0.0809	0.2940	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal II	0.0809	0.2940	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal III	**0.0943**	**0.2940**	**AJUSTE ADECUADO**
Distr. Gumbel	0.0917	0.2940	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Gumbel	0.1448	0.2940	AJUSTE ADECUADO
Distr. Gamma II	0.0920	0.2940	AJUSTE ADECUADO
Distr. Pearson Tipo III	**0.0873**	**0.2940**	**AJUSTE ADECUADO**
Distr. Log Pearson Tipo III	**0.0809**	**0.2940**	**AJUSTE ADECUADO**

El método estadístico con el menor valor de D es el de Log Pearson Tipo III por lo que, según esta prueba, este método sería la preferible.

5.19 SELECCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO APROPIADO

En el siguiente cuadro, se resume los resultados de las pruebas efectuadas anteriormente. Se han calificado las funciones según el orden de preferencias indicado por cada prueba de ajuste, dando 1 a la **"mejor"** y 9 a la **"peor"**.

Cuadro Nro. 5.19.1 Selección de la Función de Distribución

METODO ESTADISTICO	CHI CUADRADO	ERROR CUADRATICO MINIMO	SMIRNOV KOLMOGOROV
Distr. Normal	9	9	8
Distr. Log Normal	3	2	3
Distr. Log Normal II	2	1	2
Distr. Log Normal III	**8**	**4**	**7**
Distr. Gumbel	7	6	5
Distr. Log Gumbel	5	8	9
Distr. Gamma II	6	7	6

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Distr. Pearson Tipo III	**4**	**5**	**4**
Distr. Log Pearson Tipo III	**1**	**3**	**1**

De estos resultados y después de realizar todas las pruebas de análisis estadístico, se concluye que la distribución que mejor se adecua es la **LOG PEARSON TIPO III.**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

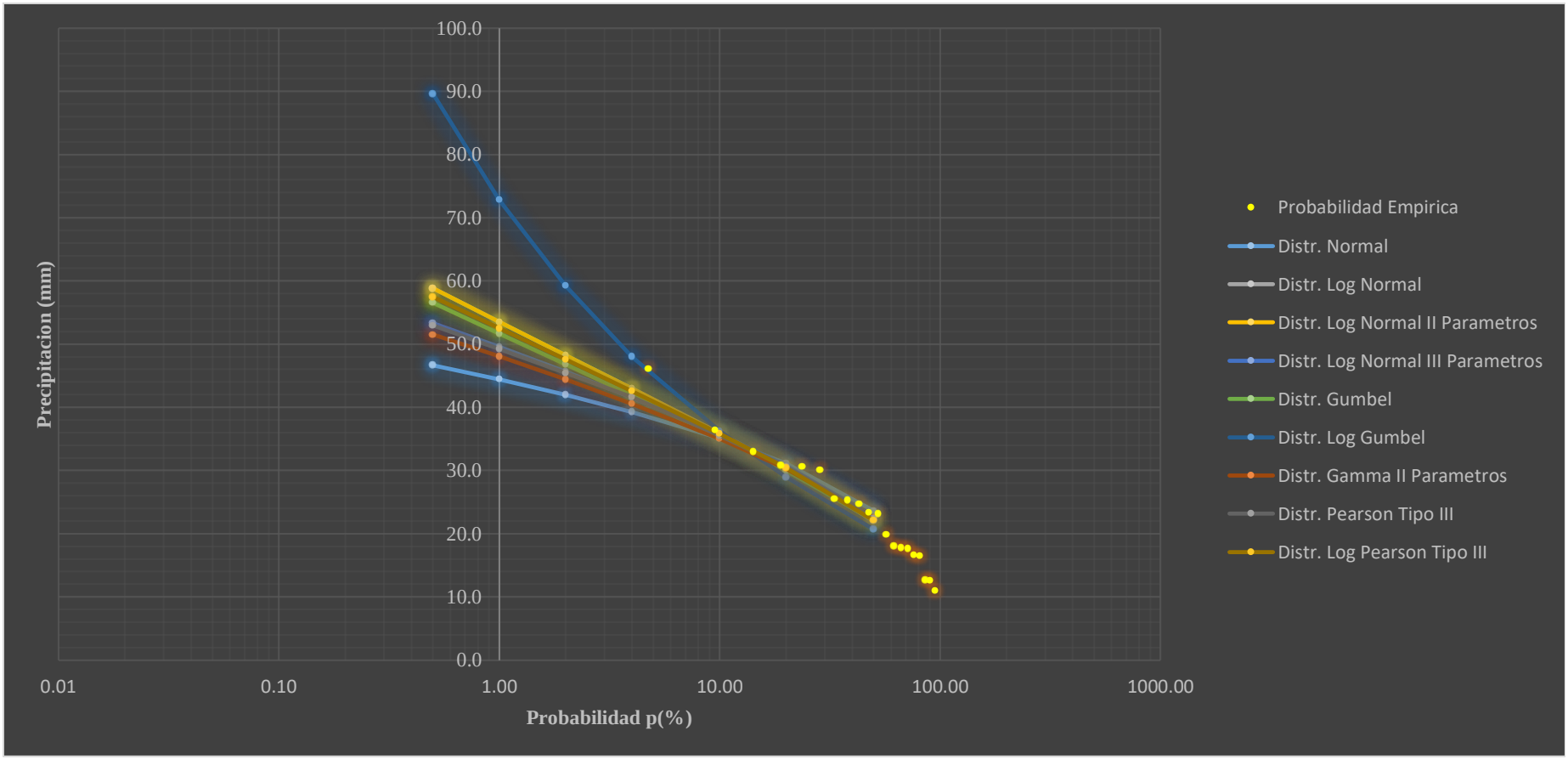
Cuadro Nro. 5.19.2 Resumen de Pruebas Estadísticas - (3)

METODO ESTADISTICO	PRUEBA ESTANDAR DE AJUSTE Xc^2		PRUEBA DE ERROR CUADRATICO MINIMO	PRUEBA DE SMIRNOV - KOLMOGOROV	
Distr. Normal	5.33	5.99	9.6060	0.1129	0.2940
Distr. Log Normal	1.28	5.99	6.7317	0.0809	0.2940
Distr. Log Normal II	1.28	5.99	6.7317	0.0809	0.2940
Distr. Log Normal III	**2.27**	**3.84**	**7.6009**	**0.0943**	**0.2940**
Distr. Gumbel	1.33	5.99	7.7486	0.0917	0.2940
Distr. Log Gumbel	1.32	5.99	8.7794	0.1448	0.2940
Distr. Gamma II	1.33	5.99	8.2525	0.0920	0.2940
Distr. Pearson Tipo III	**1.87**	**3.84**	**7.7300**	**0.0873**	**0.2940**
Distr. Log Pearson Tipo III	**1.28**	**3.84**	**6.8742**	**0.0809**	**0.2940**

Cuadro Nro. 5.19.3 Calculo de Los modelos de distribución por diferentes Softwares para un periodo de retorno de 100 años – (3)

DISTRIBUCIONES T = 100	CALCULO		HIDROESTA	HYFRAN		UNIV. DE LOJA
	FORMULA	TABLA		MOMENTOS	VEROCIMILITUD	
Distr. Normal	44.4238	44.4230	44.4200	-	44.4240	44.4200
Distr. Log Normal	53.4943	52.3042	-	-	-	52.3000
Distr. Log Normal II	53.4943	53.4926	53.4900	-	53.4940	-
Distr. Log Normal III	**49.5531**	**49.5518**	**50.5600**	**49.3640**	**53.0260**	-
Distr. Gumbel	51.6798	57.9422	51.6800	51.6800	52.9190	57.9400
Distr. Log Gumbel	72.8531	-	72.8500	-	-	-
Distr. Gamma II	-	48.0439	48.0200	49.2390	48.0420	-
Distr. Pearson Tipo III	**55.5865**	**49.2371**	**49.2200**	**49.2410**	**54.1250**	**55.5900**
Distr. Log Pearson Tipo III	**52.5154**	**52.4943**	**-**	**52.5180**	**-**	**52.5100**

Grafica Nro. 5.19.1 Resumen de Curva de Probabilidad Teóricas y Empírica en escala Logarítmica – (3)



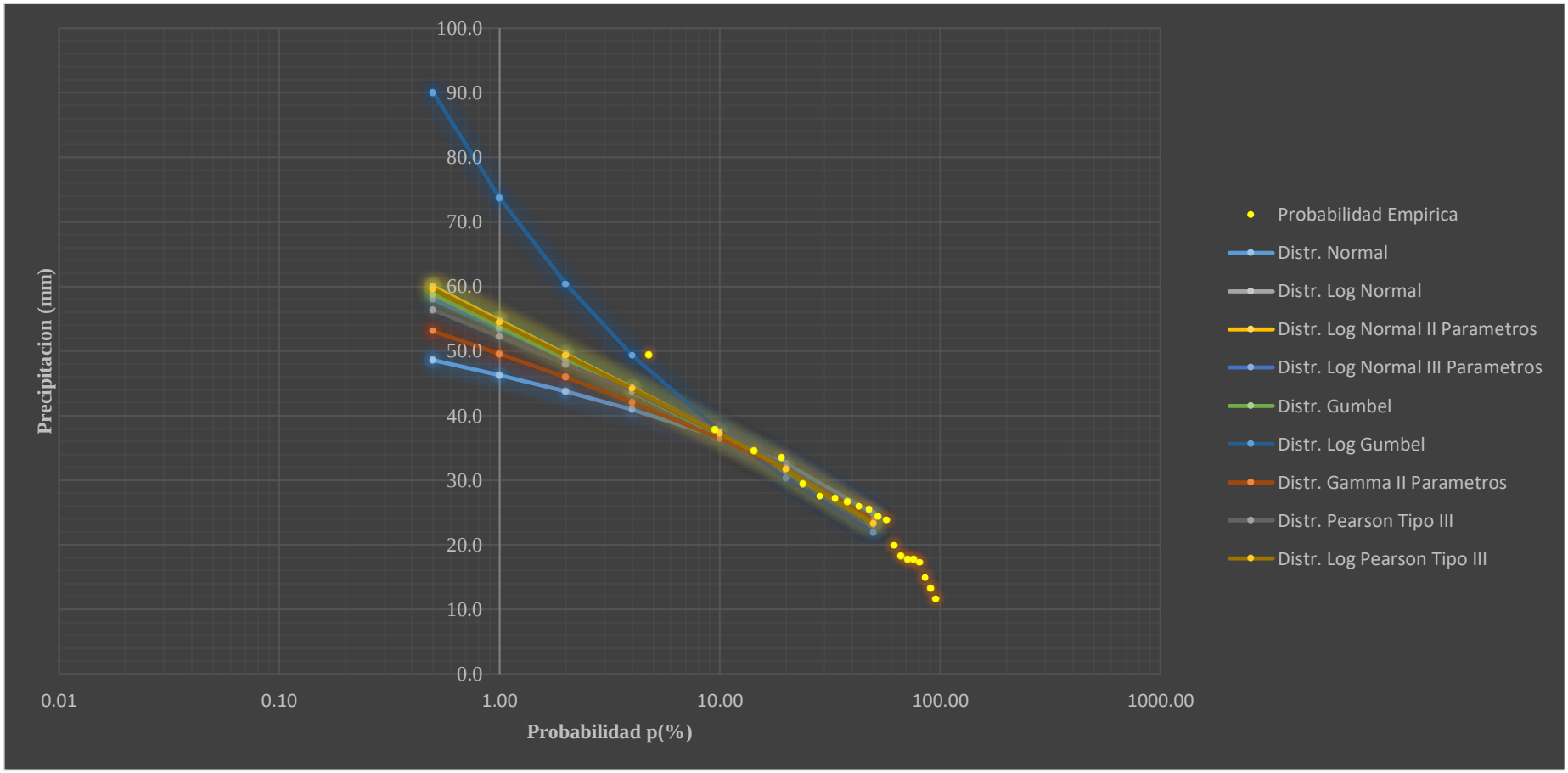
Cuadro Nro. 5.19.4 Resumen de Pruebas Estadísticas – (5)

METODO ESTADISTICO	PRUEBA ESTANDAR DE AJUSTE Xc^2		PRUEBA DE ERROR CUADRATICO MINIMO	PRUEBA DE SMIRNOV - KOLMOGOROV	
Distr. Normal	9.64	5.99	10.9955	0.0989	0.2940
Distr. Log Normal	2.65	5.99	8.0486	0.0959	0.2940
Distr. Log Normal II	2.65	5.99	8.0486	0.0959	0.2940
Distr. Log Normal III	**3.27**	**3.84**	**8.6063**	**0.0843**	**0.2940**
Distr. Gumbel	2.66	5.99	8.6494	0.0962	0.2940
Distr. Log Gumbel	2.03	5.99	8.6269	0.1668	0.2940
Distr. Gamma II	4.00	5.99	9.6236	0.0936	0.2940
Distr. Pearson Tipo III	**3.39**	**3.84**	**8.4404**	**0.0929**	**0.2940**
Distr. Log Pearson Tipo III	**2.65**	**3.84**	**8.1103**	**0.0959**	**0.2940**

Cuadro Nro. 5.19.5 Calculo de Los modelos de distribución por diferentes Softwares para un periodo de retorno de 100 años – (5)

DISTRIBUCIONES T = 100	CALCULO		HIDROESTA	HYFRAN		UNIV. DE LOJA
	FORMULA	TABLA		MOMENTOS	VEROCIMILITUD	
Distr. Normal	46.2616	46.2608	46.2600	-	46.2620	46.2600
Distr. Log Normal	54.7253	53.5510	-	-	-	53.5400
Distr. Log Normal II	54.7253	54.7235	54.7300	-	54.7250	-
Distr. Log Normal III	**53.4415**	**53.4399**	**51.6200**	**52.3520**	**54.4490**	-
Distr. Gumbel	53.7335	60.1823	53.7300	53.7330	54.6540	60.1800
Distr. Log Gumbel	73.7066	-	73.7100	-	-	-
Distr. Gamma II	-	49.5462	49.5500	51.1220	49.5770	-
Distr. Pearson Tipo III	**55.2618**	**52.2150**	**52.2100**	**52.2330**	**54.5580**	**55.2600**
Distr. Log Pearson Tipo III	**54.4219**	**53.7387**	**-**	**54.4120**	**-**	**54.4100**

Grafica Nro. 5.19.2 Resumen de Curva de Probabilidad Teóricas y Empírica en escala Logarítmica – (5)



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En general para **DATOS MÁXIMOS ANUALES EN HIDROLOGIA**, recomienda el uso de distribuciones de **TRES PARÁMETROS** a tener en cuenta la forma (**asimetría**). Por lo tanto, el modelo de distribución que se utilizó en el proyecto es de **LOG PEARSON TIPO III** (**Método de Momentos**). *(Morlat, 1956)*

5.20 DETERMINACION DE LA TORMENTA DE DISEÑO

Uno de los primeros pasos en muchos proyectos de diseño es la determinación del evento de lluvia a usar.

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de **lluvia-escorrentía** y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta. *(Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, MTC. Pag. 33, 2016)*

5.20.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (**mm/h**). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia.

Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$\boldsymbol{i = \frac{P}{T_d}}$$

Donde:

$\boldsymbol{P}$: es la profundidad de lluvia (mm).

$\boldsymbol{T_d}$: es la duración, dada usualmente en horas.

Las curvas de **intensidad – duración – frecuencia**, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

I: intensidad máxima (mm/h).

K, m, n: factores característicos de la zona.

T: periodo de retorno en años.

t: duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min).

La relación entre las Intensidades promedio máximas esperadas para cada duración de precipitación, para una frecuencia determinada o periodo de retorno en promedio, **sintetiza el comportamiento pluviométrico de una zona.** (MTC, 2016)

Se ha utilizado el método de ***Dick Peschke*** *(Guevara, 1991)*, que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24horas} * (\frac{d}{1440})^{0.25}$$

Dónde:

P_d: Precipitación (mm).

d: Duración en minutos.

P 24 horas: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.20.1.1 Lluvias Máximas (Periodo 1995 - 2015)

T AÑOS	LOG PEARSON TIPO III	PRECIP. MAX 24 h	DURACION EN MINUTOS																					
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
1	5.70	5.70	1.41	1.91	2.28	2.59	2.86	3.10	3.31	3.52	3.70	3.88	4.04	4.20	4.35	4.50	4.64	4.77	4.90	5.02	5.14	5.26	5.37	5.49	5.59	5.70
2	23.39	23.39	5.78	7.84	9.37	10.63	11.73	12.71	13.60	14.42	15.19	15.91	16.59	17.24	17.86	18.45	19.02	19.57	20.10	20.61	21.11	21.59	22.06	22.51	22.96	23.39
5	31.85	31.85	7.87	10.67	12.76	14.48	15.97	17.31	18.52	19.64	20.69	21.67	22.60	23.48	24.32	25.13	25.90	26.65	27.37	28.06	28.74	29.39	30.03	30.65	31.26	31.85
10	37.14	37.14	9.17	12.45	14.88	16.88	18.62	20.18	21.60	22.90	24.12	25.27	26.35	27.38	28.36	29.30	30.20	31.07	31.91	32.72	33.51	34.28	35.02	35.74	36.45	37.14
20	39.90	39.90	9.86	13.37	15.98	18.14	20.01	21.68	23.20	24.61	25.91	27.14	28.31	29.41	30.47	31.48	32.45	33.38	34.28	35.16	36.00	36.82	37.62	38.40	39.16	39.90
25	43.79	43.79	10.82	14.67	17.54	19.91	21.96	23.79	25.46	27.00	28.44	29.79	31.07	32.28	33.44	34.54	35.61	36.63	37.63	38.58	39.51	40.41	41.29	42.15	42.98	43.79
50	47.93	47.93	11.84	16.06	19.20	21.79	24.04	26.04	27.87	29.56	31.13	32.61	34.00	35.33	36.60	37.81	38.98	40.10	41.18	42.23	43.25	44.24	45.20	46.13	47.04	47.93
100	**52.21**	**52.21**	**12.90**	**17.49**	**20.91**	**23.73**	**26.18**	**28.37**	**30.36**	**32.20**	**33.91**	**35.52**	**37.04**	**38.49**	**39.87**	**41.19**	**42.46**	**43.68**	**44.86**	**46.00**	**47.11**	**48.19**	**49.23**	**50.25**	**51.24**	**52.21**
200	56.36	56.36	13.92	18.89	22.57	25.62	28.26	30.62	32.77	34.76	36.61	38.34	39.98	41.54	43.03	44.46	45.83	47.15	48.43	49.66	50.85	52.02	53.14	54.24	55.31	56.36
500	61.90	61.90	15.29	20.74	24.79	28.14	31.04	33.63	35.99	38.17	40.20	42.11	43.91	45.63	47.26	48.83	50.34	51.79	53.19	54.54	55.85	57.13	58.37	59.57	60.75	61.90
1000	65.40	65.40	16.15	21.91	26.19	29.73	32.80	35.54	38.03	40.33	42.48	44.49	46.40	48.21	49.94	51.59	53.18	54.71	56.19	57.62	59.01	60.36	61.67	62.94	64.19	65.40
2000	73.40	73.40	18.13	24.60	29.40	33.37	36.81	39.88	42.68	45.27	47.67	49.93	52.07	54.11	56.05	57.90	59.69	61.41	63.07	64.67	66.23	67.74	69.21	70.64	72.04	73.40

Cuadro Nro. 5.20.1.2 Intensidades Máximas (Periodo 1995 - 2015)

T AÑOS	PRECIP. MAX 24 h	DURACION EN MINUTOS																					
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
1	5.70	8.45	5.73	4.57	3.89	3.43	3.10	2.84	2.64	2.47	2.33	2.21	2.10	2.01	1.93	1.85	1.79	1.73	1.67	1.62	1.58	1.54	1.50	1.46	1.43
2	23.39	34.66	23.51	18.74	15.95	14.08	12.71	11.66	10.82	10.13	9.55	9.05	8.62	8.24	7.91	7.61	7.34	7.09	6.87	6.66	6.48	6.30	6.14	5.99	5.85
5	31.85	47.20	32.02	25.51	21.72	19.17	17.31	15.87	14.73	13.79	13.00	12.33	11.74	11.22	10.77	10.36	9.99	9.66	9.35	9.08	8.82	8.58	8.36	8.15	7.96
10	37.14	55.04	37.34	29.75	25.32	22.35	20.18	18.51	17.18	16.08	15.16	14.37	13.69	13.09	12.56	12.08	11.65	11.26	10.91	10.58	10.28	10.01	9.75	9.51	9.29
20	39.90	59.13	40.11	31.96	27.21	24.01	21.68	19.89	18.45	17.28	16.29	15.44	14.71	14.06	13.49	12.98	12.52	12.10	11.72	11.37	11.05	10.75	10.47	10.22	9.98
25	43.79	64.90	44.02	35.08	29.86	26.35	23.79	21.83	20.25	18.96	17.87	16.95	16.14	15.43	14.80	14.24	13.74	13.28	12.86	12.48	12.12	11.80	11.49	11.21	10.95
50	47.93	71.03	48.18	38.40	32.68	28.84	26.04	23.89	22.17	20.75	19.56	18.55	17.67	16.89	16.20	15.59	15.04	14.53	14.08	13.66	13.27	12.91	12.58	12.27	11.98
100	**52.21**	**77.38**	**52.48**	**41.82**	**35.60**	**31.42**	**28.37**	**26.02**	**24.15**	**22.61**	**21.31**	**20.20**	**19.24**	**18.40**	**17.65**	**16.98**	**16.38**	**15.83**	**15.33**	**14.88**	**14.46**	**14.07**	**13.70**	**13.37**	**13.05**
200	56.36	83.53	56.66	45.15	38.43	33.92	30.62	28.09	26.07	24.40	23.01	21.81	20.77	19.86	19.05	18.33	17.68	17.09	16.55	16.06	15.60	15.18	14.79	14.43	14.09
500	61.90	91.74	62.23	49.59	42.21	37.25	33.63	30.85	28.63	26.80	25.27	23.95	22.81	21.81	20.93	20.13	19.42	18.77	18.18	17.64	17.14	16.68	16.25	15.85	15.48
1000	65.40	96.93	65.74	52.39	44.59	39.36	35.54	32.60	30.25	28.32	26.70	25.31	24.10	23.05	22.11	21.27	20.52	19.83	19.21	18.64	18.11	17.62	17.17	16.74	16.35
2000	73.40	108.78	73.79	58.80	50.05	44.17	39.88	36.58	33.95	31.78	29.96	28.40	27.05	25.87	24.82	23.87	23.03	22.26	21.56	20.91	20.32	19.77	19.27	18.79	18.35

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.20.1.3 Intensidad – Duración - Frecuencia

ITEM	I	T	d	Y	X1	X2	$X1^2$	$X2^2$	X1*X2	X1*Y	X2*Y
1	38.31	2	10	1.583	0.301	1.000	0.091	1.000	0.301	0.477	1.583
2	16.81	2	30	1.226	0.301	1.477	0.091	2.182	0.445	0.369	1.810
3	9.99	2	60	1.000	0.301	1.778	0.091	3.162	0.535	0.301	1.778
4	5.94	2	120	0.774	0.301	2.079	0.091	4.323	0.626	0.233	1.609
5	4.38	2	180	0.642	0.301	2.255	0.091	5.086	0.679	0.193	1.448
6	52.65	5	10	1.721	0.699	1.000	0.489	1.000	0.699	1.203	1.721
7	23.10	5	30	1.364	0.699	1.477	0.489	2.182	1.032	0.953	2.014
8	13.73	5	60	1.138	0.699	1.778	0.489	3.162	1.243	0.795	2.023
9	8.17	5	120	0.912	0.699	2.079	0.489	4.323	1.453	0.637	1.896
10	6.03	5	180	0.780	0.699	2.255	0.489	5.086	1.576	0.545	1.759
11	62.02	10	10	1.793	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.793	1.793
12	27.21	10	30	1.435	1.000	1.477	1.000	2.182	1.477	1.435	2.119
13	16.18	10	60	1.209	1.000	1.778	1.000	3.162	1.778	1.209	2.150
14	9.62	10	120	0.983	1.000	2.079	1.000	4.323	2.079	0.983	2.044
15	7.10	10	180	0.851	1.000	2.255	1.000	5.086	2.255	0.851	1.919
16	73.75	25	10	1.868	1.398	1.000	1.954	1.000	1.398	2.611	1.868
17	32.35	25	30	1.510	1.398	1.477	1.954	2.182	2.065	2.111	2.230
18	19.24	25	60	1.284	1.398	1.778	1.954	3.162	2.486	1.795	2.283
19	11.44	25	120	1.058	1.398	2.079	1.954	4.323	2.907	1.480	2.201
20	8.44	25	180	0.926	1.398	2.255	1.954	5.086	3.153	1.295	2.089
21	82.39	50	10	1.916	1.699	1.000	2.886	1.000	1.699	3.255	1.916
22	36.15	50	30	1.558	1.699	1.477	2.886	2.182	2.510	2.647	2.301
23	21.49	50	60	1.332	1.699	1.778	2.886	3.162	3.021	2.264	2.369
24	12.78	50	120	1.107	1.699	2.079	2.886	4.323	3.532	1.880	2.301
25	9.43	50	180	0.974	1.699	2.255	2.886	5.086	3.832	1.656	2.198
26	90.97	100	10	1.959	2.000	1.000	4.000	1.000	2.000	3.918	1.959
27	39.91	100	30	1.601	2.000	1.477	4.000	2.182	2.954	3.202	2.365
28	23.73	100	60	1.375	2.000	1.778	4.000	3.162	3.556	2.751	2.445
29	14.11	100	120	1.149	2.000	2.079	4.000	4.323	4.158	2.299	2.390
30	10.41	100	180	1.017	2.000	2.255	4.000	5.086	4.511	2.035	2.295
31	99.52	200	10	1.998	2.301	1.000	5.295	1.000	2.301	4.597	1.998
32	43.66	200	30	1.640	2.301	1.477	5.295	2.182	3.399	3.774	2.423
33	25.96	200	60	1.414	2.301	1.778	5.295	3.162	4.092	3.254	2.515
34	15.44	200	120	1.189	2.301	2.079	5.295	4.323	4.784	2.735	2.471
35	11.39	200	180	1.056	2.301	2.255	5.295	5.086	5.189	2.431	2.383

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El sistema de ecuaciones es el siguiente:

$$\sum y = Na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2$$

$$\sum (x_1 * y) = a_0 \sum x_1 + a_1 \sum {x_1}^2 + a_2 \sum (x_1 * x_2)$$

$$\sum (x_2 * y) = a_0 \sum x_2 + a_1 \sum (x_1 * x_2) + a_2 \sum {x_2}^2$$

Sustituyendo los resultados:

∑ y	45.343
N	35.000
∑ X1	46.990
∑ X2	60.128
∑ x1*y	63.966
∑ X1	46.990
∑ X1²	78.573
∑ x1*x2	80.726
∑ x2*y	72.666
∑ x2	60.128
∑ x1*x2	80.726
∑ X2²	110.271

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

a0	a1	a2	=
35.000	46.990	60.128	45.343
46.990	78.573	80.726	63.966
60.128	80.726	110.271	72.666

0.568	-0.087	-0.246
-0.087	0.065	0.000
-0.246	0.000	0.143

$$\log(I) = \log(k) + m * \log(T) - n * \log(t)$$

$$y = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2$$

los valores de los parámetros de las ecuaciones son las siguientes:

a0	2.316
a1	0.200
a2	-0.750

k	207.063
m	0.200
n	0.750

La ecuación de las curvas I-D-F es la siguiente:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$I = \frac{k * T^m}{t^n}$$

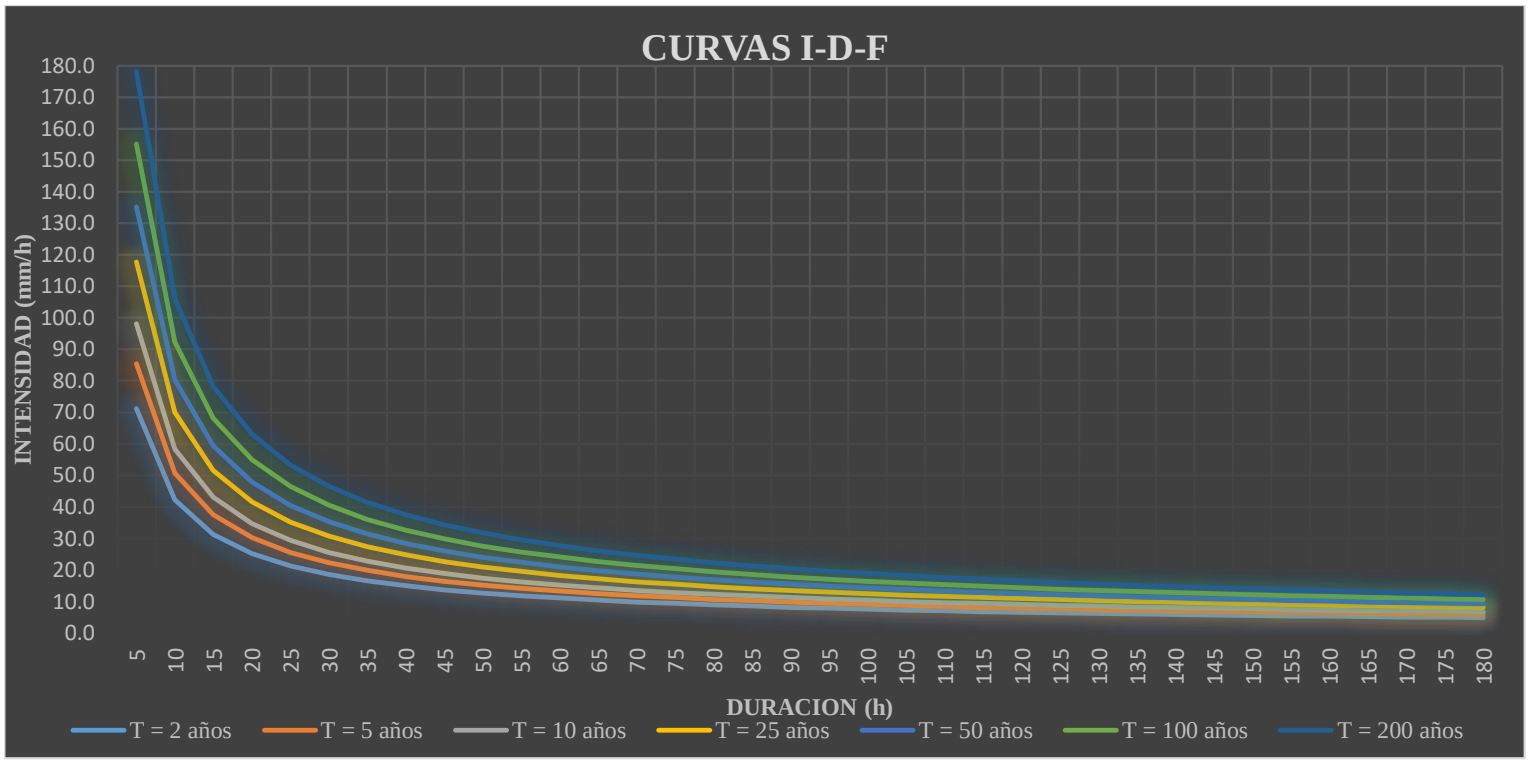
$$I = \frac{207.063 * T^{0.20}}{D^{0.75}}$$

D	PERIODO DE RETORNO						
	2	5	10	25	50	100	200
5	71.11	85.38	98.04	117.70	135.16	155.21	178.23
10	42.28	50.76	58.29	69.99	80.37	92.29	105.98
15	31.20	37.45	43.01	51.64	59.29	68.09	78.19
20	25.14	30.18	34.66	41.61	47.79	54.87	63.01
25	21.27	25.53	29.32	35.20	40.42	46.42	53.30
30	18.55	22.27	25.57	30.70	35.26	40.49	46.49
35	16.52	19.84	22.78	27.35	31.41	36.07	41.41
40	14.95	17.95	20.61	24.74	28.41	32.63	37.47
45	13.69	16.43	18.87	22.65	26.01	29.87	34.30
50	12.65	15.18	17.43	20.93	24.04	27.60	31.69
55	11.77	14.13	16.23	19.49	22.38	25.70	29.51
60	11.03	13.24	15.21	18.26	20.96	24.07	27.64
65	10.39	12.47	14.32	17.19	19.74	22.67	26.03
70	9.83	11.80	13.55	16.26	18.68	21.44	24.63
75	9.33	11.20	12.86	15.44	17.73	20.36	23.38
80	8.89	10.67	12.25	14.71	16.90	19.40	22.28
85	8.49	10.20	11.71	14.06	16.14	18.54	21.29
90	8.14	9.77	11.22	13.47	15.47	17.76	20.40
95	7.81	9.38	10.77	12.93	14.85	17.06	19.58
100	7.52	9.03	10.37	12.45	14.29	16.41	18.85
105	7.25	8.70	9.99	12.00	13.78	15.82	18.17
110	7.00	8.40	9.65	11.59	13.31	15.28	17.55
115	6.77	8.13	9.33	11.21	12.87	14.78	16.97
120	6.56	7.87	9.04	10.86	12.47	14.31	16.44
125	6.36	7.64	8.77	10.53	12.09	13.88	15.94
130	6.18	7.41	8.51	10.22	11.74	13.48	15.48
135	6.00	7.21	8.28	9.94	11.41	13.10	15.05
140	5.84	7.01	8.05	9.67	11.10	12.75	14.64
145	5.69	6.83	7.85	9.42	10.82	12.42	14.26
150	5.55	6.66	7.65	9.18	10.54	12.11	13.90
155	5.41	6.50	7.46	8.96	10.29	11.81	13.57
160	5.29	6.35	7.29	8.75	10.05	11.54	13.25
165	5.16	6.20	7.12	8.55	9.82	11.27	12.94
170	5.05	6.06	6.96	8.36	9.60	11.02	12.66
175	4.94	5.93	6.81	8.18	9.39	10.79	12.39
180	4.84	5.81	6.67	8.01	9.20	10.56	12.13

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grafica Nro. 5.20.1.1 Curvas I-D-F Socabaya



Para ver el comportamiento de la lluvia durante un evento, es decir la distribución temporal de la lluvia, es posible obtenerlo a partir de las **curvas IDF**, dentro de ellas **el MÉTODO DE LOS BLOQUES ALTERNADOS**, es una manera sencilla.

5.21 METODO DEL BLOQUE ALTERNO

Este método es una manera simple de desarrollar el hietograma de diseño. El hietograma de diseño generado por este método especifica la profundidad de precipitación en "**n**" intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt, sobre una duración total de: *(Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. Pág. 477, 1994)*

$$T_d = n * \Delta t$$

Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva **IDF** para cada una de las duraciones sucesivas, y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de precipitación, se encuentra el valor de precipitación que debe de añadirse por cada unidad adicional de tiempo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Δt. Estos incrementos o bloques se reordenan en una distribución temporal de modo que el valor de la intensidad máxima ocurra en el centro de duración requerida Td y los demás bloques queden en forma descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño. *(Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. Pág. 477, 1994)*

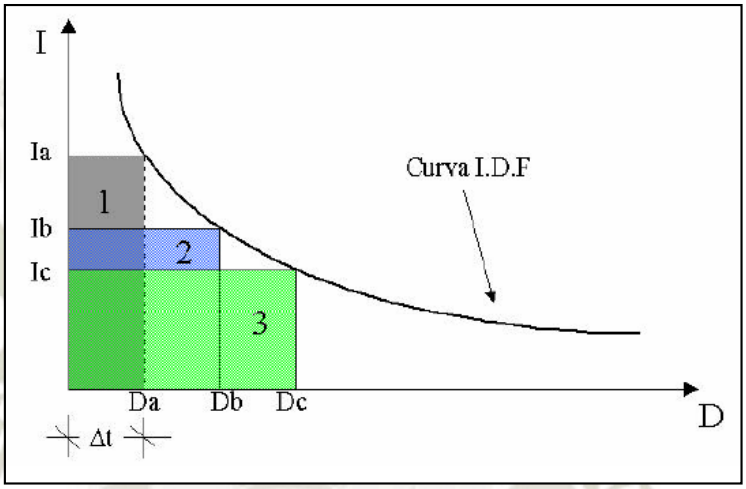


Figura Nro. 5.21.1 Descripción del método mediante el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Estos bloques de lluvia se van distribuyendo de forma alternada, alrededor del bloque de lluvia de mayor intensidad uno a cada lado, o bien se distribuyen en el tiempo, dando al hietograma una forma acorde con el aspecto de las lluvias de la zona, siempre y cuando se disponga de la información al respecto.

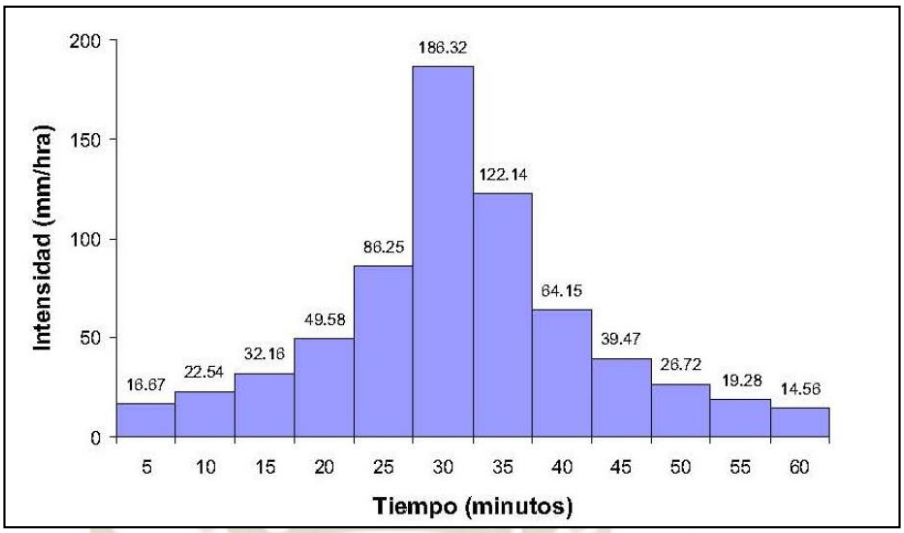
Esta metodología es adecuada para fenómenos de precipitación unimodales que son los más típicos en nuestra climatología.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.21.2 Resultado del método de los bloques alternados



Mediante los pasos anteriormente descritos se obtuvo los Hietogramas de diseño.

Cuadro. Nro. 5.21.1 Método del Bloque Alterno T = 100 años

DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	90.97	15.161	15.161	909.67	0 - 10	0.355
20	54.09	18.030	**2.869**	172.12	10 - 20	0.367
30	39.91	19.953	1.923	115.41	20 - 30	0.393
40	32.16	21.441	**1.488**	89.27	30 - 40	0.425
50	27.21	22.671	1.230	73.81	40 - 50	0.463
60	23.73	23.729	**1.057**	63.44	50 - 60	0.510
70	21.14	24.661	0.932	55.94	60 - 70	0.570
80	19.12	25.498	**0.837**	50.23	70 - 80	0.650
90	17.51	26.260	0.762	45.72	80 - 90	0.762
100	16.18	26.961	**0.701**	42.05	90 - 100	0.932
110	15.06	27.611	0.650	39.01	100 - 110	1.230
120	14.11	28.218	**0.607**	36.43	110 - 120	1.923
130	13.29	28.789	0.570	34.22	120 - 130	15.161
140	12.57	29.327	**0.538**	32.30	130 - 140	2.869
150	11.93	29.837	0.510	30.61	140 - 150	1.488
160	11.37	30.322	**0.485**	29.12	150 - 160	1.057
170	10.87	30.786	0.463	27.78	160 - 170	0.837
180	10.41	31.229	**0.443**	26.58	170 - 180	0.701
190	10.00	31.654	0.425	25.50	180 - 190	0.607
200	9.62	32.062	**0.409**	24.51	190 - 200	0.538
210	9.27	32.456	0.393	23.61	200 - 210	0.485
220	8.96	32.835	**0.380**	22.78	210 - 220	0.443
230	8.66	33.202	0.367	22.02	220 - 230	0.409
240	8.39	33.557	**0.355**	21.31	230 - 240	0.380

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

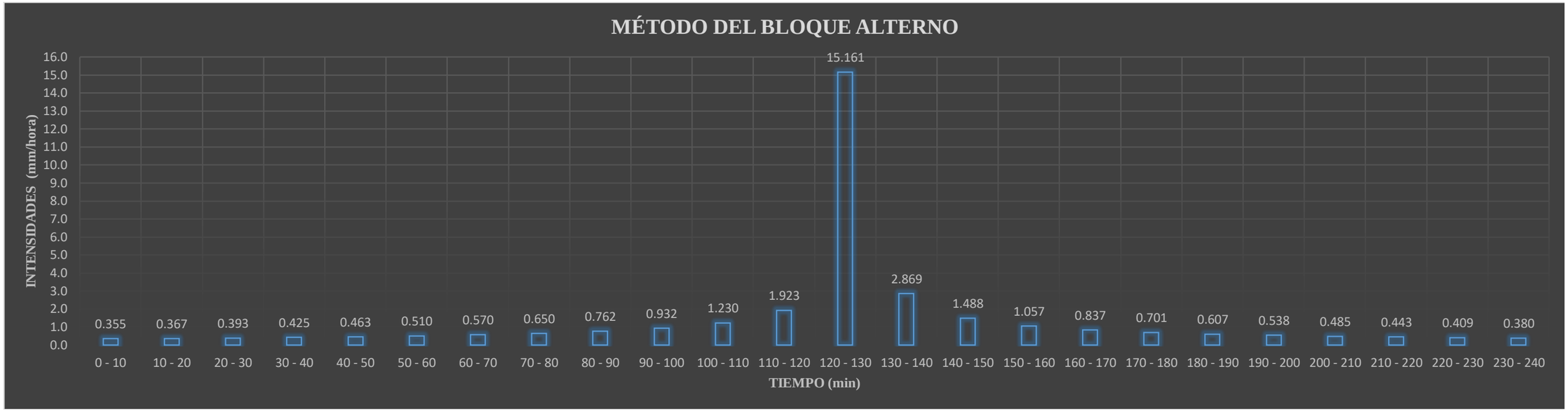
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.21.2 Método del Bloque Alterno T = 50 años

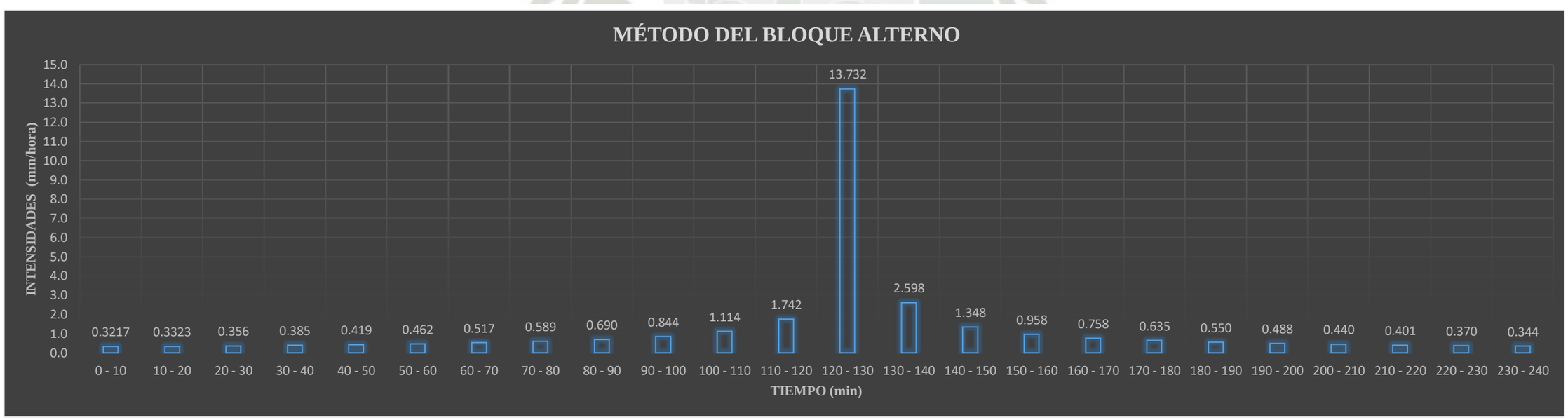
DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	82.39	13.732	13.732	823.94	0 - 10	0.3217
20	48.99	16.331	**2.598**	155.89	10 - 20	0.3323
30	36.15	18.073	1.742	104.53	20 - 30	0.356
40	29.13	19.420	**1.348**	80.86	30 - 40	0.385
50	24.64	20.535	1.114	66.85	40 - 50	0.419
60	21.49	21.492	**0.958**	57.46	50 - 60	0.462
70	19.15	22.337	0.844	50.67	60 - 70	0.517
80	17.32	23.095	**0.758**	45.49	70 - 80	0.589
90	15.86	23.785	0.690	41.41	80 - 90	0.690
100	14.65	24.420	**0.635**	38.09	90 - 100	0.844
110	13.64	25.009	0.589	35.33	100 - 110	1.114
120	12.78	25.559	**0.550**	33.00	110 - 120	1.742
130	12.03	26.075	0.517	31.00	120 - 130	13.732
140	11.38	26.563	**0.488**	29.26	130 - 140	2.598
150	10.81	27.025	0.462	27.73	140 - 150	1.348
160	10.30	27.465	**0.440**	26.37	150 - 160	0.958
170	9.84	27.884	0.419	25.17	160 - 170	0.758
180	9.43	28.285	**0.401**	24.08	170 - 180	0.635
190	9.05	28.670	0.385	23.10	180 - 190	0.550
200	8.71	29.040	**0.370**	22.20	190 - 200	0.488
210	8.40	29.397	0.356	21.38	200 - 210	0.440
220	8.11	29.740	**0.344**	20.63	210 - 220	0.401
230	7.85	30.073	0.332	19.94	220 - 230	0.370
240	7.60	30.395	**0.322**	19.30	230 - 240	0.344

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Grafica Nro. 5.21.2 Hietograma de Precipitación T = 100 años



Grafica Nro. 5.21.3 Hietograma de Precipitación T = 50 años



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.22 ESTIMACION DE CAUDALES

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los periodos de retorno de interés (**2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándares**) usando la distribución log normal, log Pearson III, valor extremo tipo I (Gumbel), etc. *(MTC, 2016)*

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal **Q**. cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial. *(Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, MTC. Pág. 48, 2016)*

Esto quiere decir que al no contarse con estaciones de aforo que proporcionen registros de caudales máximos se tendrá que acudir a métodos alternos. Y uno de ellos es **contar con datos de precipitación máxima de 24 horas y características físicas de la cuenca como es el caso del presente proyecto para determinar los caudales máximos para un periodo de retorno determinado (T = 100 años)**

5.22.1 Método Racional

Para la comprobación del caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente C (**coeficiente de escorrentía**) estimando sobre la base de las características de la cuenca no podemos utilizar el **METODO RACIONAL** ya que es usado para cuencas < 10 Km² , pero el **METODO RACIONAL SEGÚN LA FORMULACION PROPUESTA POR TEMEZ (1987-1991)** permite estimar caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 Km² y con tiempo de concentración (Tc) de entre 0.25 y 24 horas.

5.22.2 Método Racional Modificada (TEMEZ)

(Manual de hidrología, hidráulica y drenaje, MTC. Pág. 50, 2016)

$$\boldsymbol{Q = 0.278 * C * I * A * K}$$

Dónde:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Q: descarga máxima de diseño (m3/s)

C: coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I

I: intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: área de la cuenca (Km²)

K: coeficiente de uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la formula general, son los siguientes:

a) Tiempo de concentración (Tc)

$$T_C = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Dónde:

L: longitud del cauce mayor (Km)

S: pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

b) Coeficiente de uniformidad

$$K = 1 + \frac{{T_C}^{1.25}}{{T_C}^{1.25} + 14}$$

Dónde:

Tc: tiempo de concentración (horas)

c) Coeficiente de simultaneidad o factor reductor (KA)

$$K_A = 1 - \left(\frac{log_{10} A}{15}\right)$$

Dónde:

A: Área de la cuenca (Km²)

d) Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$P = K_A * P_d$$

Dónde:

KA: factor reductor

Pd: precipitación máxima diaria (mm)

e) Intensidad de precipitación (I)

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_C{}^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Dónde:

P: precipitación máxima diaria (mm)

Tc: tiempo de concentración (Tc)

f) Umbral de escorrentía (Po)

$$P_O = (\frac{5000}{CN})\text{-}50$$

Dónde:

CN: número de curva

g) Coeficiente de escorrentía (C)

$$C = \frac{(P_d - P_O) * (P_d + 23 * P_O)}{(P_d + 11 * P_O)^2}$$

Dónde:

Pd: precipitación máxima diaria (mm)

5.22.2.1 Numero de Curva

También llamado número adimensional de curva o curva de número que corresponde al área específica en estudio, valor que

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

debe ser obtenido mediante procesos de calibración o como alternativa en base al tipo de suelo y el uso de la tierra que han sido tabulados por el **Soil Conservation Service**, la cual se definen cuatro grupos: (MTC, 2016)

Grupo A:

Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limo agregados

Grupo B:

Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C:

Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D:

Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Para la generación del número de curva que está presente en el área de estudio, se determinó las capacidades de usos de suelos que ésta presentaba y el tipo de cubierta vegetal que tiene. En consecuencia, los valores de **CN** para varios tipos de usos de la tierra en estos tipos de suelo se muestran en la tabla 5.22.2.1.1 Para una cuenca hecha de varios tipos de suelo y con diferentes usos de la tierra, se pueden calcular un CN compuesto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.22.2.1.1 Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, sub urbana y urbana *"hidrología aplicada de Ven Te Chow. Pág. 154"*

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada[1]: sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena[2]	25	55	70	77
Área abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales /72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial[3]:				
Tamaño promedio del lote — Porcentaje promedio impermeable[4]				
1/8 acre o menos — 65	77	85	90	92
1/4 acre — 38	61	75	83	87
1/3 acre — 30	57	72	81	86
1/2 acre — 25	54	70	80	85
1 acre — 20	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc.[5]	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados[5]	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

- Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972.
- Una buena cubierta está protegida del pastizaje y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.
- Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los sucesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.
-

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.22.2.2 Impermeabilidad

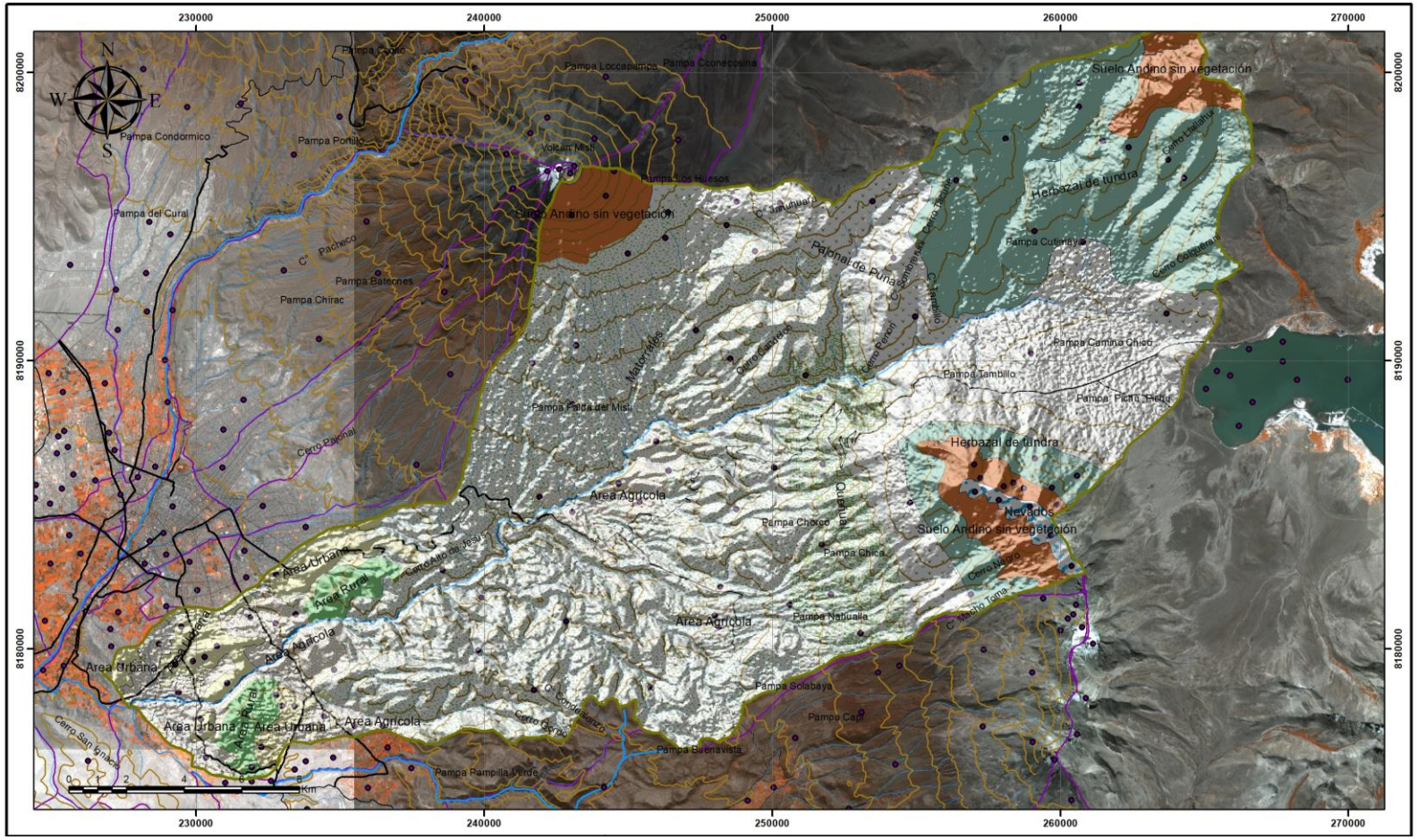
El análisis en áreas a través de interpretación de imágenes satelitales permite realizar determinaciones de la impermeabilidad, con un grado aceptable de confiabilidad, si se lo circunscribe a un área determinada y a un tiempo determinado.

Se busca un mayor contraste con la vegetación, en función de la mayor emisividad de las construcciones, suelos arcillosos y afloramientos rocosos presentes en el área de estudio, resaltando las áreas de mayor impermeabilidad.

Luego se procedió a clasificar las áreas de densidad poblacional mediante el método no supervisado, en el **software Arc GIS 10.1**, el que efectúa una clasificación arbitraria mediante un algoritmo de agrupamiento denominado **ISODATA** considerado uno de los más adecuados para este tipo de metodología.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.22.2.2.1 Determinación del parámetro de número de curva e impermeabilidad



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.22.2.2.1 Determinación del Número de Curva e Impermeabilidad de la Cuenca del rio Socabaya

N°	Símbolo	Descripción	Área	CN
1	Pj	Pajonal de Puna	92.802	68
2	Q	Queñual	31.245	60
3	AR	Área Rural	8.468	80
4	Nev	Nevados	3.371	100
5	AA	Área Agrícola	35.099	62
6	AU	Área Urbana	18.400	92
7	Ht	Herbazal de tundra	86.810	67
8	SA sv	Suelo Andino sin vegetación	28.428	86
9	Ma	Matorrales	205.261	48

- **Conclusión**

  El número de curva (**CN**) de la cuenca del rio Socabaya es 61

  El porcentaje de impermeabilización de la cuenca del rio Socabaya es 7.90%

  Los resultados por el Método Racional Modificado Temez, es el siguiente:

Cuadro Nro. 5.22.2.2.2 Resultados método racional Modificado Temez para un Periodo de Retorno de 100 años

C	0.099
I (mm/h)	4.027
A (Km²)	509.883
K	1.567
Q (m³/s)	88.6

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.22.2.2.3 Resumen de Caudales para diferentes modelos de Distribución de Probabilidad – Método Racional Modificado

Temez I

Modelo de Distribucion de Probabilidad	Distr. Normal				Distr. Log Normal				Distr. Log Normal II			
	25	50	100	200	25	50	100	200	25	50	100	200
	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
Met. Aritmetico (3)	11.6	20.1	28.8	36.6	27.9	48.9	73.7	101.6	27.9	48.9	73.7	101.6
Met. Aritmetico (5)	27.1	38.3	48.9	59.3	44.0	69.2	97.7	130.3	44.0	69.2	97.7	130.3
Met. Poligono de Thiessen (3)	21.6	32.2	43.0	53.1	37.5	63.5	93.6	127.6	37.5	63.5	93.6	127.6
Met. Poligono de Thiessen (5)	29.7	42.1	53.9	64.8	45.1	71.6	101.7	135.3	45.1	71.6	101.7	135.3
Met. De Isoyetas (3)	24.7	35.8	46.9	57.2	40.2	65.7	93.8	127.3	40.2	65.7	93.8	127.3
Met. De Isoyetas (5)	31.4	44.0	55.9	67.0	46.0	72.5	101.6	133.8	46.0	72.5	101.6	133.8
Estacion Chiguata	36.6	52.9	68.1	83.6	56.0	96.1	144.4	201.0	56.0	96.1	144.4	201.0

Modelo de Distribucion de Probabilidad	Distr. Log Normal III				Distr. Gumbel				Distr. Log Gumbel			
	25	50	100	200	25	50	100	200	25	50	100	200
	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
Met. Aritmetico (3)	17.2	30.5	44.1	59.1	20.1	37.5	57.1	78.7	48.0	103.1	187.9	314.4
Met. Aritmetico (5)	31.3	45.0	59.4	74.0	37.5	60.3	85.9	114.0	68.1	132.1	228.5	367.0
Met. Poligono de Thiessen (3)	30.4	48.0	67.9	88.4	32.1	54.0	79.7	107.3	62.5	130.4	235.2	393.9
Met. Poligono de Thiessen (5)	42.0	63.5	87.2	112.6	41.2	65.8	93.5	124.2	70.5	138.2	239.4	388.7
Met. De Isoyetas (3)	33.9	52.8	72.6	93.6	35.7	58.2	83.6	112.7	64.6	129.0	227.1	372.3
Met. De Isoyetas (5)	45.0	68.2	93.8	121.5	43.1	68.0	95.2	126.1	71.4	136.7	234.8	375.4
Estacion Chiguata	59.3	95.0	136.5	182.2	52.0	84.7	121.7	163.2	93.8	204.9	388.9	681.9

Cuadro Nro. 5.22.2.2.4 Resumen de Caudales para diferentes modelos de Distribución de Probabilidad – Método Racional Modificado

Temez II

Modelo de Distribucion de Probabilidad	Distr. Gamma II				Distr. Pearson Tipo III				Distr. Log Pearson Tipo III			
	25	50	100	200	25	50	100	200	25	50	100	200
	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
Met. Aritmetico (3)	12.9	25.6	39.3	53.9	15.8	25.5	36.6	48.0	19.3	33.1	47.0	61.5
Met. Aritmetico (5)	22.4	37.5	53.9	70.4	33.1	48.0	64.8	82.3	38.5	59.2	81.1	104.5
Met. Poligono de Thiessen (3)	29.7	47.0	65.7	84.8	29.6	45.9	64.6	84.6	35.6	59.1	85.9	115.6
Met. Poligono de Thiessen (5)	33.0	50.0	68.2	87.4	40.3	59.4	81.1	104.4	44.1	70.2	98.9	130.7
Met. De Isoyetas (3)	29.7	46.9	64.6	83.3	34.7	51.0	70.4	111.3	38.4	**62.4**	**88.6**	118.4
Met. De Isoyetas (5)	36.5	54.0	72.6	92.2	44.0	**63.7**	**87.1**	111.3	45.9	71.4	100.1	131.9
Estacion Chiguata	44.0	69.2	97.5	126.2	49.0	77.4	110.1	146.4	66.9	119.9	189.5	276.8

- **conclusión**

La descarga máxima de diseño por el método Racional Modificado (**TEMEZ**), para un periodo de retorno T=100 años es de 88.6 m³/s.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.22.3 Método software HEC - HMS

El **software HEC-HMS** nos solicita dos parámetros el cual son el número de curva y la impermeabilidad, el modelo desarrollado por el **servicio de conservación de suelos (SCS)** de los estados unidos, usa el **número de curva (CN)** el cual es un parámetro empírico estimado de la combinación de humedad antecedente del suelo.

5.22.3.1 Tiempo de Concentración (Tc):

Se define como el tiempo que dura el agua que cae en el punto más lejano, en llegar al nivel de base, punto de control o desembocadura de la cuenca. Se puede definir por modelos matemáticos que tienen en cuenta variables como la longitud del cauce, pendiente, entre otras. El tiempo de concentración sirve para determinar la torrencialidad potencial de una cuenca en función de sus características físicas. Existen muchos métodos para el cálculo del tiempo de concentración. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. pág. 208, 1992)*

Por tener el concepto de tiempo de concentración una cierta base física, han sido numerosos los autores que han obtenido formulaciones del mismo, a partir de características morfológicas y geométricas de la cuenca, a continuación, se muestran fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración

5.22.3.1.1 Kirpich (1940)

$$t_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$$

Donde:

L: Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m.

S: Pendiente promedio de la cuenca, m/m.

t_c: Tiempo de concentración, minutos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.22.3.1.2 California Culverts Practice (1942)

$$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Donde:

L: longitud del curso de agua más largo, m.

H: Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.

t_c: Tiempo de concentración, minutos.

5.22.3.1.3 Federal Aviation Administration (1970)

$$t_c = 0.7035 * \frac{(1.1 - C) * L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía del método racional.

L: longitud del flujo superficie, m.

S: Pendiente de la superficie, m/m.

t_c: Tiempo de concentración, minutos.

5.22.3.1.4 Temez (1991)

$$t_c = 0.3 * (\frac{L}{S^{0.25}})^{0.76}$$

Donde:

L: Longitud del cauce mayor, Km.

S: Pendiente promedio del cauce mayor, m/m.

t_c: Tiempo de concentración, horas.

5.22.3.1.5 Pizarro

$$t_c = 13.548 * (\frac{L^2}{H})^{0.77}$$

Donde:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$\boldsymbol{L}$: Longitud, Km.

$\boldsymbol{H}$: Desnivel, m.

$\boldsymbol{t_c}$: Tiempo de concentración, horas.

5.22.3.1.6 Passini

$$t_c = 0.108 * \frac{(L * A)^{\frac{1}{3}}}{S^{1/2}}$$

Donde:

$\boldsymbol{L}$: Longitud, Km.

$\boldsymbol{A}$: Área, Km².

$\boldsymbol{S}$: Pendiente, m/m.

$\boldsymbol{t_c}$: Tiempo de concentración, horas.

El tiempo de concentración real depende de muchos factores como de la geometría en la planta de la cuenca **(una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración**) y de la pendiente pues a mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración.

Cuadro Nro. 5.22.3.3.1 Resultados del Tiempo de Concentracion

METODO	FORMULA PARA TC (minutos)	RESULTADOS (hor)
Kirpich (1940)	$T_C = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$	**4.18**
California Culverts Practice (1942)	$T_C = 0.0195(\frac{L^3}{H})^{0.385}$	**4.186**
Temez (1991)	$T_C = 0.3 * (\frac{L}{S^{0.25}})^{0.76}$	**10.262**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Federal Aviation Administration (1970)	$T_C = 0.7035 * \frac{(1.1 - C) * L^{0.50}}{S^{0.333}}$	**6.987**
Pizarro	$T_C = 13.548 * (\frac{L^2}{H})^{0.77}$	**12.978**
Passini	$T_C = 0.108 * \frac{(L * A)^{\frac{1}{3}}}{S^{1/2}}$	**13.821**

Transcurrido el tiempo de concentración se considerará que toda la cuenca contribuye a la salida, como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (**a mayor duración disminuye la intensidad**), entonces se asume que la duración critica es igual al tiempo de concentración Tc.

Por lo tanto, para modelar con el **Software HEC-HMS** necesitamos los siguientes parámetros.

Parámetros morfo métricos de la cuenca

- Área, (509.883 Km²)
- Longitud del Cauce principal, (50.06 Km)

Registro de hietograma de diseño

- Precipitación = f(tiempo)

Tipo de suelo y cobertura vegetal de la cuenca

- Numero de curva (NC = 61)

Tiempo de concentración

- Método Kirpich 4.18 horas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Secuencia de modelación

- Ingresar datos de la cuenca (Grafico y Valores), (**Basin Model Manager**)
- Ingresar datos del hietograma de diseño, (**Time-Series Data Manager**)
- Establecer el modelo meteorológico, (**Metereologic Model Manager**)
- Establecer el formato de salida de resultados, (**Control Specifications Manager**)

Figura Nro. 5.22.3.1 Método Software HEC-HMS

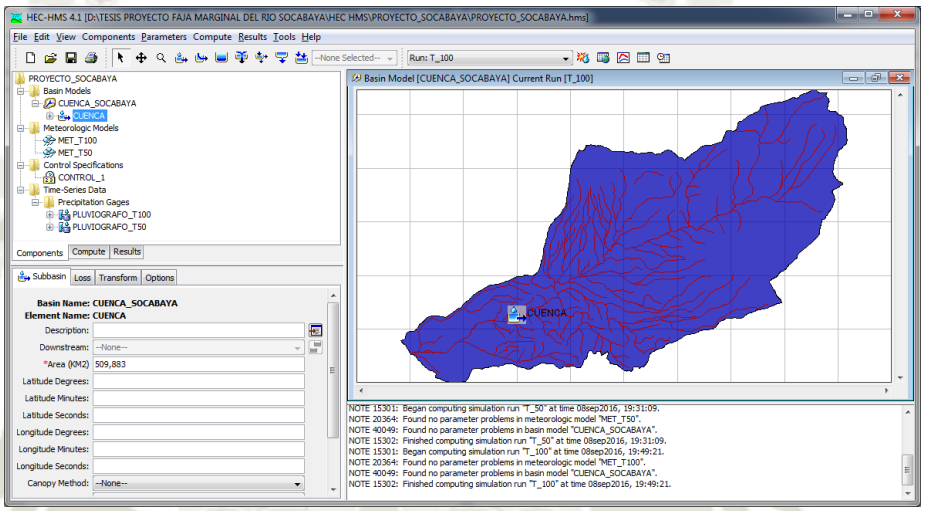
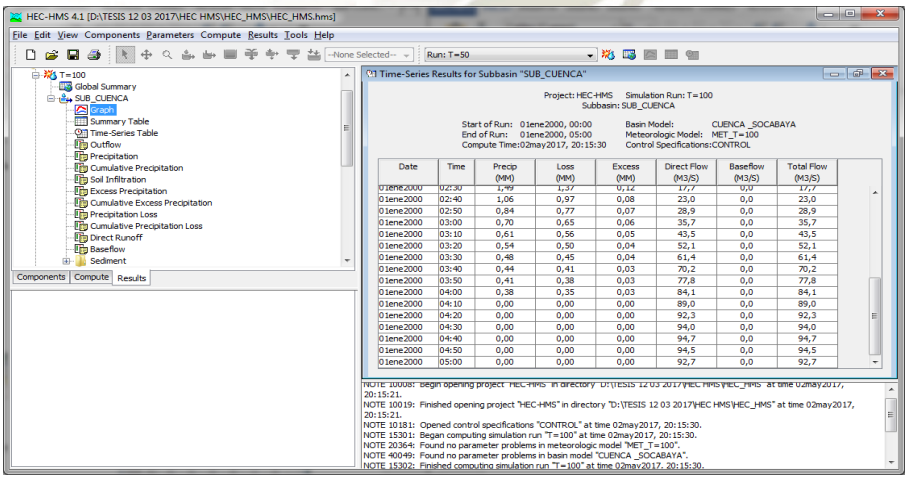


Figura Nro. 5.22.3.2 Modelamiento HEC-HMS, Periodo de Retorno de 100 años



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.3.3 Modelamiento HEC-HMS, Periodo de Retorno de 50 años

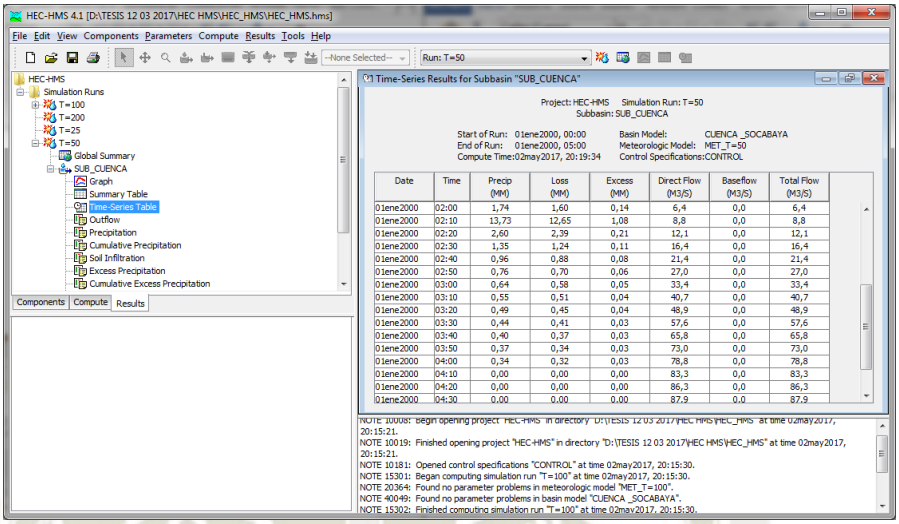
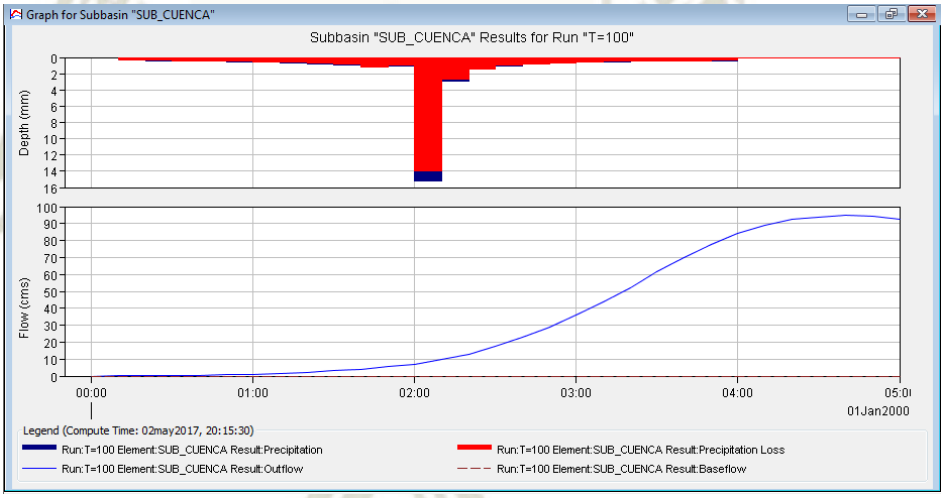
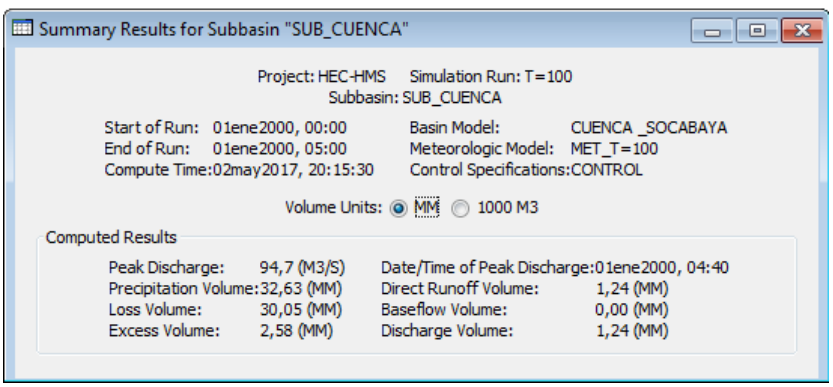


Figura Nro. 5.22.3.4 Hietograma e Hidrograma de Crecidas T=100 años



Por lo tanto Se pueden visualizar en la Figura Nro. 5.22.3.4 tanto el hietograma e Hidrograma de salida como también el caudal pico Máximo de 94.7 m³/s



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.22.3.3.2 Resumen de Caudales para diferentes modelos de Distribución de Probabilidad – Método Software HEC HMS I

Modelo Probabilidad de Distribucion	Distr. Normal				Distr. Log Normal				Distr. Log Normal II			
	25	50	100	200	25	50	100	200	25	50	100	200
	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
Met. Aritmetico (3)	66.4	70.8	74.8	78.4	74.4	83.5	92.6	102.4	74.4	83.5	92.6	102.4
Met. Aritmetico (5)	74.0	79.0	83.4	87.5	81.4	91.0	101.0	114.0	81.4	91.0	101.0	114.0
Met. Poligono de Thiessen (3)	71.4	76.5	81.0	85.2	78.8	89.0	99.4	113.0	78.8	89.0	99.4	113.0
Met. Poligono de Thiessen (5)	75.4	80.6	85.3	89.5	82.0	91.9	102.4	116.6	82.0	91.9	102.4	116.6
Met. De Isoyetas (3)	73.0	78.1	82.6	86.8	79.9	89.7	99.7	112.6	79.9	89.7	99.7	112.6
Met. De Isoyetas (5)	76.1	81.4	86.0	90.3	82.4	92.1	102.3	116.0	82.4	92.1	102.3	116.0
Estacion Chiguata	78.4	84.9	90.7	96.1	86.1	100.2	120.6	151.8	86.1	100.2	120.6	151.8

Modelo Probabilidad de Distribucion	Distr. Log Normal III				Distr. Gumbel				Distr. Log Gumbel			
	25	50	100	200	25	50	100	200	25	50	100	200
	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
Met. Aritmetico (3)	69.4	75.6	81.6	87.3	70.6	78.6	86.6	94.5	83.1	102.9	140.3	227.5
Met. Aritmetico (5)	75.9	82.0	87.6	92.8	78.8	87.8	96.7	106.9	90.7	115.1	168.5	267.8
Met. Poligono de Thiessen (3)	75.5	83.1	90.4	97.5	76.3	85.5	94.6	104.5	88.6	114.1	173.2	287.9
Met. Poligono de Thiessen (5)	80.5	88.9	97.1	106.4	80.4	89.8	99.4	111.2	91.6	115.7	176.0	284.1
Met. De Isoyetas (3)	77.2	84.8	92.1	99.4	77.9	87.0	96.1	106.4	89.3	113.6	168.2	271.7
Met. De Isoyetas (5)	81.9	90.7	99.6	110.3	81.2	90.6	100.2	112.3	91.7	117.1	172.5	274.5
Estacion Chiguata	87.5	100.0	116.8	140.7	84.7	96.4	110.4	130.7	99.6	154.3	284.7	532.3

Cuadro Nro. 5.22.3.3.3 Resumen de Caudales para diferentes modelos de Distribución de Probabilidad – Método Software HEC HMS II

Modelo Probabilidad de Distribucion	Distr. Gamma II				Distr. Pearson Tipo III				Distr. Log Pearson Tipo III			
	25	50	100	200	25	50	100	200	25	50	100	200
	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
Met. Aritmetico (3)	67.1	73.4	79.5	85.2	68.4	73.4	78.4	83.1	70.4	76.8	82.8	88.4
Met. Aritmetico (5)	72.0	78.8	85.3	91.5	76.9	83.2	89.5	95.6	79.3	87.4	95.2	103.5
Met. Poligono de Thiessen (3)	75.4	82.8	89.7	96.5	75.2	82.2	89.4	96.2	77.8	87.3	96.7	107.7
Met. Poligono de Thiessen (5)	76.6	83.9	90.8	97.4	80.1	87.6	95.3	103.3	81.6	91.3	101.3	114.4
Met. De Isoyetas (3)	75.4	82.5	89.3	95.8	77.4	84.4	91.6	98.5	79.2	**88.5**	**97.7**	108.8
Met. De Isoyetas (5)	78.2	85.4	92.1	98.9	81.4	**89.1**	**94.7**	106.0	82.1	91.7	101.6	114.7
Estacion Chiguata	81.5	91.1	100.7	112.5	83.6	93.9	105.7	122.0	90.1	109.5	144.9	201.3

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

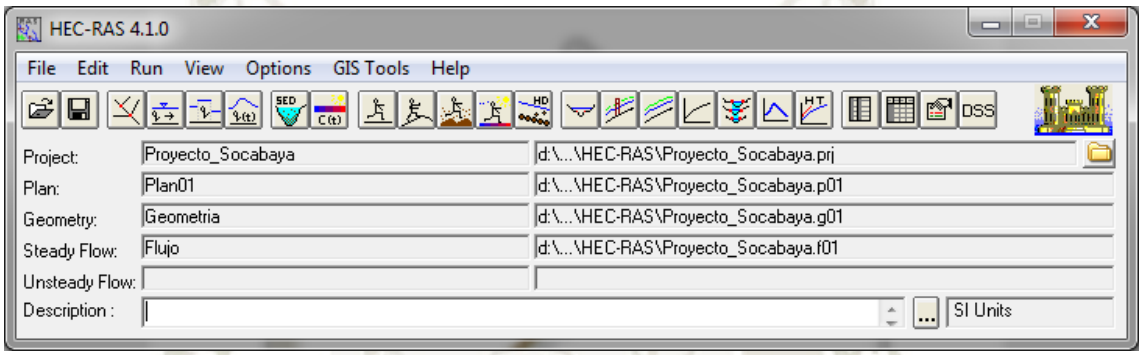
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.22.4 Simulación Hidráulica del Río

La simulación hidráulica del río se modeló en régimen mixto con un caudal permanente o flujo gradualmente variado, considerando parámetros calculados y características de la cuenca.

Se empleó el modelo hidráulico **HEC-RAS** sobre la plataforma del sistema de información geográfica (**SIG**), haciendo uso del programa **Arc Gis 10.1** y el **HEC-Geo Ras.**

Figura Nro. 5.22.4.1 Calculo con HEC-RAS 4.1



Los modelos de elevación del río, como un concepto general, es el uso de simulaciones hidrológicas para crear una superficie de agua del río en este caso el del rio Socabaya, sobre la base física, geoespacial y las propiedades hidrológicas en una red de flujo de agua dado. Suponiendo que la información sobre el flujo de agua es suficiente y está disponible, tales simulaciones pueden producir una serie de elevaciones del agua a lo largo del cauce como una función de la velocidad de flujo.

Para el presente proyecto se ha elegido un tramo de 12.5 km del rio Socabaya, situado en la provincia de Arequipa, para aplicar el **programa HEC-RAS** y su interacción con **Arc Gis** a través de la aplicación **HEC-Geo RAS**. Se detallan todos los pasos seguidos para realizar la simulación.

Para este trabajo se ha utilizado el siguiente Software:

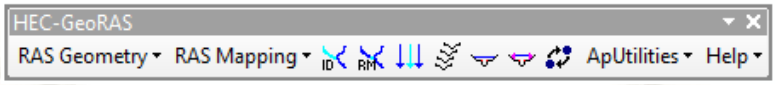
- HEC-RAS 4.1.0
- Arc Gis 10.1
- HEC-Geo RAS 10.0

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

HEC-GeoRAS es una extensión para usar con **Arc Gis** específicamente diseñada para procesar datos geoespaciales, mediante una interfaz gráfica de usuario, además permite interrelacionar información generada con **HEC-RAS**, HEC-GeoRAS crea un archivo para importar a **HEC-RAS** datos de geometría del terreno incluyendo cauce del río, secciones transversales, etc. Información sobre estructuras hidráulicas, puentes, etc.



Posteriormente los resultados obtenidos como profundidades de agua y velocidades se exportan desde **HEC-RAS a Arc Gis** y pueden ser procesados para obtener mapas de inundación y riesgo como es el caso de este estudio, para poder realizar la delimitación de la faja marginal y posición de sus respectivos hitos.

Para el presente estudio se ha empleado los puntos tomadas de la topografía del terreno, teniendo como dato las coordenadas Este, Norte y la Altitud (z), con ello y el inventario de infraestructura hidráulica construida en el tramo de estudio, se ha procedido a realizar las siguientes actividades:

Pre-proceso:

- Calculo de los coeficientes "**n**" en campo
- Cálculos morfológicos de las cuencas por medio del **Software ArcGis 10.1**
- Calculo del caudal en la cuenca con la mejor distribución para un periodo de retorno de 50 y 100 años mediante el **Software HEC-HMS**

Cálculo con HEC-RAS:

- Importar geometría desde **HEC-RAS**.
- Simular el modelamiento del cauce.
- Editar los datos necesarios para el cálculo en régimen variable (condiciones de contorno, caudal de entrada, duración de la simulación, etc.).
- Realizar simulación con **HEC-RAS**.
- Exportar resultados de **HEC-RAS a Arc Gis**.
-

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

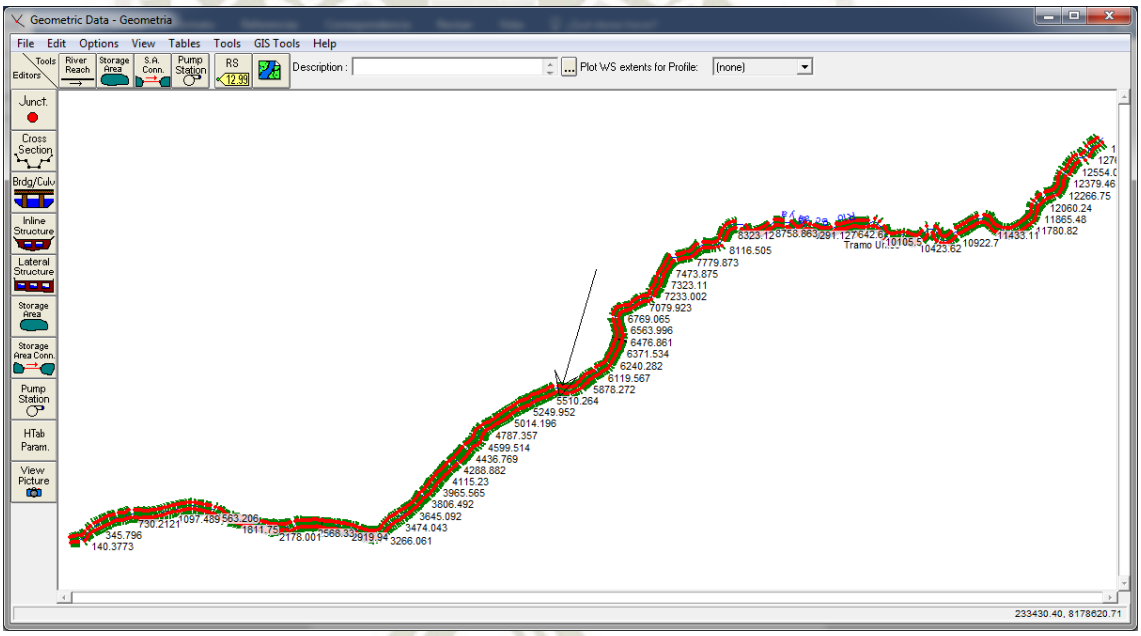
Post-proceso:

- Abrir el fichero de resultados desde Arc Gis.
- Crear mapas de inundación.
- Visualización en Arc Scene

Parámetros Usados Y Resultados

- Se realizó la simulación en un tramo de 12.5 km de longitud
- En base a las variables de pendientes en tramos del eje del cauce

Figura Nro. 5.22.4.2 Vista del trazo del eje del rio y secciones importadas a HEC-RAS



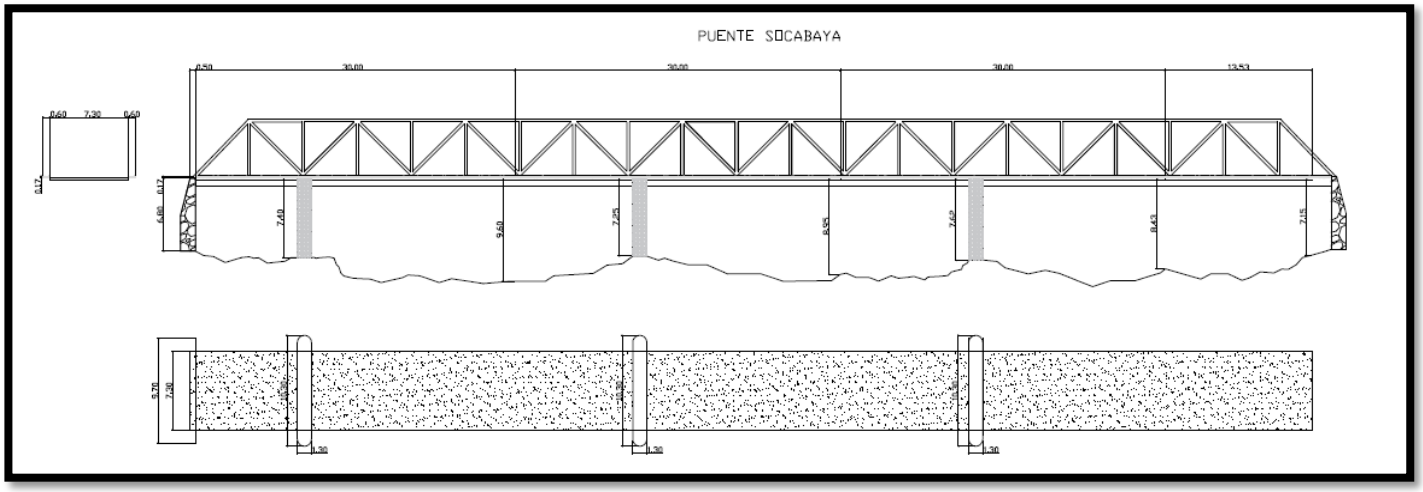
Una vez que realizamos las secciones representativas del rio Socabaya importamos al programa HEC-RAS, donde introducimos un valor morfológico de la cuenca del rio Socabaya como es la pendiente, luego introducimos el coeficiente de rugosidad de manning que significa estimar la resistencia al escurrimiento del rio. Para la cual obtuvimos los datos en situ.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

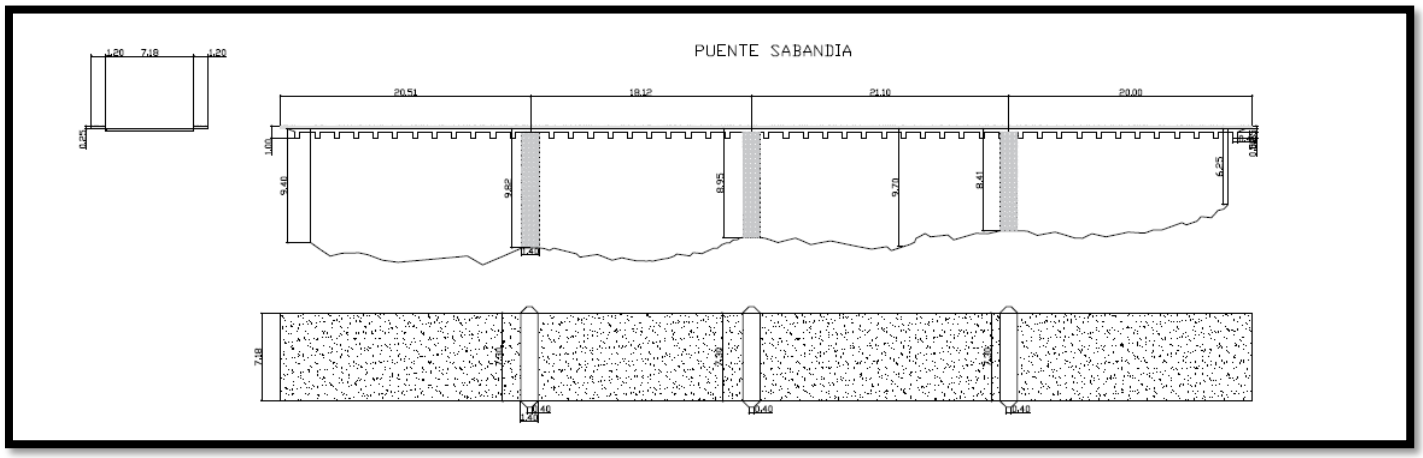
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Simulación del Puente Socabaya y Sabandia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Para introducir los puentes Socabaya y Sabandia en Hec Ras, tenemos que tener la geometría del puente como se mostró anteriormente

Luego en las respectivas secciones de hec ras interpolamos las secciones que serán longitudes de contracción y expansión:

- Distancia entre S4 y S3: Longitud de contracción
- Distancia entre S3 y S2: Distancia de las secciones a la estructura
- Distancia entre S2 y S1: Longitud de expansión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Datos de Estructura				
Infraestructura	**S3- Estruct**	**Estruct**	**Estruc-S2**	**Dist Total**
Puente Socabaya	1	**7.3**	1	**9.3**
Puente Sabandia	1	**7.2**	1	**9.2**

La obtención de las longitudes de contracción y expansión se obtienen a partir de las siguientes expresiones:

$$L_C = CR * L_{obs}$$

$$L_E = ER * L_{obs}$$

Donde:

Lobs: Obstrucción media del elemento

CR: Relación de Contracción

CE: Relación de Expansión

Relación de Contracción		**nob/nc=1**	**nob/nc=2**	**nob/nc=4**
S= 1 ft/mile		1.0 - 2.3	0.8 - 1.7	0.7 - 1.3
5 ft/mile		1.0 - 1.9	0.8 - 1.5	0.7 - 1.2
10 ft/mile		1.0 - 1.9	0.8 - 1.4	0.7 - 1.2
Relación de Expansión		**nob/nc=1**	**nob/nc=2**	**nob/nc=4**
b/B=0.1	S= 1 ft/mile	1.4 - 3.6	1.3 - 3.0	1.2 - 2.1
	5 ft/mile	1.0 - 2.5	0.8 - 2.0	0.8 - 2.0
	10 ft/mile	1.0 - 2.2	0.8 - 2.0	0.8 - 2.0
b/B=0.25	S= 1 ft/mile	1.6 - 3.0	1.4 - 2.5	1.2 - 2.0
	5 ft/mile	1.5 - 2.5	1.3 - 2.0	1.3 - 2.0
	10 ft/mile	1.5 - 2.0	1.3 - 2.0	1.3 - 2.0
b/B=0.5	S= 1 ft/mile	1.4 - 2.6	1.3 - 1.9	1.2 - 1.4
	5 ft/mile	1.3 - 2.1	1.2 - 1.6	1.0 - 1.4
	10 ft/mile	1.3 - 2.0	1.2 - 1.5	1.0 - 1.4

Fuente: Manual de Hec Ras

Obtenemos las obstrucciones, como la medida de la anchura del puente que se encuentran a ambos lados de las aberturas o pasos de agua de la infraestructura.

Obstruccion Media del Elemento - Estribo			
Infraestructura	**Dist. AB**	**Dist. CD**	**Lobs**
Puente Socabaya	5	5	**5**
Puente Sabandia	5	5	**5**
Relacion entre Ancho de Paso y Ancho total - Tablero			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Infraestructura	b	B	b/B
Puente Socabaya	100	110	0.91
Puente Sabandia	80	95	0.84

Obtenemos la relación nob/nc de las secciones, que se toma como valores de manning

Relacion de Rugosidades en Seccion de Referencia				
Infraestructura	**nlob**	**nrob**	**nc**	**nob/nc**
Puente Socabaya	0.065	0.065	0.063	**1**
Puente Sabandia	0.065	0.065	0.063	**1**

Hallamos la pendiente aguas arriba y aguas debajo de las secciones donde se introducirá el puente

Pendiente Aguas Arriba		
Infraestructura	**S_0**	**S**
Puente Socabaya	0.00159	8
Puente Sabandia	0.00194	10
Pendiente Aguas Abajo		
Infraestructura	**S_0**	**S**
Puente Socabaya	0.0018	10
Puente Sabandia	0.00405	21

Hallamos la Longitud de Expansión

Infraestructura	ER	Long. Expan.
Puente Socabaya	2	10
Puente Sabandia	2	10

Hallamos la longitud de Contracción

Infraestructura	CR	Long. Contr.
Puente Socabaya	1.9	10
Puente Sabandia	1.9	10

Luego introducimos en las secciones los respectivos coeficientes en flujo sub critico de contracción y expansión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Flujo	Contracción	Expansión
Sin pérdida de transición calculada	0.00	0.00
Transiciones graduales	0.10	0.30
Secciones de puente típicas	0.30	0.50
Transiciones abruptas	0.60	0.80

Figura Nro. 5.22.4.3 Modelación de los parámetros Geométricos e Hidráulicos en el puente Socabaya con Hec Ras 5.0.3

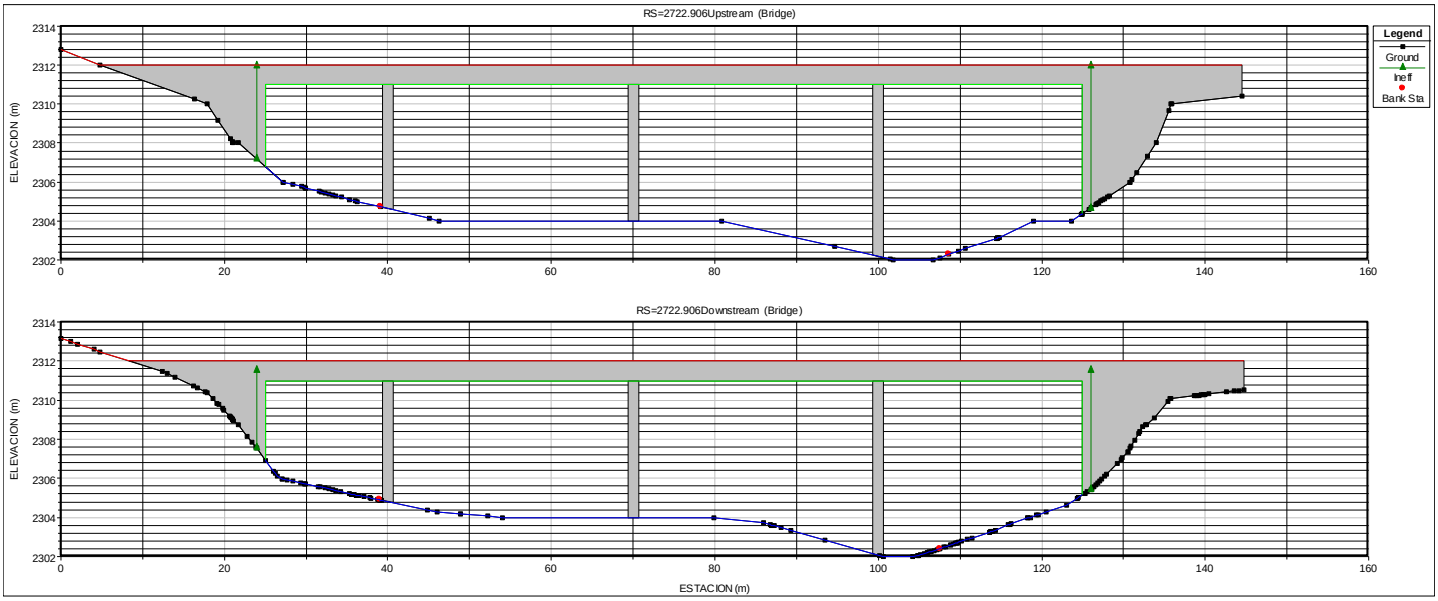
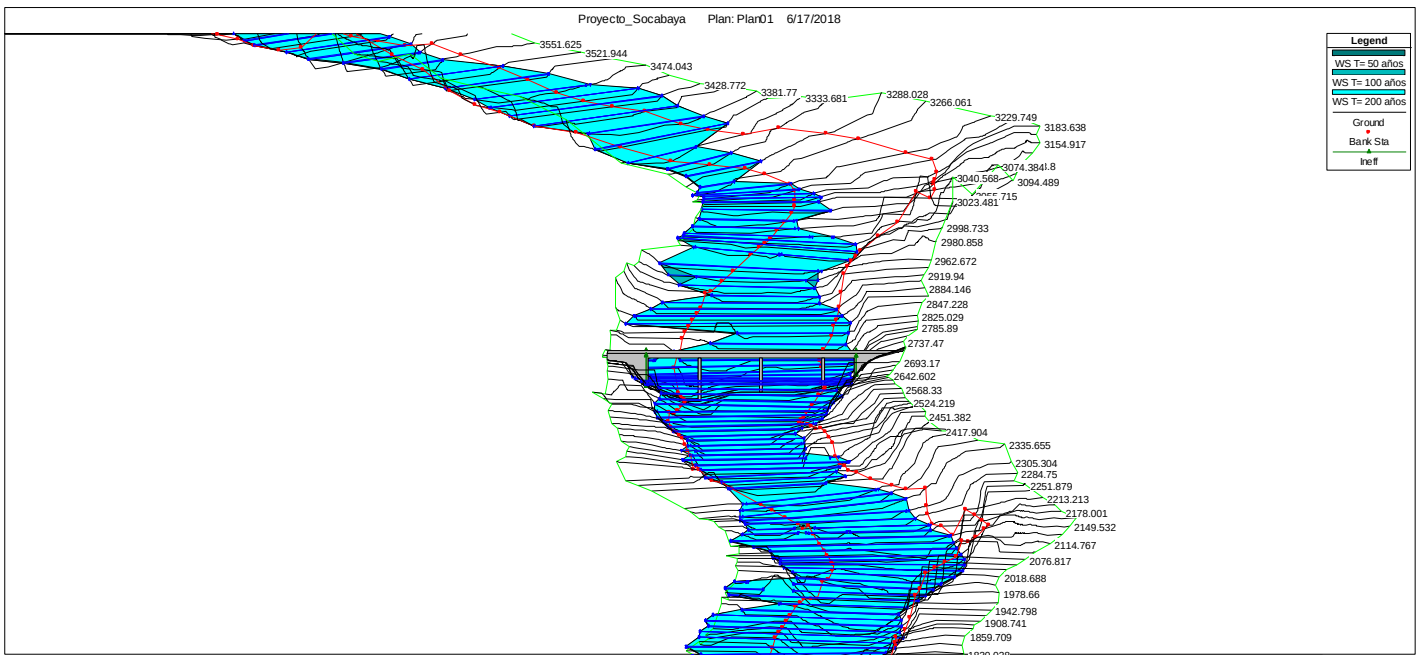


Figura Nro. 5.22.4.4 Simulación de Inundación en el Puente Socabaya con HEC RAS 5.0.3



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.4.5 Modelación de los parámetros Geométricos e Hidráulicos en el puente Sabandia con Hec Ras 5.0.3

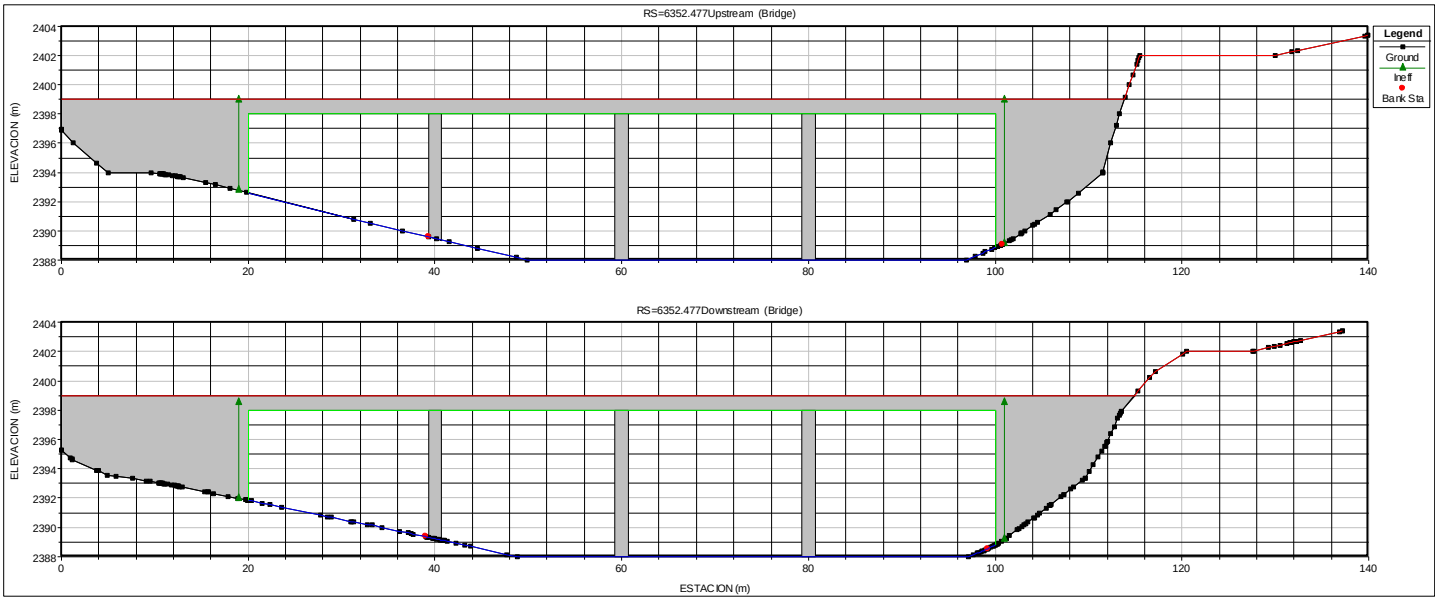
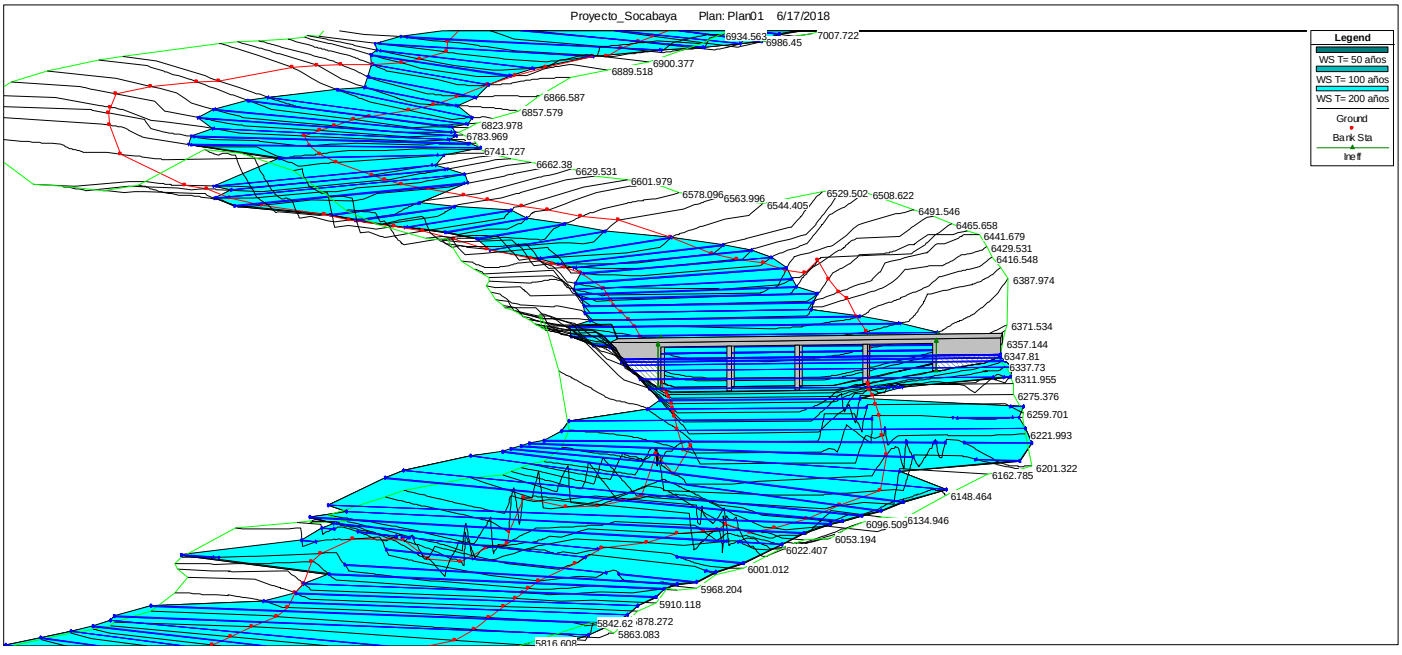


Figura Nro. 5.22.4.6 Simulación de Inundación en el Puente Sabandia con HEC RAS 5.0.3



Para el método de flujo bajo en el enfoque de modelación del puente se utilizó los métodos de ecuación de energía, ecuación de la cantidad de movimiento cd=1.2 y ecuación de yarmell. Mientras k=0.9 por tratarse de pilares circulares como se pudo observar en el manual de Hec Ras.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el método de flujo alto se utilizó el método de flujo a presión y/o vertedero ya que consideramos que el puente por contracción está fluyendo completamente llena, en tal sentido se utilizó un coeficiente sumergido de ingreso y salida de 0.8.

Se seleccionó el tipo de régimen de acuerdo a las condiciones de contorno especificadas, (Steady Flow Boundary Conditions - Normal Depth) tanto aguas abajo como aguas arriba por lo que el régimen fue Mixto, ya que el régimen va variando a lo largo del tramo.

5.22.5 Factores que afectan el coeficiente de rugosidad de manning

No es poco común para los ingenieros de pensar que un canal tenga un único valor de n para todas las ocasiones, en realidad el valor de n es muy variable y depende de una cantidad de factores. Al seleccionar un valor adecuado de n para diferentes ocasiones de diseño en ambos canales artificial y natural debemos tener en cuenta lo siguiente: ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Rugosidad de la superficie:

La rugosidad de la superficie se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forma el perímetro mojado y que producen un efecto retardante sobre el flujo. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Vegetación:

La vegetación puede ser vista como una clase de rugosidad superficial, pues allá también reduce en marcada forma la capacidad del canal y retarda el flujo, este efecto depende principalmente de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación ya que es muy importante en el diseño de canales pequeños de drenaje. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Irregularidad del canal:

La irregularidad del canal comprende irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma a lo largo de la longitud del canal, en los canales naturales, tales irregularidades son

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

introducidas normalmente debido a la presencia de barras de arena, ondas arenosas, hoyos y relieves en el lecho del canal. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Alineamiento del canal:

Curvaturas suaves con radios grandes darán un valor relativamente bajo de n, mientras que curvaturas agudas con meandros severos aumentarán n. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Depósitos y socavaciones:

Los depósitos pueden cambiar un canal muy irregular en uno comparativamente uniforme y disminuir n mientras que la erosión puede ser al revés y aumentar n, sin embargo, el efecto dominante de depósito dependerá de la naturaleza del material depositado. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Obstrucciones:

La presencia de troncos, pilares de puentes y semejantes tiende a aumentar n, el monto del aumento depende de la naturaleza de la obstrucción, su tamaño, forma, número y distribución. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Tamaño y forma del canal:

No hay evidencia definitiva acerca de que el tamaño y forma del canal sea un factor importante que afecte el valor de n. un aumento en el radio hidráulico puede aumentar o disminuir n, dependiendo de la condición del canal. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Nivel y caudal:

El valor de n en la mayoría de las corrientes decrece con el aumento en el nivel y en el caudal. Cuando el agua esta baja, las irregularidades del fondo del canal están expuestas y sus efectos se hacen pronunciados, sin embargo, el valor de n puede ser grande para niveles altos si los bancos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

son rugosos y con mucha vegetación. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Cambio estacional:

Debido al crecimiento estacional de las plantas acuáticas, pastos, hierbas, sauces, arbustos, y árboles en el canal o en los bancos, el valor de n puede aumentar en la estación de crecimiento y disminuir en la estación estable. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Material suspendido y transporte de fondo:

El material suspendido y el transporte de fondo, este en movimiento o no, consumirá energía y ocasionará perdidas de altura o aumentaría la rugosidad aparente del canal. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Reconociendo varios factores primarios que afectan el coeficiente de rugosidad, **COWAN** desarrollo un procedimiento para estimar el valor de n, por este procedimiento, el valor de n se puede calcular por:

$$\boldsymbol{n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5}$$

Donde, $\boldsymbol{n_0}$ es un valor básico de $\boldsymbol{n}$ para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados, $\boldsymbol{n_1}$ es un valor que debe agregarse al $\boldsymbol{n_0}$ para corregir el efecto de las rugosidades superficiales, $\boldsymbol{n_2}$ es un valor para considerar las variaciones en forma tamaño de la sección transversal del canal, $\boldsymbol{n_3}$ es un valor para considerar las obstrucciones, $\boldsymbol{n_4}$ es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo, y $\boldsymbol{m_5}$ es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal. ***(****Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 99, 1994)*

Cuadro Nro. 5.22.5.1 Valores para el cálculo del Coeficiente de Rugosidad

condiciones del canal			valores
Material Considerado	tierra	n_0	0.02
	roca		0.025
	grava fina		0.024
	grava gruesa		0.028

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Grado de Irregularidad	liso	n_1	0
	menor		0.005
	moderado		0.01
	severo		0.02
variaciones de la sección transversal del canal	gradual	n_2	0
	ocasionalmente alternante		0.005
	frecuentemente alternante		0.01-0.015
Efectivo relativo de obstrucciones	despreciable	n_3	0
	menor		0.01-0.015
	apreciable		0.02-0.03
	severo		0.04-0.06
Vegetación	baja	n_4	0.005-0.01
	media		0.01-0.025
	alta		0.025-0.05
	muy alta		0.05-0.1
Cantidad de meandros	menor	m_5	1
	apreciable		1.15
	severa		1.3

Fuente: Hidráulica de canales, Ven Te Chow. Pág. 105

Después de terminada la simulación, regresamos a la ventana principal del **HEC – RAS** y procedemos a exportar los resultados a Arc Gis 10.1 el perfil que deseamos exportar para un periodo de **T=100 años**.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.1 Mapa de zonas de Inundación, T=100 años – Rio Socabaya

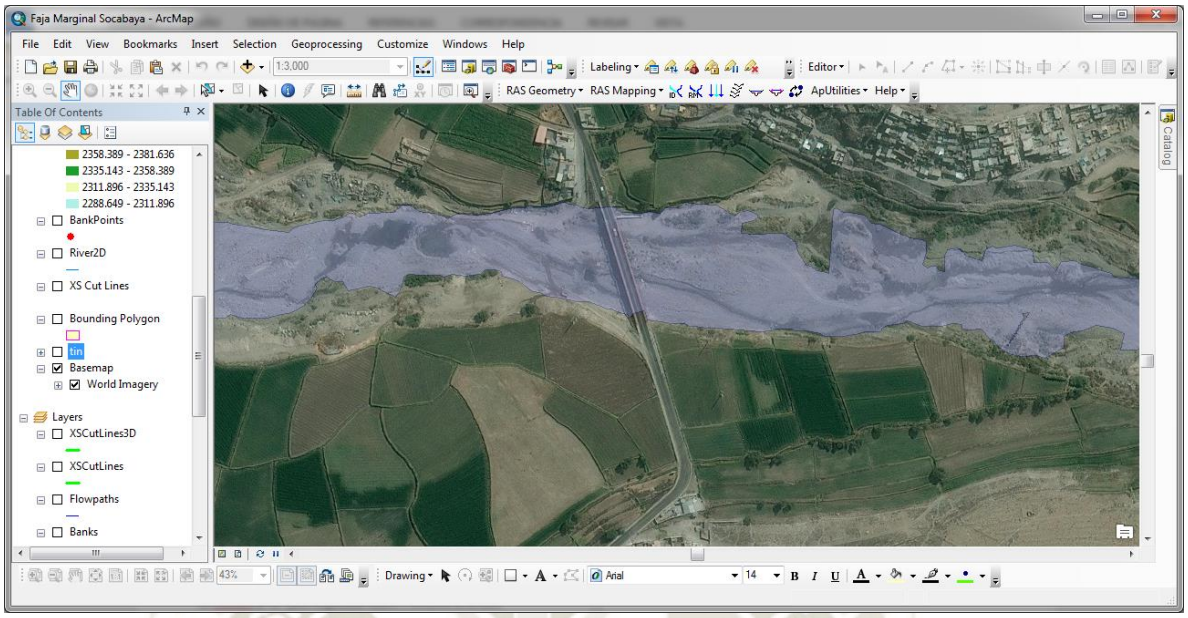
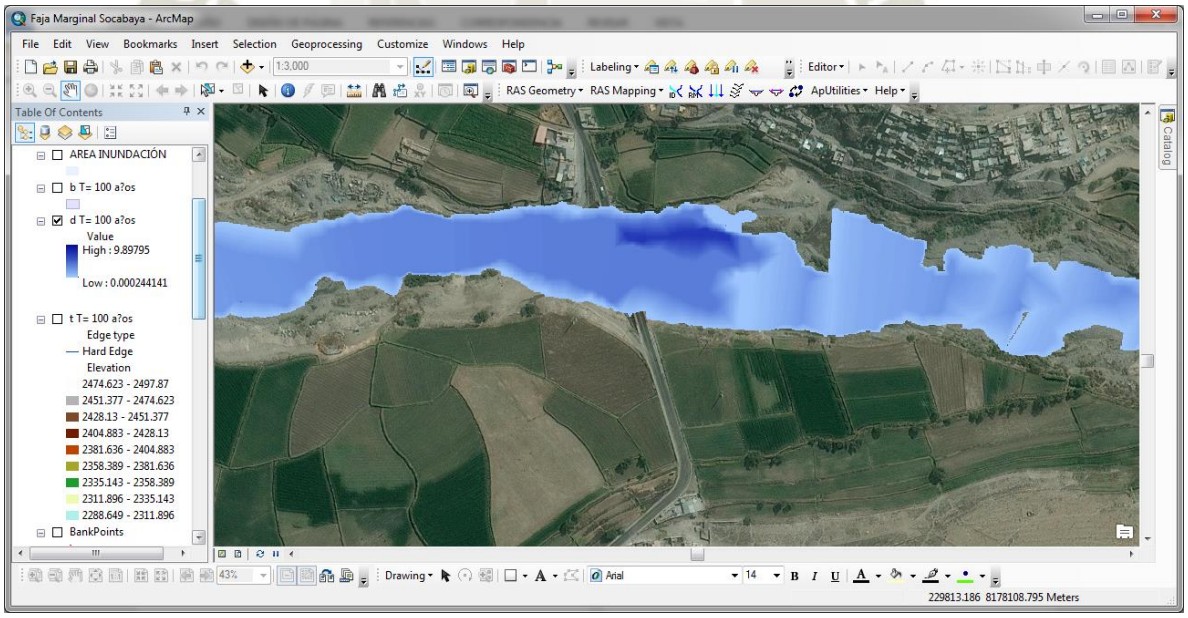


Figura Nro. 5.22.5.2 Mapa de tirante Hidráulica, T=100 años – Rio Socabaya



En los anexos se adjunta los cuadros con la determinación del coeficiente de Maninng que se realizó en campo.

En los anexos y planos se observará en forma detallada las secciones importadas del programa Arc GIS, así como también las velocidades, Tirantes, el rio Socabaya en 3D, perfil longitudinal catastro y ubicación de los hitos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A continuación, los resultados hidráulicos del rio Socabaya por medio del programa **HEC RAS**, donde se ubicará la protección de la inundación producida por el caudal de **94.7 m³/s**

Cuadro Nro. 5.22.5.2 Resultados Hidráulicos por medio del Software HEC RAS

PROGRESIVA	Q	FONDO DE RIO	NIVEL DE AGUA	TIRANTE	ALTURA DE ENERGIA	VEL.	AREA MOJADA	ESPEJO DE AGUA
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)
1960.11	94.7	2300	2303.85	3.85	2304.91	0.41	251.04	96.69
1942.80	94.7	2301.99	2304.84	2.85	2304.9	0.53	194.82	94.47
1925.56	94.7	2300.51	2304.84	4.33	2304.9	0.43	240.44	100.47
1908.74	94.7	2300	2304.83	4.83	2304.89	0.48	214.71	97.83
1889.55	94.7	2300	2304.83	4.83	2304.89	0.44	238.92	101.22
1871.97	94.7	2300	2304.83	4.83	2304.89	0.4	255.17	89.82
1859.71	94.7	2300	2304.83	4.83	2304.88	0.41	251.74	90.92
1845.97	94.7	2300	2304.83	4.83	2304.88	0.37	278.79	98.2
1830.03	94.7	2300	2304.83	4.83	2304.88	0.35	297.18	97.9
1811.75	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.88	0.33	315.25	106.79
1795.35	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.88	0.33	315.36	107.33
1778.17	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.88	0.33	324.67	99.83
1761.45	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.88	0.29	358.43	99.16
1744.89	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.87	0.26	400.64	110.06
1722.00	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.87	0.26	387.32	104.6
1703.52	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.87	0.23	416.02	112.08
1667.17	94.7	2299.4	2304.82	4.42	2304.87	0.22	421.24	99.05
1639.88	94.7	2298	2302.82	4.82	2304.87	0.2	497.53	123.89
1619.95	94.7	2298	2302.82	4.82	2304.87	0.18	566.45	117.06
1594.55	94.7	2298	2302.82	4.82	2304.87	0.18	630.14	146.88
1579.99	94.7	2298	2302.82	4.82	2304.87	0.16	663.78	145.34
1563.21	94.7	2296.31	2300.82	4.51	2304.87	0.15	719.97	144.06
1534.47	94.7	2296	2300.82	4.82	2304.87	0.14	797.75	149.64
1499.14	94.7	2298	2302.82	4.82	2304.87	0.16	692.16	142.56
1486.15	94.7	2298.82	2303.82	**5**	2304.87	0.16	696.13	142.89
1473.46	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.87	0.16	680.29	141.93
1458.47	94.7	2300	2304.82	4.82	2304.87	0.16	667.67	138.48

Cuadro Nro. 5.22.5.3 Softwares Comerciales para zonas de inundación

ID	Cuasi 2D	2D	3D
Hec Ras 3.1.3	**Hec Ras 4.1.0**	**Hec ras 5.0.1**	Flow 3D
Mike II		**Hec Ras 5.0.3**	Telemac 3D
		Iber 2.4.2	Ansys
		Guad 2D	Open Foam

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Modelamiento con Hec Ras Cuasi 2D

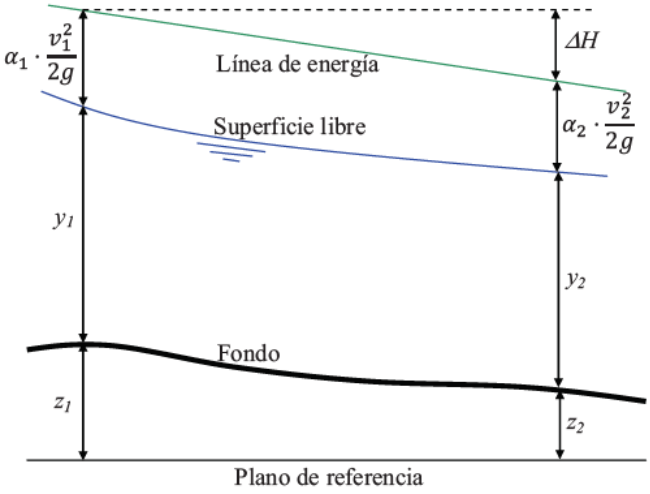
Se modelará el cauce del rio Socabaya con Hec Ras para un cálculo de régimen permanente gradualmente variado, que nos permitirá obtener láminas de agua.

El modelo es unidimensional, que utiliza la ecuación de energía entre dos secciones a través de una geometría del cauce exportada, un caudal máximo y el coeficiente de rugosidad por el método de Cowan.

- **Ecuación de la energía**

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Figura Nro. 5.22.5.3 Representación de los términos del balance de energía



Fuente: Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable, (Hec-Ras)

Donde:

$\boldsymbol{Y_1, Y_2}$: Profundidad de agua en cada una de las secciones

$\boldsymbol{Z_1, Z_2}$: Cota de la Sección, respecto a un plano de referencia arbitrario

$\boldsymbol{V_2, V_2}$: Velocidades medias en cada sección

$\boldsymbol{\alpha_1, \alpha_2}$: Coeficiente de coriolis estimados en cada sección

$\boldsymbol{h_e}$: Disipación de energía entre las secciones

$\boldsymbol{g}$: Aceleración de la gravedad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Las pérdidas de energía entre dos secciones debido a la fricción, contracción o expansión es la siguiente:

$$h_e = L * S_f + C\left|\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right|$$

Donde:

L: Distancia entre amabas secciones

S_f: pendiente motriz

C: Coeficiente de perdida de expansión o contracción

- **Factor de Transporte**

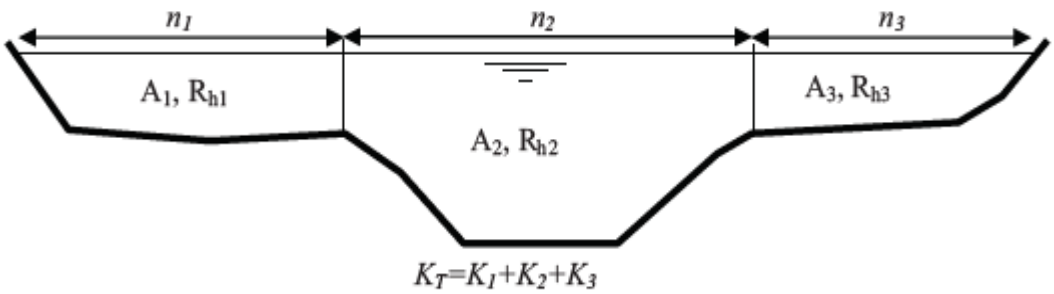
La conductividad para una sección transversal, requiere la subdivisión del flujo en las que se distribuya uniformemente, para lo cual Hec ras calcula en cada sub división de la siguiente manera:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{S_f}}$$

$$K = \frac{1}{n} A R^{2/3}$$

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$$

Figura Nro. 5.22.5.4 Distribución de la sección para obtener el factor de transporte



Fuente: Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable, (Hec-Ras)

Donde.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

K: Conductividad o Factor de Transporte

n: Coeficiente de manning

A: Área transversal de la sección

R: Radio Hidráulico

- **Coeficiente de Coriolis**

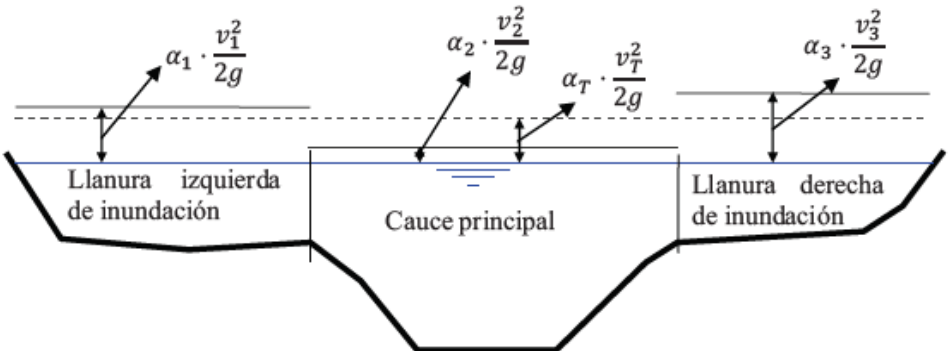
La sección transversal debe tener un valor único de elevación de superficie de agua, como también la altura de velocidad, ya que es un modelo unidimensional.

$$\alpha_T \frac{V_T^2}{2g} = \frac{\sum_{i=1}^{3} Q_i \frac{V_i^2}{2g}}{\sum_{i=1}^{3} Q_i}$$

$$\alpha_T = \frac{\sum_{i=1}^{3} Q_i V_i^2}{Q_i V_T^2}$$

$$\alpha_T = \frac{\sum_{i=1}^{3} \frac{K_i^3}{A_i^2}}{\frac{K_T^3}{A_T^2}}$$

Figura Nro. 5.22.5.5 Valor ponderado de la energía cinética



Fuente: Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable, (Hec-Ras)

Donde:

K_1, K_2, K_3: Factores de transporte de la llanura de inundación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A_1, A_2, A_3: Áreas de la sección

K_T: Factor de Transporte total de la sección

A_T: Área total de la sección

- **Perdidas por fricción**

La perdida por fricción es calculada por el producto de la pendiente representativa de la línea de energía para un tramo de longitud L. la pendiente la línea de energía para cada sección transversal es de la siguiente manera:

$$S_f = (\frac{Q}{K})^2$$

- **Perdidas por contracción y expansión**

Por defecto Hec Ras considera c =0.1 para contracción y c =0.3 para expansión, el programa asume cualquier aumento de velocidad en el sentido de flujo como una contracción y cualquier disminución de la velocidad como una expansión.

$$h_e = L * S_f + C \left| \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Cuadro Nro. 5.22.5.4 Coeficiente de contracción y expansión para flujo sub critico

Descripción de la Transición	Contracción	Expansión
Perdida de transición calculada	0.00	0.00
Transiciones Graduales	0.10	0.30
Secciones de puente típica	0.30	0.50
Transiciones abruptas	0.60	0.80

Fuente: Hec Ras

- **Profundidad critica**

La energía específica para una sección está definida por:

$$E = Y + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

E: Energía total

Y: Superficie de elevación de agua

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se concluye entonces que la elevación critica de la superficie de agua es la elevación para la cual la energía total es un mínimo. También que para tirantes mayores que el crítico, el número de froude es menor que 1 (régimen sub critico o lento) y tirantes menores al crítico, el número de froude es mayor que 1 (régimen supercrítico o rápido).

Hec Ras posee dos métodos para el cálculo del tirante crítico:

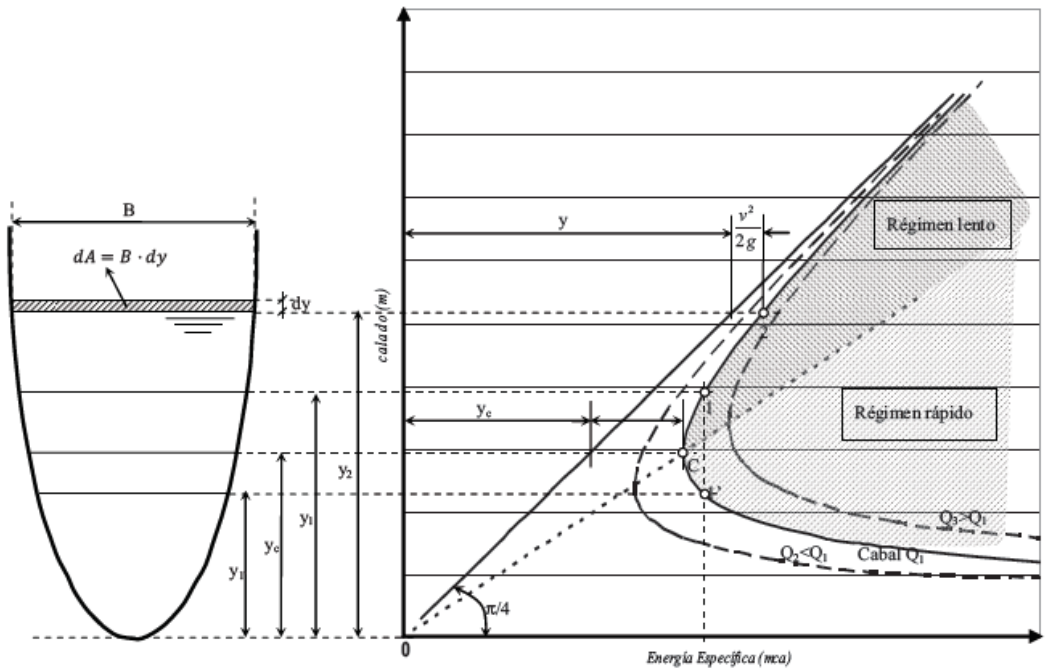
- **El parabólico.**

  Es el método que por defecto calcula el programa ya que es más rápido, pero solo puede localizar un único mínimo de energía.

- **La secante:**

  Si el método anterior no converge, es ahí que el programa cambiara automáticamente a la de secante

Figura Nro. 5.22.5.6 Variación de la energía especifica en un canal, en régimen gradualmente variado, para un caudal dado



Fuente: Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable, (Hec-Ras)

- **Ecuación de cantidad de movimiento**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la ecuación de energía deja de ser empleada cuando la superficie de agua pasa por el tirante crítico, ya que solamente se aplica para flujos gradualmente variado. Es entonces que para flujos rápidamente variados como son las transiciones de sub critico a súper critico o viceversa se emplean las ecuaciones de cantidad de movimiento.

La ecuación de cantidad de movimiento es derivada de la segunda ley de newton:

$$Fuerza = Masa * Aceleracion$$

$$\sum F_x = m * a$$

Un volumen de control comprendido entre dos secciones, para el cambio de movimiento por unidad de tiempo es descrito de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{P_{2x} - P_{1x} + W_x - F_f = Q * \rho * \Delta V = Q * \rho(\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1)}$$

Donde:

$\boldsymbol{P_{1x}, P_{2x}}$: Fuerza de presión hidrostática entre dos secciones

$\boldsymbol{W_x}$: Fuerza debido al peso de agua

$\boldsymbol{F_f}$: Fuerza debida a la perdida por fricción

Q: Caudal

$\boldsymbol{\rho}$: Densidad del agua

$\boldsymbol{\Delta V}$: Cambio de velocidades

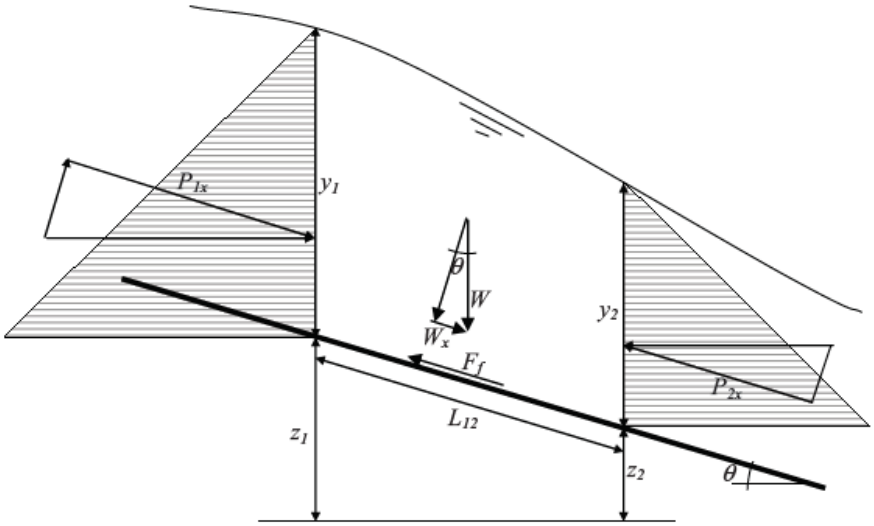
$\boldsymbol{\beta_1, \beta_2}$: Coeficientes de Boussinesq

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.7 Fuerzas actuantes sobre el control definido entre dos secciones



Fuente: Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable, (Hec-Ras)

- **Presión hidrostática**

La presión hidrostática en cada sección está determinada de la siguiente manera:

$$P_{1X} = \frac{1}{2} * \gamma * b * y_1^2$$

$$P_{2X} = \frac{1}{2} * \gamma * b * y_2^2$$

Suponiendo

$$P_X = \frac{1}{2} * \gamma * h_f * b * y$$

$$P_X = \gamma * A * y * cos\theta$$

Donde:

A: Área mojada de las secciones

Y: Profundidad media

θ: Angulo del canal con la horizontal

Asumir una distribución de presión hidrostática es sólo válido para pendientes menores que 1:10. El valor del cos θ para una pendiente de 1:10 es igual a 0.995

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

por esta razón para pendientes menores que ésta, la corrección por cos θ para afectar la profundidad puede ser considerada igual a 1.0 (Chow, 1994).

$$P_X = \gamma * A * Y$$

Además, el peso del agua es:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

$$W = \gamma * V$$

$$W = \gamma(\frac{A_1 + A_2}{2})L$$

Se conoce que:

$$sen\theta = \frac{z_1 - z_2}{L} = S_o$$

Entonces el peso en la dirección de flujo es:

$$W_x = W * sen\theta$$

$$W_x = \gamma(\frac{A_1 + A_2}{2})LS_o$$

Donde:

S_o: Pendiente de fondo de canal

Se entiende que la fuerza de fricción:

$$F_f = \tau * P * L$$

El esfuerzo de corte es:

$$\tau = \gamma * R * S_f$$

Donde:

τ: esfuerzo de corte

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Remplazando:

$$F_f = \gamma * R * S_f * P * L$$

$$F_f = \gamma * \frac{A}{P} * S_f * P * L$$

$$F_f = \gamma * A * S_f * L$$

$$F_f = \gamma * (\frac{A_1 + A_2}{2}) * S_f * L$$

Donde:

S_f: Pendiente de la línea de energía (pendiente de fricción)

Cambio de cantidad de movimiento

$$ma = Q * \rho * \Delta V_x$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

$$\Delta V_x = (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2)$$

Remplazando:

$$ma = Q * \frac{\gamma}{g} * (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2)$$

$$\boldsymbol{P_{2x} - P_{1x} + W_x - F_f = Q * \rho * \Delta V}$$

$$\gamma * A_2 * Y_2 - \gamma * A_1 * Y_1 + \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) LS_o - \gamma * \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) * S_f * L = Q \frac{\gamma}{g} * (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2)$$

$$\boldsymbol{\frac{Q_2^2}{gA_2}\beta_2 + A_2 Y_2 + \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) LS_o - \gamma * \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) LS_f = \frac{Q_1^2}{gA_1}\beta_1 + A_1 Y_1)}$$

Hec Ras utiliza esta ecuación de movimiento. Todas las aplicaciones de cantidad de movimiento son derivadas de esta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- **Condiciones de contorno**

Los parámetros que introducimos en Hec Ras para una simulación en régimen permanente son los datos geométricos (secciones de topografía exportada), como se puede ver en la figura Nro. Como también los datos hidráulicos (caudal). En consecuencia, se entiende por condiciones de contorno aquellas que definen el comportamiento de un modelo en sus límites.

En la simulación hidráulica de un tramo de rio, existen dos condiciones de contorno: los limites superior e inferior del modelo, como son los siguientes:

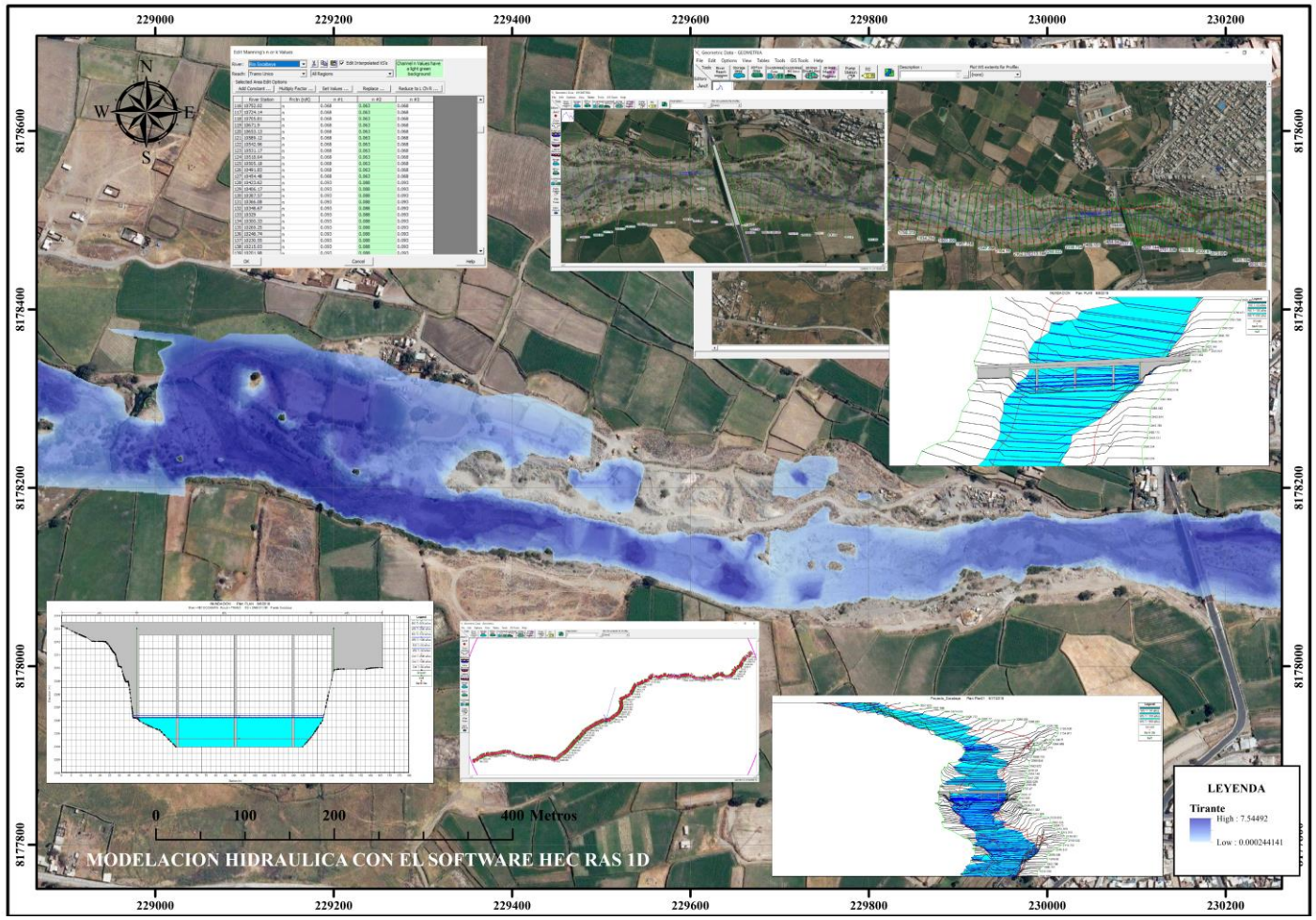
- Nivel de agua: si tenemos un dato de tirante de la sección
- Calado crítico: cuando existe un elemento de control en la sección.
- Curva de caudal: si se posee datos de relación tirante vs caudal
- Tirante normal: el dato a entrar es la pendiente del tramo de influencia.

- **Coeficiente de rugosidad**

El coeficiente de rugosidad se calculó por el método de Cowan y para introducir estos parámetros en Hec ras 1D tenemos que colocar tanto la a Izquierda, derecha y parte central del cauce en una tabla como se puede apreciar en la figura Nro. Ya que es un parámetro primordial para el cálculo hidráulico en lamina libre (a mayor rugosidad, menor velocidad y viceversa).

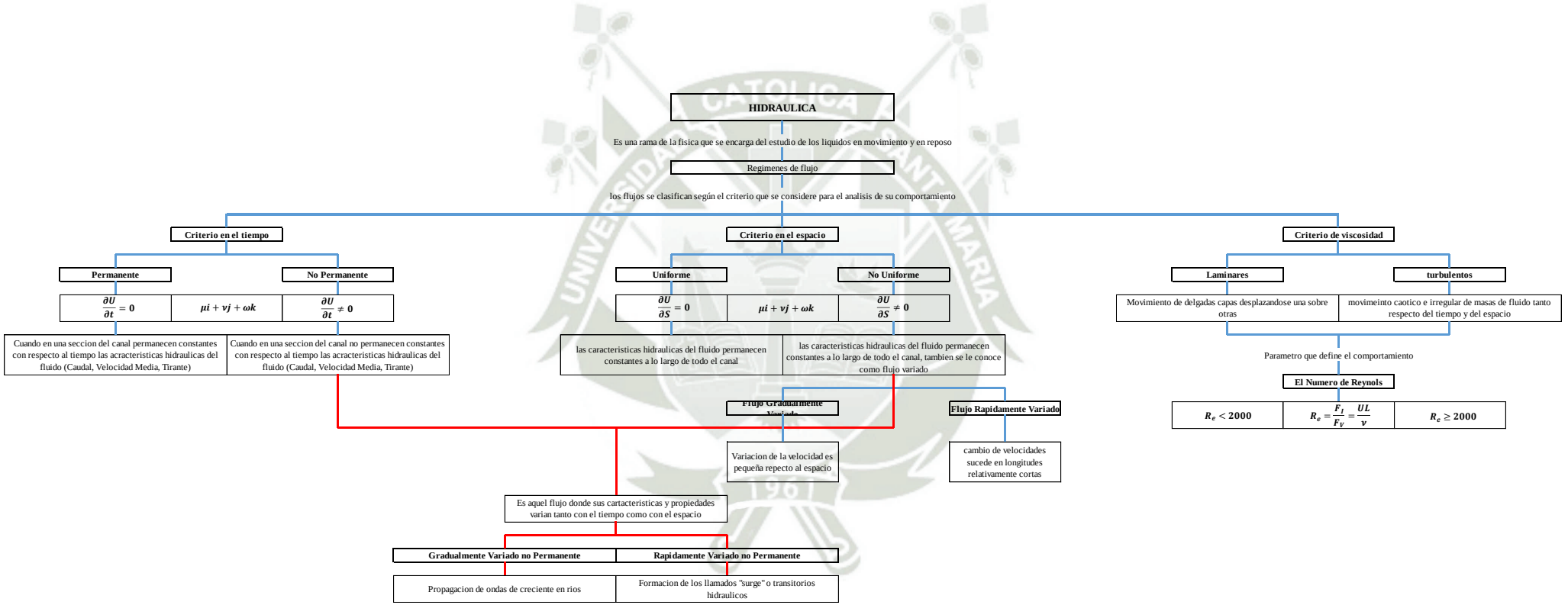
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.22.5.8 Resumen del modelamiento hidráulico con Hec Ras 1D



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro Nro. 5.22.5.5 Resumen de conceptos fundamentales de hidráulica básica



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Modelamiento con el Software HEC RAS 2D

Hec Ras 2D, es un software libre para realizar la modelación hidráulica de cauce, puede determinar el tirante de agua y velocidad en cualquier punto del cauce del rio y áreas de probable inundación.

Hec Ras 2D nos permite simular el flujo totalmente en 2D y se basa en las ecuaciones de Onda Difusa y Saint Venant, las cuales se resuelve mediante el algoritmo de Volúmenes Finitos Implícitos.

Se considerará un flujo no permanente, el tamaño de celda y tiempo de paso computacional condicionan el modelo, no se pude realizar actualmente el transporte de sedimentos en áreas de flujo bidimensional.

Capacidades y ventajas de Hec Ras 2D

- **Puede realizar modelización en 1D, 2D o una combinación de ambos**

  Nos permite trabajar en un modelo 1D, y si requerimos mayor detalle de resultados hidráulicos, trabajamos en un modelo 2D. (Willy E. Lluen, 2015)

- **Emplea las ecuaciones de Saint – Venant y Onda Difusa en 2D**

  Las ecuaciones de Onda difusa en 2D permiten que el Software procese la información rápidamente y tiene mayores propiedades de estabilidad, sin embargo, las ecuaciones de Saint Venant 2D son aplicables a una gama más amplia en la resolución de problemas. (Willy E. Lluen, 2015)

- **Esquema numérico: volumen finito implícito**

  El método de volúmenes finitos mejora la estabilidad sobre las técnicas de diferencias finitas y elementos finitos. Maneja adecuadamente los regímenes de flujo Sub critico Súper crítico y Mixto. (Willy E. Lluen, 2015)

- **Algoritmo de solución para el acoplamiento de modelos 1D y 2D**

  El programa emplea la ecuación de vertedero para resolver el computo del flujo, si es que se requiera ya que hec ras Permite la retroalimentación directa en cada paso de tiempo entre los elementos de lujo 1D y 2D. (Willy E. Lluen, 2015)

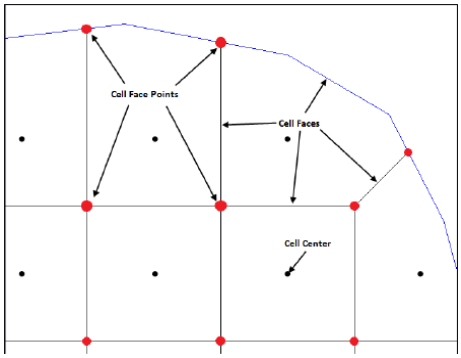
- **Mallas computacionales estructuradas y no estructuradas**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.9 Elementos que componen la malla en Hec Ras 2D



Fuente: Manual de Hec Ras 2D (River Analysis System)

Hec ras 2D nos permite trabajar con mallas no estructuradas, pero también puede trabajar con mallas estructuradas. Las celdas de malla pueden ser triángulos, cuadrados, rectángulos o polígonos de hasta 8 lados como máximo y tiene las siguientes propiedades:

- Centro de celda
- Contorno de celda
- Puntos en contorno de celda

- **Mapas detallados de inundación**

La herramienta Ras Mapper no da la posibilidad de visualizar mapas de zonas inundadas como también la animación del flujo de agua cuando acontece la inundación

Ecuación gobernante de la lámina libre de Saint – Venant

La ecuación de lámina libre de Saint- Venant 2D utiliza como solución el método de volúmenes finitos implícitos, es similar a la formulación de las ecuaciones de Navier-Stokes, teniendo consideración el efecto de coriolis, la cual permite tener en cuenta los efectos de rotación de la tierra sobre la solución del área de flujo 2D de la modelación hidráulica.

Ecuación de continuidad de flujo bidimensional de lámina libre de Saint Venant

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Ecuación de cantidad de movimiento de flujo bidimensional de lámina libre de Saint Venant

  Los coeficientes de viscosidad de turbulencia axiales de Eddy se consideran nulos:

$$u_{xx} = u_{yy} = 0$$

Donde:

u_{xx}, u_{yy}: Coeficiente de viscosidad de turbulencia de Eddy

Por lo tanto, Hec Ras considera que los coeficientes de viscosidad de turbulencia tangenciales de Eddy, tendrán un único valor

$$\mu_{xy} = \mu_{yz} = \mu_{yz} = \mu_t$$

Hec Ras solo considera el esfuerzo de fondo de lecho mas no considera el esfuerzo superficial (resistencia al flujo por vegetación y viento), el modelo considera un parámetro de coriolis que afecta a las velocidades en las dos direcciones, dándolo así este factor a las ecuaciones un parámetro de ajuste propios de los criterios de contracción y expansión de Saint Venant.

Ecuación de cantidad de movimiento en el eje x

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \mu\frac{\partial u}{\partial x} + \nu\frac{\partial u}{\partial y} = -g\frac{\partial H}{\partial x} + \mu_t\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) - c_f u + fv$$

Ecuación de cantidad de movimiento en el eje y

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \mu\frac{\partial v}{\partial x} + \nu\frac{\partial v}{\partial y} = -g\frac{\partial H}{\partial y} + \mu_t\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) - c_f u + fv$$

Donde.

Cf: Coeficiente de fricción de fondo del lecho

- **Modelo hidrodinámico de flujo de Saint Venant**

  Se considera iguales los coeficientes de viscosidad tangencial de turbulencia en los ejes x y y a una temperatura ambiente de 20°C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\mu_t = Dh\left[\frac{n\sqrt{g(u^2+v^2)}}{R^{1/6}}\right]$$

Donde:

μ_t: Coeficiente de viscosidad de turbulencia

h: Tirante de agua

n: coeficiente de rugosidad de manning

g: aceleración de la gravedad

u, v **:** velocidad de flujo en las direcciones x y y

R: Radio Hidraulico

D: Constante adimensional del modelo del modelo Hec Ras 2D

Cuadro Nro. 5.22.5.6 Valores de la constante Adimensional "D"

Grado de Turbulencia	
Pequeño	Superficies de lecho de fondo suaves
Moderado	Superficies de lecho de fondo moderadamente irregulares
Fuerte	Superficie de lecho de fondo muy rugosos

La constante gravitatoria "g":

$$g = 9.780326\left(\frac{1+k\sin^2\varphi}{\sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}}\right)$$

Donde:

k: Constante gravitatoria normal (k = 0.0019318)

e: Excentricidad de la tierra (e = 0.00669438)

φ: Latitud del centro del área de flujo 2D en grados decimales

- **Efecto coriolis**

Hec Ras considera un efecto de coriolis que al multiplicar con la velocidad al eje x y y ajustan al modelo hidráulico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$f = 2\omega sin\varphi$$

Donde:

ω: velocidad angular sideral del terreno, $\omega = 0.000072911/s$

φ: Latitud del centro del área de flujo 2D en grados decimales

- **Coeficiente de fricción de fondo de lecho**

Hec Ras 2D se basa en la formulación de Chezy, Manning – Strickler

$$C_f = \frac{n^2 g\sqrt{u^2 + v^2}}{R^{4/3}}$$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

g: Aceleración de la gravedad

$\boldsymbol{u}, \boldsymbol{v}$: Velocidad de flujo en las direcciones x y y

h: Radio Hidráulico

- **Método de volúmenes finitos**

El método de volúmenes finitos se basa en los criterios formulados por Mc Donald según (Brunner, 2016) para la simulación de problemas bidimensionales de flujo hidráulico.

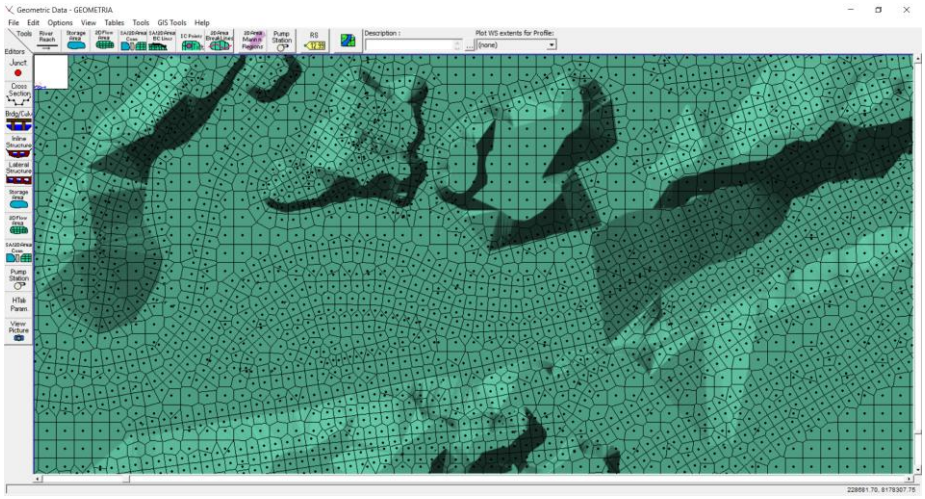
El método de volúmenes finitos se basa en asignar puntos espaciados de manera aproximada sobre el dominio del espacio físico topográfico y aplicar las ecuaciones constitutivas del flujo (ecuaciones de flujo bidimensional de Saint Vennant)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.10 Configuración geométrica del mallado del método de volúmenes finitos



Fuente: Elaboración Propia

- **Condiciones de borde del modelo hidráulico Hec Ras 2D**

  Para el modelo hidráulico se consideró como condición de borde aguas arriba el hidrograma de caudal de diseño para la cuenca Socabaya y aguas abajo se tomó la pendiente de fricción de fondo

- **Coeficiente de rugosidad del cauce**

  Para la determinación aproximada del coeficiente de rugosidad se empleó por el método de Cowan

- Resistencia de fondo de cauce de lecho
- La resistencia al flujo por vegetación
- El grado de sinuosidad de cauce
- Las irregularidades de cauce
- Las obstruccione existentes en el cauce

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.11 Modelación del coeficiente de Manning con Hec Ras 2D



Fuente: Elaboración Propia

Es necesario elegir un tiempo de paso computacional en Hec Ras 2D adecuado que funcione bien con la malla, Hec Ra 2D, hace una forma de referencia a dos formas de elegir el valor de este parámetro. Se basa en el número de courant.

Numero de courant para la ecuación de Saint Venant es:

$$\boldsymbol{C = \frac{v\Delta T}{\Delta X} \leq 1.0}$$

Máximo Valor de C = 3.0

Donde:

C: Numero de Courant

$\boldsymbol{v}$: Velocidad de flujo

$\boldsymbol{\Delta T}$: Tiempo de paso computacional

$\boldsymbol{\Delta X}$: Promedio del tamaño de celda

Numero de courant para la ecuación de Onda Difusa

$$\boldsymbol{C = \frac{v\Delta T}{\Delta X} \leq 2.0}$$

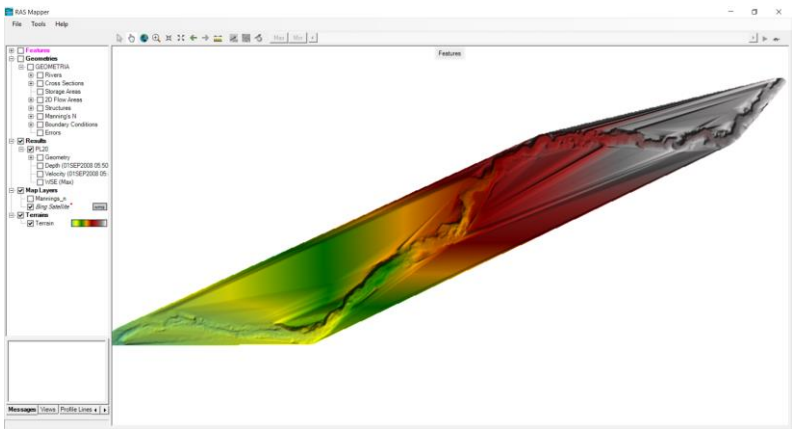
Máximo Valor C = 5.0

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.12 Modelo Digital del Terreno Con Hec Ras 2D

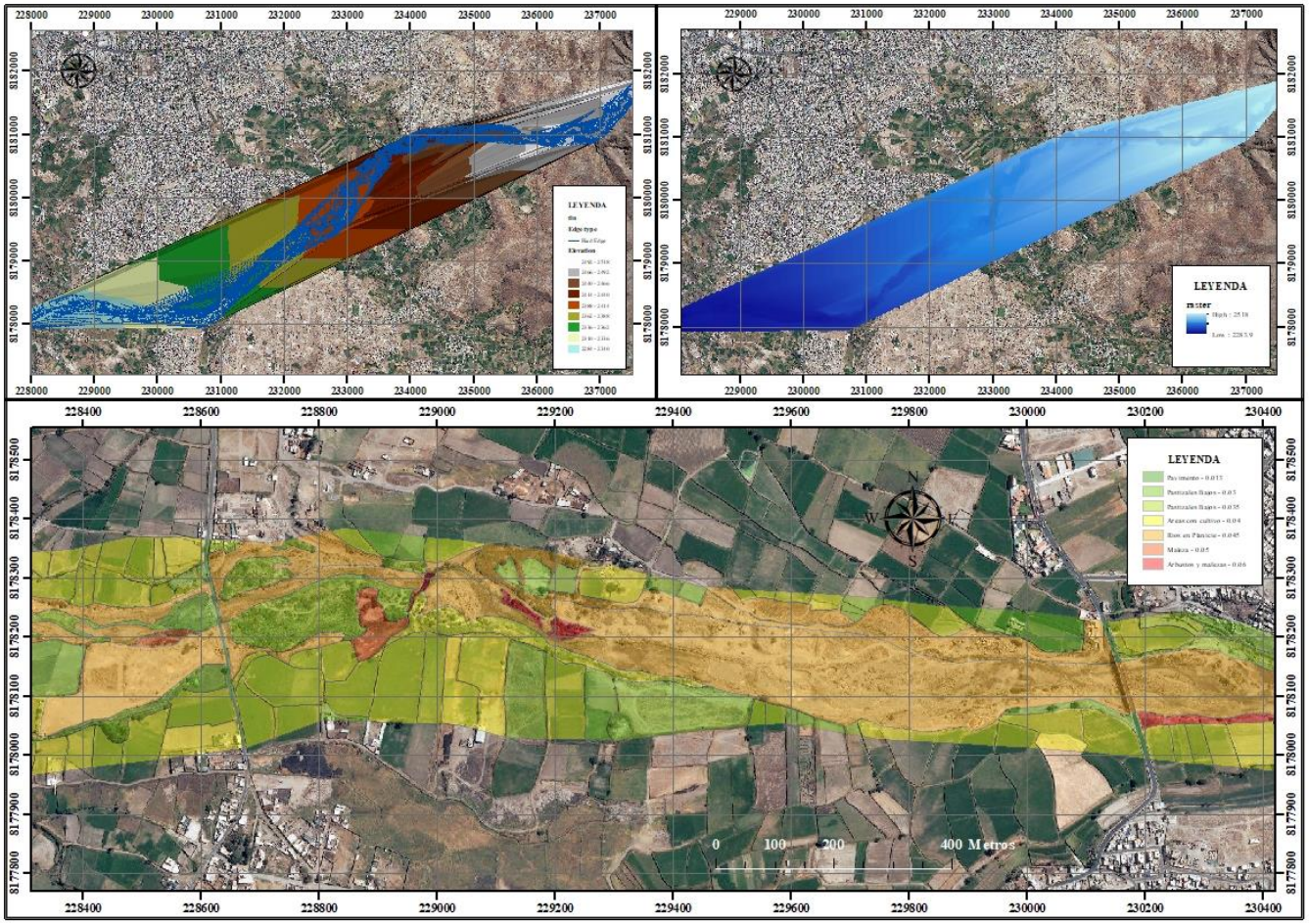


Se definió el paso computacional con varias iteraciones (celda Dx = 2m y Dy = 2 m) el cual produjo resultados conforme a la inundación 1D. El cual se contrasto los resultados.

A partir del terreno generado en formato TIF, se construyó la geometría la cual se cargó el mapa de rugosidades de manning en Arc gis, para posteriormente importarlos a Hec Ras 2D en formato Shapefile.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura Nro. 5.22.5.13 Coeficiente de rugosidad de Manning en el tramo de estudio para Hec Ras 2D

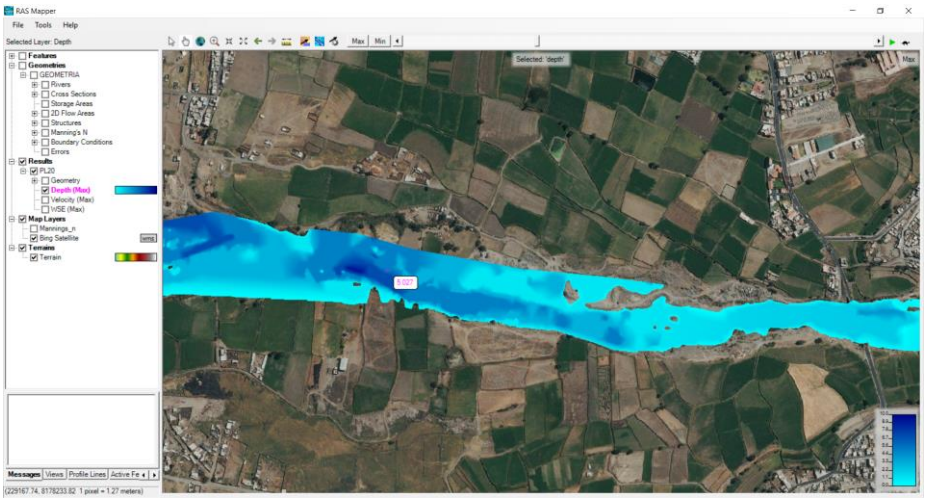


Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

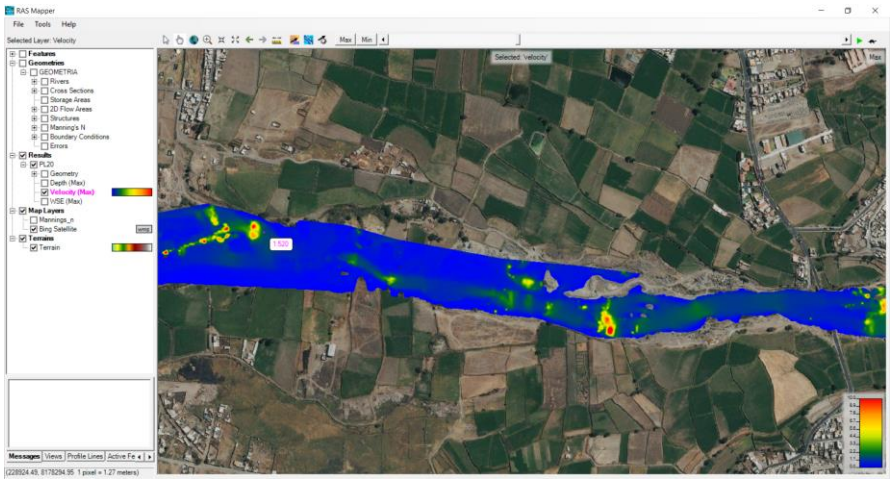
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.14 Tirante hidráulico en la zona de inundación el pasto con el Software Hec Ras 2D



Se puede observar el flujo de agua para un caudal de 94.7 m³/s, el cual muestra zonas de inundación con tirantes desde 4.39 m y 0.33 m.

Figura Nro. 5.22.5.15 Velocidades en la zona de inundación el Pasto con el Software Hec Ras 2D



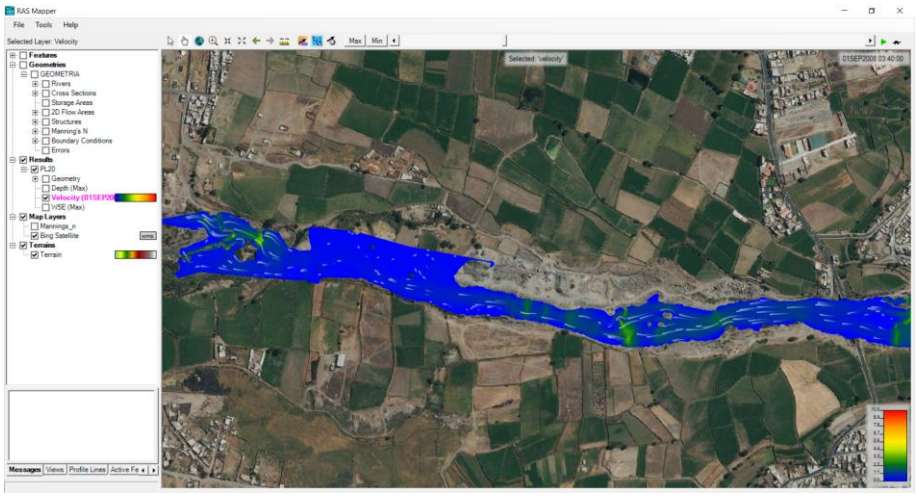
Se observa las velocidades máximas para un caudal de 94.7 m³/s, el cual muestra velocidades fuertes en curvaturas del cauce que llegan a 3.65 m/s

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.16 Líneas de corriente de inundación en mapa de velocidades



Las líneas de corriente se basan conforme al hidrograma a través del flujo de corriente en el cauce del tramo en estudio (dirección por donde discurre el flujo por la topografía del cauce)

CONCLUSION

De acuerdo al cálculo computacional en Hec Ras, la dimensión de la malla y el tiempo son de mucha importancia para asegurar la estabilidad del modelo para que nos permita cumplir con las condiciones de Courant.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Modelamiento con el Software Iber

El Software hidráulico Iber resuelve ecuaciones de aguas de profundidad media, también conocidas como las ecuaciones de Saint Venant bidimensionales. Estas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. (Modelización bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas, 2015)

Modulo hidrodinámico

- **Fricción de fondo**

El fondo ejerce una fuerza de rozamiento sobre el fluido, la fricción del fondo t iene un doble efecto en las ecuaciones de flujo.

- **Turbulencia**

Se pueden caracterizar por la velocidad de friccion u_f, que no es más que una forma de expresar la tensión tangencial de fondo con unidades de velocidad:

$$u_f = \sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}}$$

Donde

τ_b: Modulo de la fuerza de fricción de fondo

ρ: Densidad del agua

Se toma una columna de fluido de anchura Δx y calado h, el radio hidráulico se calcularía como:

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{h\Delta x}{\Delta x} = h$$

Por lo tanto, en los modelos 2D es lo mismo hablar de radio hidráulico y de calado.

La fricción de fondo se evalúa mediante la fórmula de Manning:

$$C_f = g\frac{n^2}{h^{1/3}}$$

- **Rozamiento superficial por viento**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La fuerza de rozamiento realizada por el viento sobre la superficie libre se puede calcular a partir de la velocidad del viento a 10 metros de altura y un coeficiente de arrastre, utilizando la ecuación de Van Dor (1953).

$$\tau_s = \rho C_{vd} V_{10}^2$$

Donde:

V_{10}: la velocidad del viento a 10 metros de aaltura

C_{vd}: Coeficiente de arrastre superficial, $C_{vd} = 2.5\ 10^{-6}$

- **Condiciones de contorno**

  Es necesario distinguir entre dos tipos de contorno:

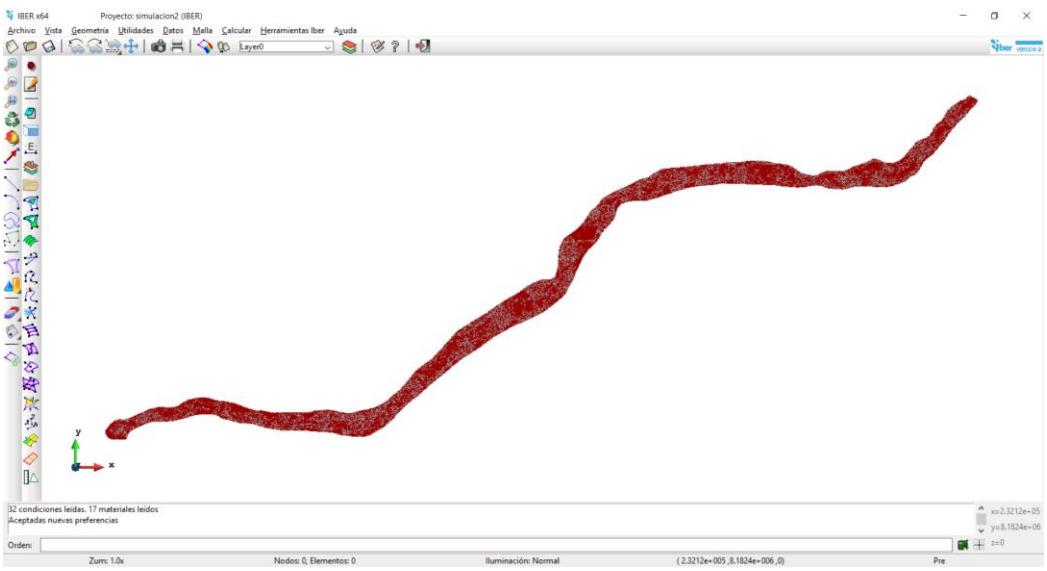
- **Contornos cerrados**

  Es la presencia de contorno tipo pared que genera una fuerza de rozamiento lateral en el fluido.

- **Contornos abiertos**

  Es en la que depende de que, si se trata de un contorno de entrada o de salida del flujo, así como también del tipo de régimen en el contorno

Figura Nro. 5.22.5.17 Geometría del cauce con el Software Iber



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.22.5.7 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos

Contorno		Regimen	Condiciones Impuestas
entrada	Caudal total	Subcritico/Critico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercritico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
		Subcritico/Critico	Caudal especifico en dirección normal al contorno
	Caudal Especifico	Supercritico	a) Caudal especifico en dirección normal al contorno y calado
			b) Caudal especifico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida	Subcritico		a) Calado
			b) Cota de agua
			c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga
			d) Curva de gastos
	Supercritico/critico		no es necesario imponer ninguna condición

- **Infiltración**

  La modelización de la infiltración de agua superficial en el terreno e especialmente importante en la simulación de la transformación de lluvia escorrentía.

- **Módulo de Turbulencia**

  En la totalidad de flujos en lamina libre son turbulentos, en cualquier rio pueden observarse pequeños remolinos que aparecen y desaparecen con un movimiento aparentemente cotico, mostrando la complejidad del movimiento turbulento.

  El objetivo de los modelos de turbulencia es calcular las tensione de Reynols. En el modelo basado en la hipótesis de Boussinesq (todos lo utiliza Iber)

- **Perfil parabólico de viscosidad turbulenta**

  Se asume una distribución parabólica en profundidad de la viscosidad turbulenta, calculándose a partir de dicha distribución una viscosidad promediada en profundidad, la cual viene dada por l siguiente expresión:

$$v_t = 0.068 u_f h$$

Donde:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

h: Calado

u_f: Velocidad de fricción del fondo

Todo esto calculada a partir de la tensión tangencial del fondo como:

$$u_f = \sqrt{\frac{\tau_f}{\rho}}$$

Si se utiliza la fórmula de manning para calcular el rozamiento del fondo se obtiene la siguiente expresión para la viscosidad turbulenta:

$$v_t = 0.068\sqrt{g}n|U|h^{5/6}$$

Es decir, que la viscosidad turbulenta depende localmente del calado, del módulo de la velocidad promediado en profundidad y del coeficiente de manning.

- **Modelo de transporte solido**

El módulo de transporte solido resuelve las ecuaciones de transporte de sedimentos no-cohesivos en régimen no estacionario. Se resuelven tanto las ecuaciones de transporte de fondo como las ecuaciones de transporte en suspensión, modelándose el acoplamiento entre la carga de fondo y la carga en suspensión mediante n termino de sedimentación/re suspensión. (Modelización bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas, 2015)

- **Ecuación de conservación del sedimento**

La variación de la cota del fondo se calcula mediante la ecuación de conservación del sedimento de exner:

$$(1-p) = \frac{\partial Z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_{sb,x}}{\partial x} + \frac{\partial q_{sb,y}}{\partial y} = D - E$$

Donde:

P: porosidad de los sedimentos que forman el lecho

Z_b: cota de fondo

$q_{sb,x}$ y $q_{sb,y}$: componentes del caudal solido de fondo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

D-E: Representa un balance entre carga de fondo y carga en suspensión

- **Transporte de fondo**

  La tensión de fondo total en el lecho de un rio esta generada tanto por la rugosidad de grano del sedimento (la cual es proporcional al diámetro del sedimento) como por las formas de fondo (rizos, dunas o antidunas)

- **Módulo de transporte turbulento en suspensión 2d**

  Utiliza el campo de velocidades, calados y de turbulencia proporcionado por los módulos hidrodinámicos y de turbulencia. El transporte de sedimentos en suspensión se modela mediante una ecuación promediada en profundidad.

- **Malla de calculo**

  Para resolver una ecuación diferencial por el método de volúmenes finitos es necesario realizar previamente una discretizacion espacial del dominio a estudiar. Para ello se divide el dominio de estudio en celdas de tamaño relativamente pequeño (malla de cálculo).

  Iber trabaja con mallas no estructuradas formadas por elementos que pueden tener 3 o 4 lados. La principal ventaja de trabajar con mallas no estructuras es la facilidad con que se adaptan a cualquier geometría, ya que no es necesario que la malla tenga ningún tipo de organización o estructura interna. (Modelización bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas, 2015)

Figura Nro. 5.22.5.18 Malla no estructurada en la zona de inundación con Iber



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.19 Inundación del tramo de rio Socabaya 12.5 Km con el Software Iber (Tirante Máximo)

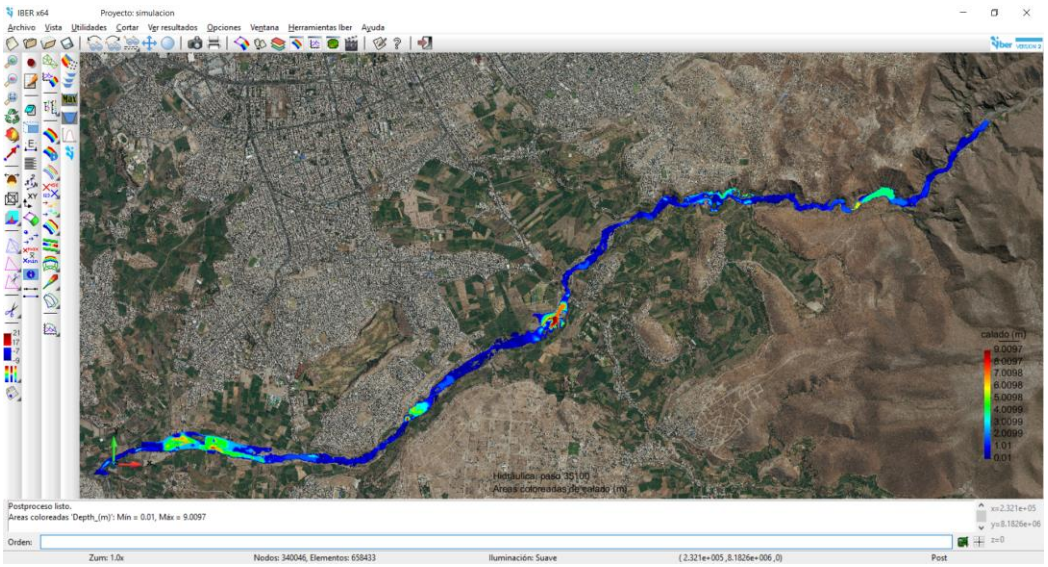
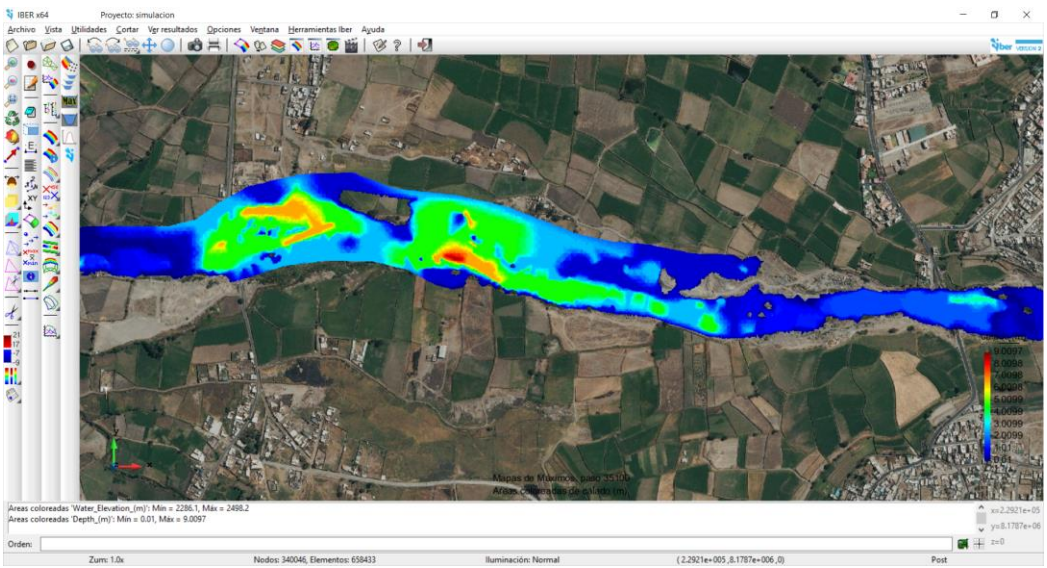


Figura Nro. 5.22.5.20 Tirante hidráulico en la zona de inundación el pasto con el Software Iber



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.21 Inundación del tramo de rio Socabaya 12.5 Km con el Software Iber (Velocidades Máximas)

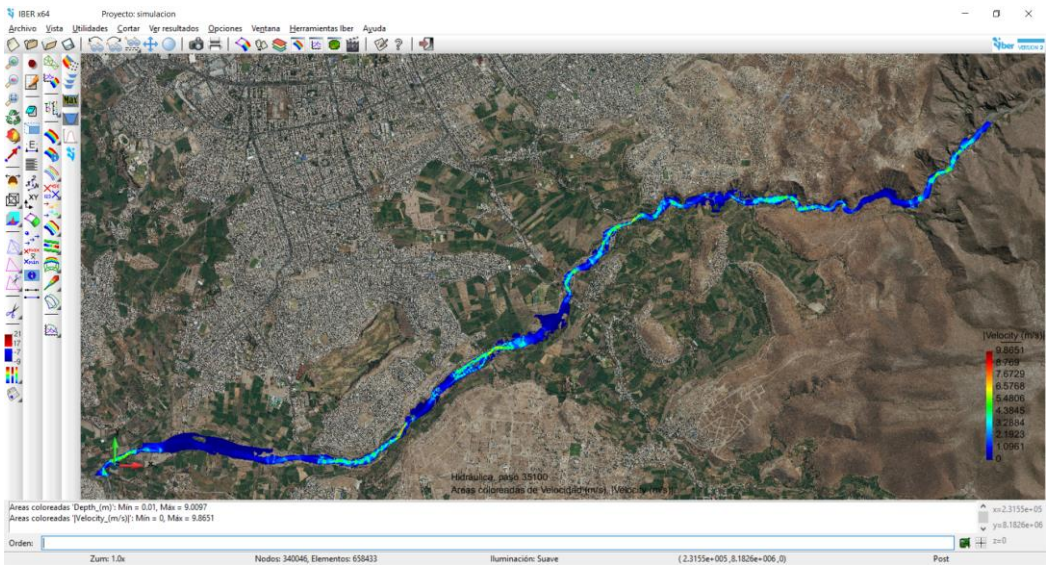
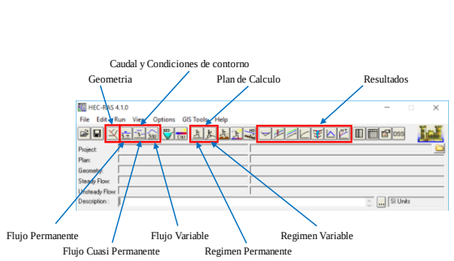


Figura Nro. 5.22.5.22 Velocidades en la zona de inundación el Pasto con el Software Iber



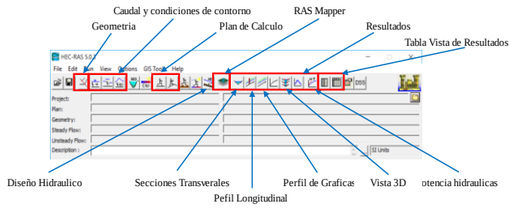
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 5.22 5.8 Resumen de modelación hidráulica con Hec Ras 1D y 2D (Dimensionalidad) - elaboración propia



DIMENSIONALIDAD

Modelo Unidimencional	Modelo Bidimensional		Modelo Tridimensional
1D	**Cuasi 2D**	**2D**	**3D**
Hec Ras 3.1.3	**Hec Ras 4.1.0**	Hec Ras 5.0.1	Flow 3D
Mike II		**Hec Ras 5.0.3**	Telemac 3D
		Iber 2.4.2	Ansys
		Guad 2D	Open Foam
		Iric 2D	
St. Venant - 1D / Ec. Energia	St. Venant - 2D	RANS - Vertical	Navier - Stokes / RANS



HEC - RAS

RAS : River Analysis System ; HEC: Hydrologic Engineering Center

Es un Software libre que realiza calculos hidraulicos unidimensionales para redes hidricas ya sean naturales o construidas

el objetivo principal del programa es calcular alturas de agua en todas las areas de interes para determinados caudales

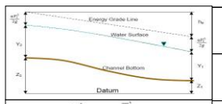
Calculo en Regimen Permanent

Esquema de rio | Secciones transversales

Datos Geometricos

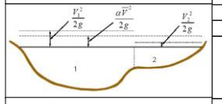
Ecuacion de Energia (Bernoulli)

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$



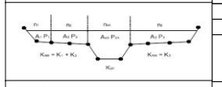
$$h_e = L * S_f + C\left|\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right| \qquad \begin{matrix} C_e = 0.3 - 0.5 \\ C_c = 0.1 - 0.3 \end{matrix}$$

Coeficiente α



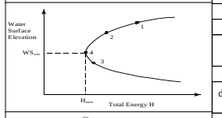
$$\alpha = \frac{(At)^2\left[\frac{(Klob)^3}{(Alob)^2} + \frac{(Kch)^3}{(Ach)^2} + \frac{(Krob)^3}{(Arob)^2}\right]}{(Kt)^3}$$

Conduccion o Transporte



$$K = \frac{Q}{\sqrt{S_f}} \qquad K = \frac{1}{n} A R^{2/3}$$

Perdida friccional

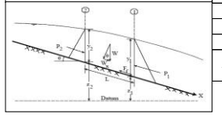


$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 \qquad Perdida\ friccional = L * S_f$$

define como el punto en que la energia (H) es minima

$$H = Z + Y + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

Ecuacion de cantidad de Movimiento



$$P_{2x} - P_{1x} + W_x - F_f = Q * \rho * \Delta V = Q * \rho(\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1)$$

Datos de flujo Permanente

Regimen del flujo | Condiciones de borde | Caudales del Sistema

Know Water Surface Elevations

Nivel de agua

Critical Depth

Super Critico / Mixto / Sub Critico → Normal Depth

Tirante critico (Calculo automatico)

Pendiente de energia

pendiente promedio del canal

pendiente promedio de la superficie de agua

Rating Curve

Tabla nivel vs caudal

Decripcion de la Transicion	Contraccion	Expansion
Sin perdida de transicion calculac	0.00	0.00
Transiciones Graduales	0.10	0.30
Secciones de puente tipica	0.30	0.50
Transiciones abruptas	0.60	0.80

$$\frac{Q_2^2\beta_2}{gA_2} + A_2\overline{Y_2} + \frac{(A_1+A_2)}{2}LS_o - \frac{(A_1+A_2)}{2}LS_F = \frac{Q_1^2\beta_1}{gA_1} + A_1\overline{Y_1}$$

MODELACION HIDRAULICA

La modelación hidraulica viene a ser la representación del comportamiento del flujo mediante formulas o metodos matematicos

Para que?

Estudios de Inundabilidad

HEC - RAS 2D

El River Analysis Sytem (Sistem de analisis de rios) del cuerpo de ingenieros del ejercito de los Estados Unidos

Es un Software libre que interpreta el flujo uni y bi dimensional para calculos hidraulicos de rios en flujo no permanente

Ecuaciones que gobiernan el flujo bidimensional de lamina liibre de Saint Venant

Ecuacion de Continuidad

$$\frac{\partial H}{\partial t} + h\frac{\partial (u)}{\partial x} + h\frac{\partial (v)}{\partial y} + q = 0$$

Ecuacion de Cantidad de Movimiento

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \mu\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} = -g\frac{\partial H}{\partial x} + \mu_t\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) - c_f u + fv$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \mu\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} = -g\frac{\partial H}{\partial y} + \mu_t\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) - c_f u + fv$$

Modelo Hidrodinamico del flujo de Saint Venant

$$\mu_t = Dh\left[\frac{n\sqrt{g(u^2+v^2)}}{R^{1/6}}\right]$$

D	Grado de Turbulencia	
0.11 a 0.26	Pequeño	Superficies de lecho de fondo sueaves
0.30 a 0.77	Moderado	Superficies de lecho de fondo moderadamente irregualres
2.0 a 5.0	Fuerte	Superficie de lecho de fondo muy rugosos

$$g = 9.780326\left(\frac{1 + k\sin^2\varphi}{\sqrt{1 - e^2\sin^2\varphi}}\right)$$

Efecto Coriolis

$$f = 2\varpi\sin\varphi$$

$si\ \varphi > 0; hemisferio\ Norte$
$si\ \varphi < 0; hemisferio\ Sur$

Coeficiente de friccion en el fondo del lecho

$$C_f = \frac{n^2 g\sqrt{u^2+v^2}}{R^{4/3}}$$

Condiciones de Borde del modelo Hidraulico Hec Ras 2D

Aguas Arriba | Aguas Abajo

Flow Hydrograph | Normal Depth

Stage Hydrograph | Rating Curve

Coeficiente de rugosidad

Metodo de Cowan

Rogosidad de fondo de cauce de lecho
La resistencia al flujo por vegetacion
El grado deinuosidad de cauce
Las irregularidades de cauce
Las obstrucciones existentes en el cauce

Modelacion computacional con Hec Ras 2D

Numero de Courant (Saint Venant) | Numero de Courant (Onda Difusa)

$$C = \frac{v\Delta T}{\Delta X} \leq 1.0 \qquad C = \frac{v\Delta T}{\Delta X} \leq 2.0$$

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.5.23 Inundación Flujo no permanente – Método de Grillado con Hec Ras 5.0.5 – Tirante Máximo en la zona de protección

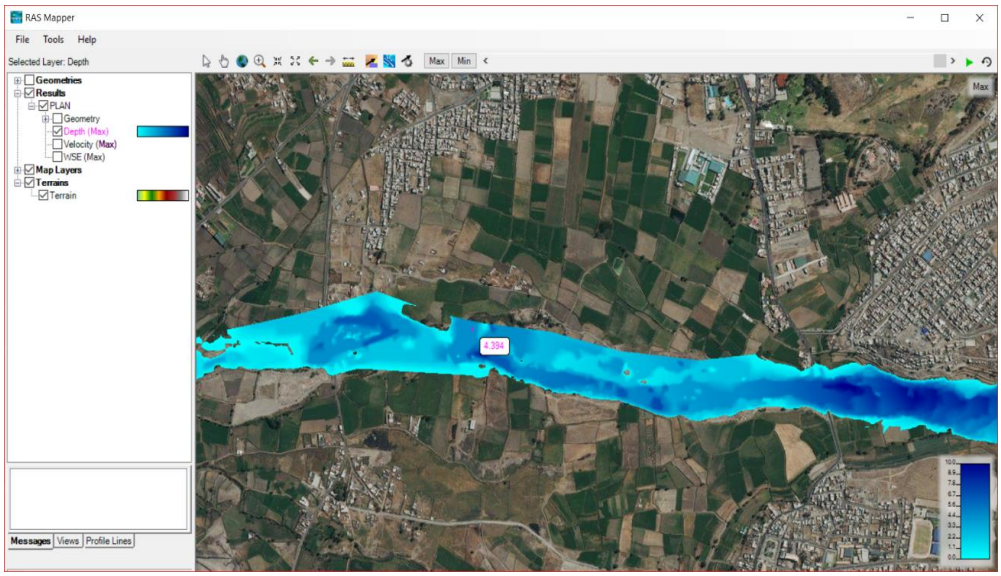
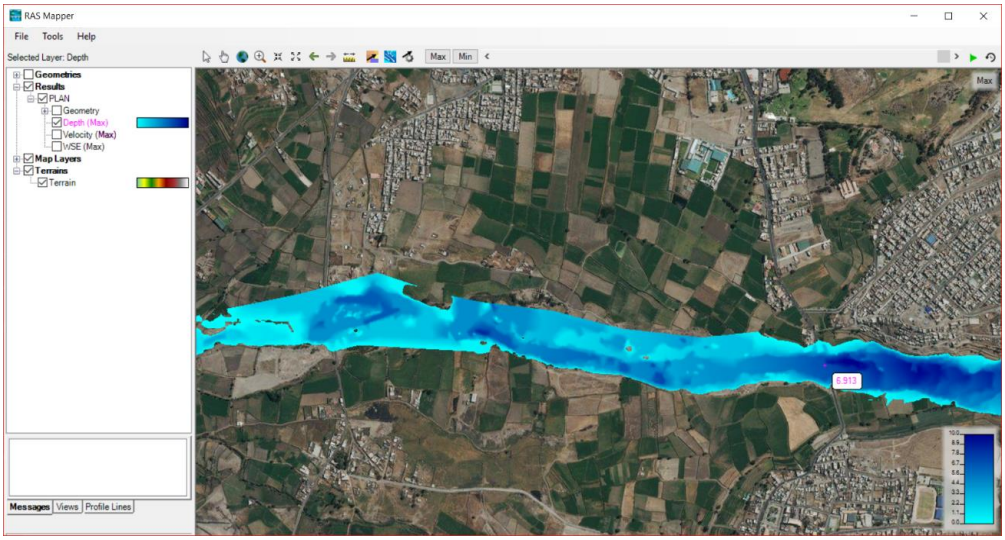


Figura Nro. 5.22.2.24 Inundación Flujo no permanente – Método de Grillado con Hec Ras 5.0.5 – Tirante Máximo en el Puente Socabaya



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.25 Inundación Flujo no Permanente – Método Grillado con Hec Ras 5.0.5 – Velocidades Máximas

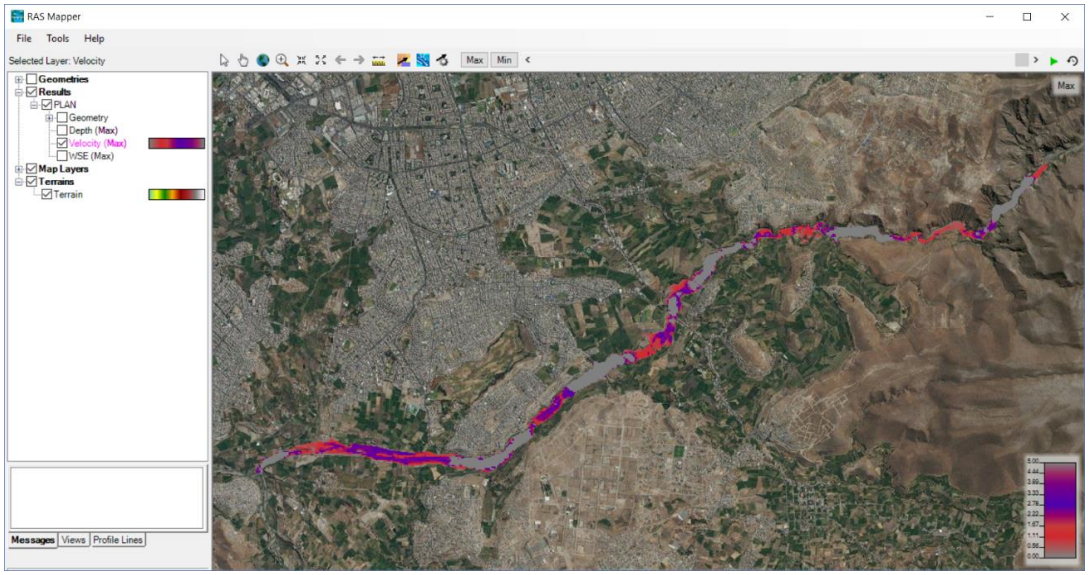
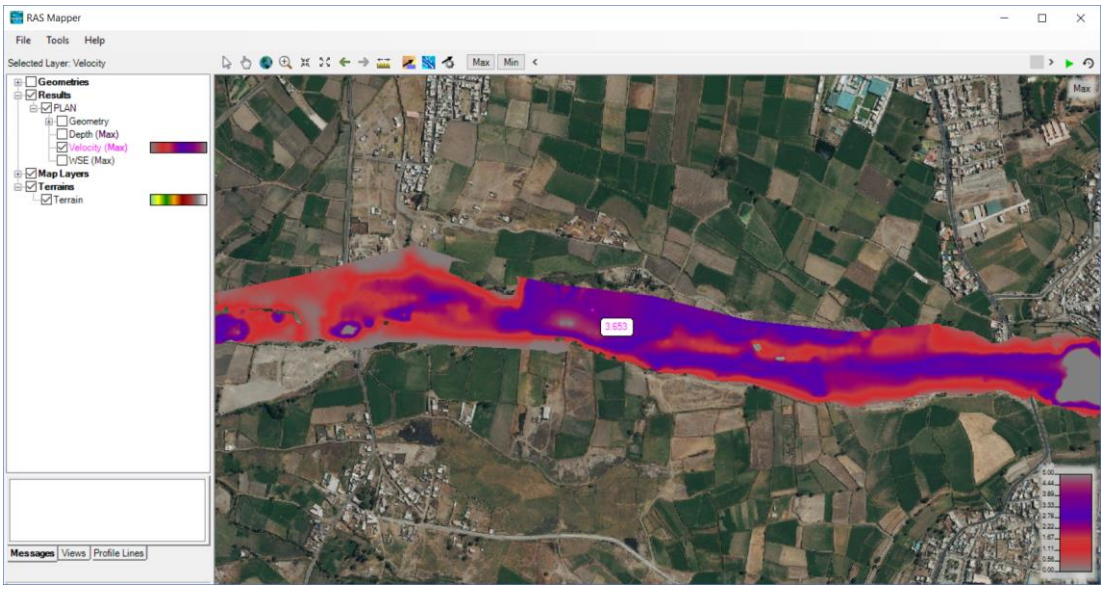


Figura Nro. 5.22.2.26 Inundación Flujo no Permanente – Método Grillado con Hec Ras 5.0.5 – Velocidad Máxima en la zona de protección



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.27 Inundación Flujo no Permanente – Método Grillado con Hec Ras 5.0.5 – Velocidad Máxima en el Puente Socabaya

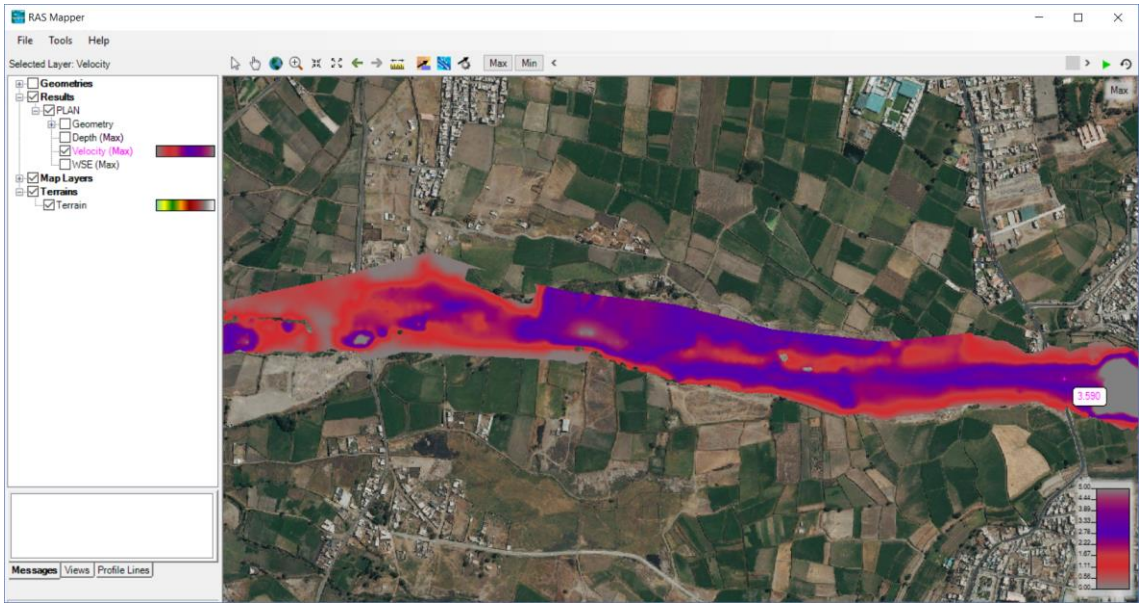
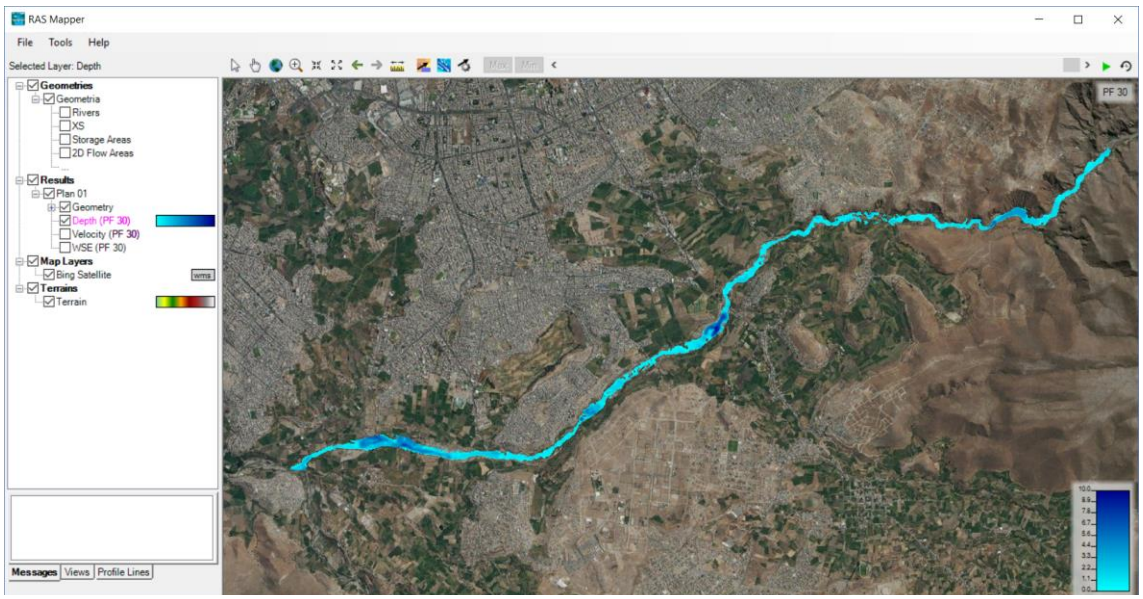


Figura Nro. 5.22.2.28 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.29 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Tirante Máximo en la Zona de protección

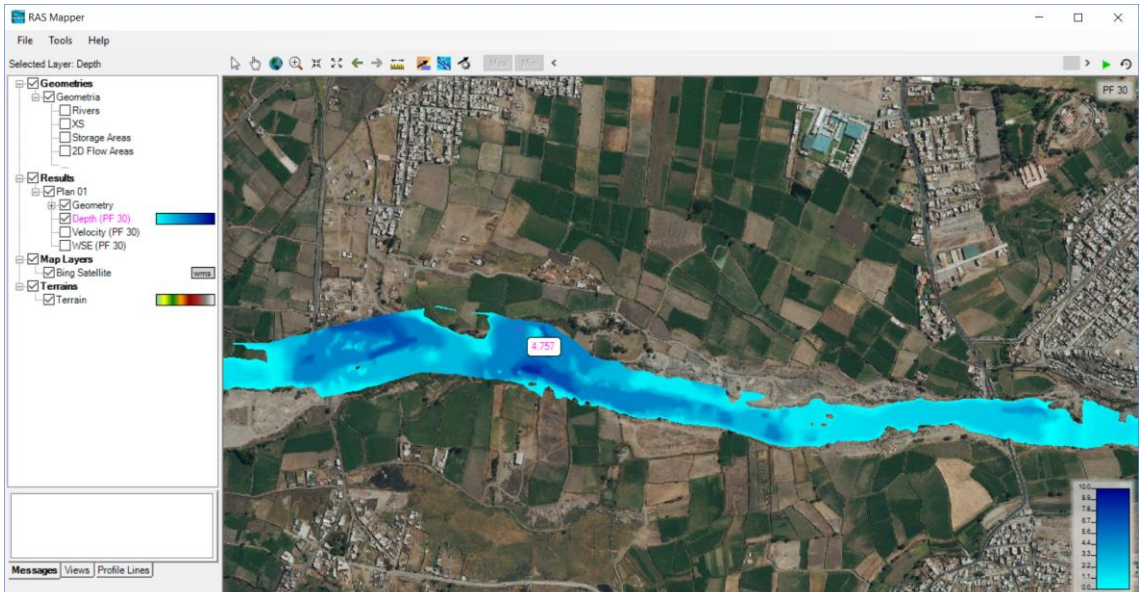
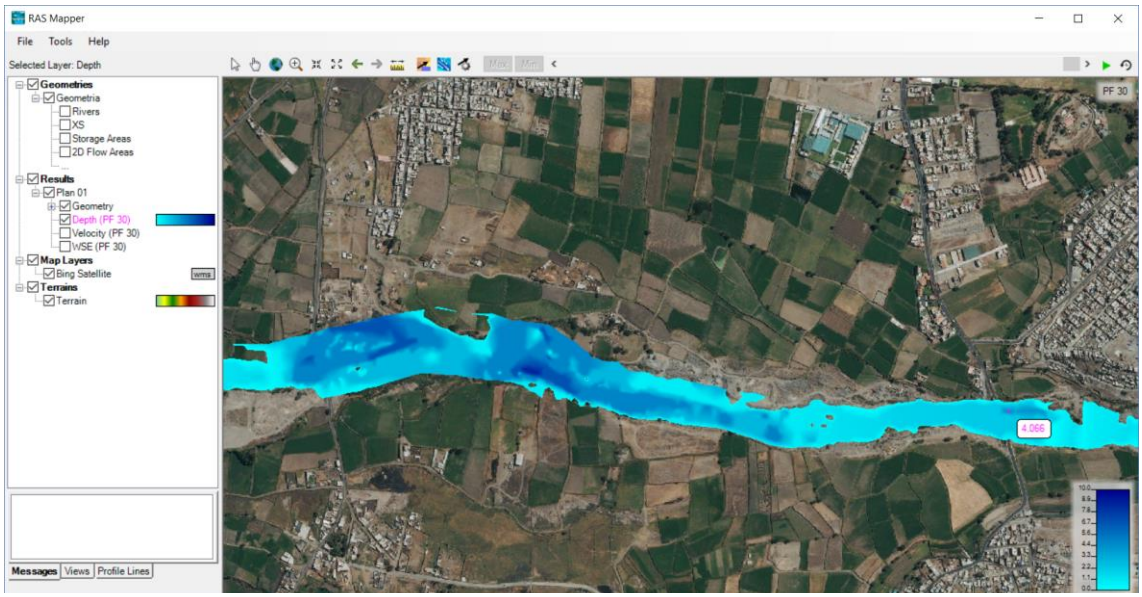


Figura Nro. 5.22.2.30 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Tirante Máximo en el Puente Socabaya



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.31 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Velocidad Máxima

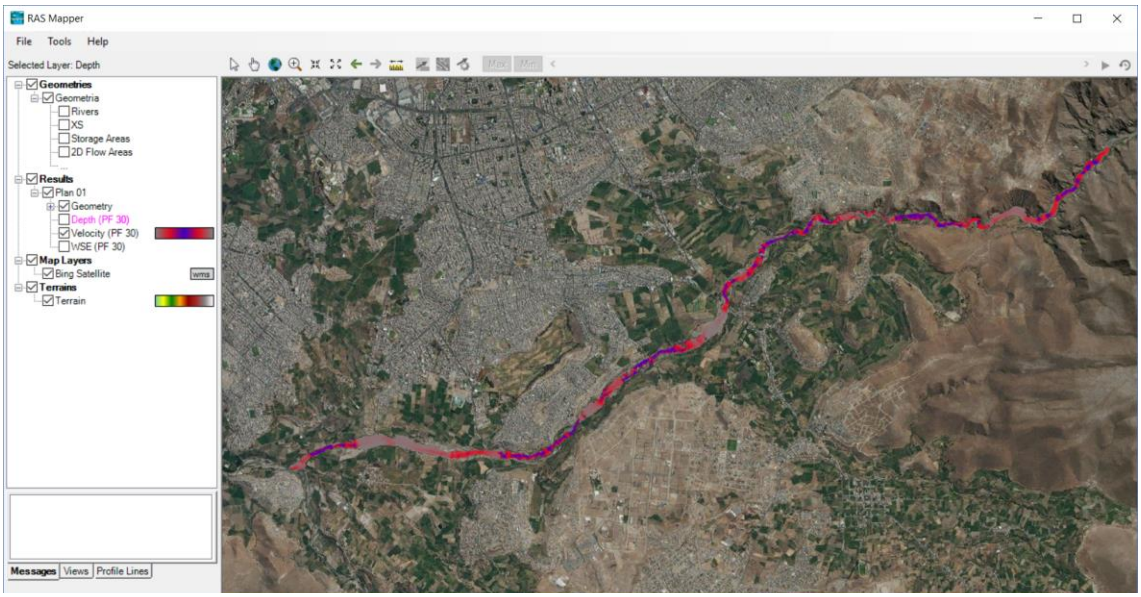
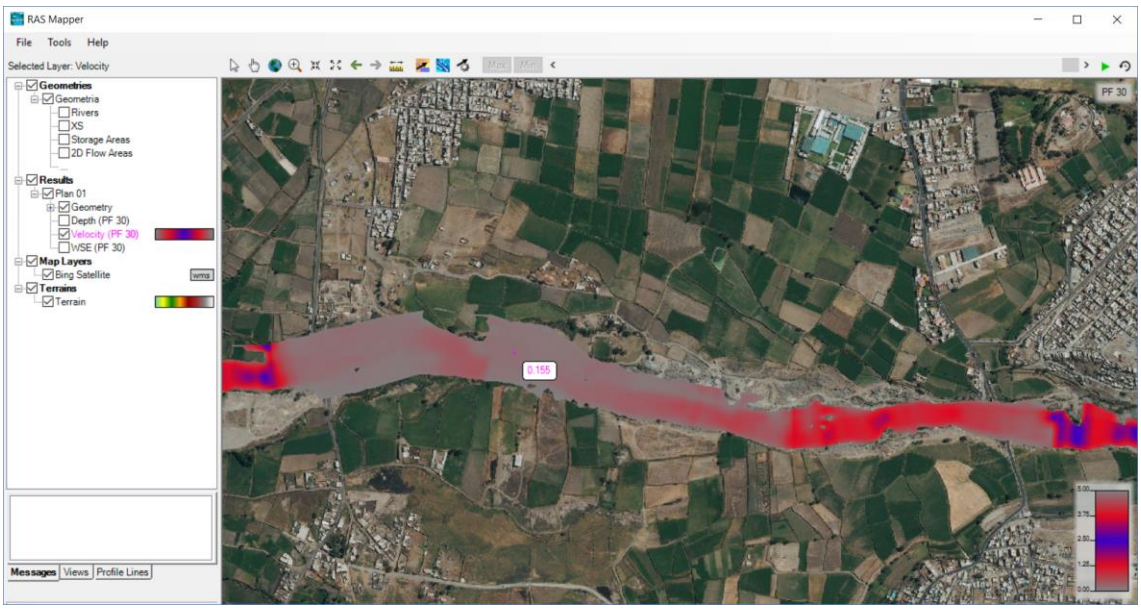


Figura Nro. 5.22.2.32 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Velocidad Máxima en la zona de Protección



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.33 Inundación Flujo no Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.3 – Velocidad Máxima en el Puente Socabaya

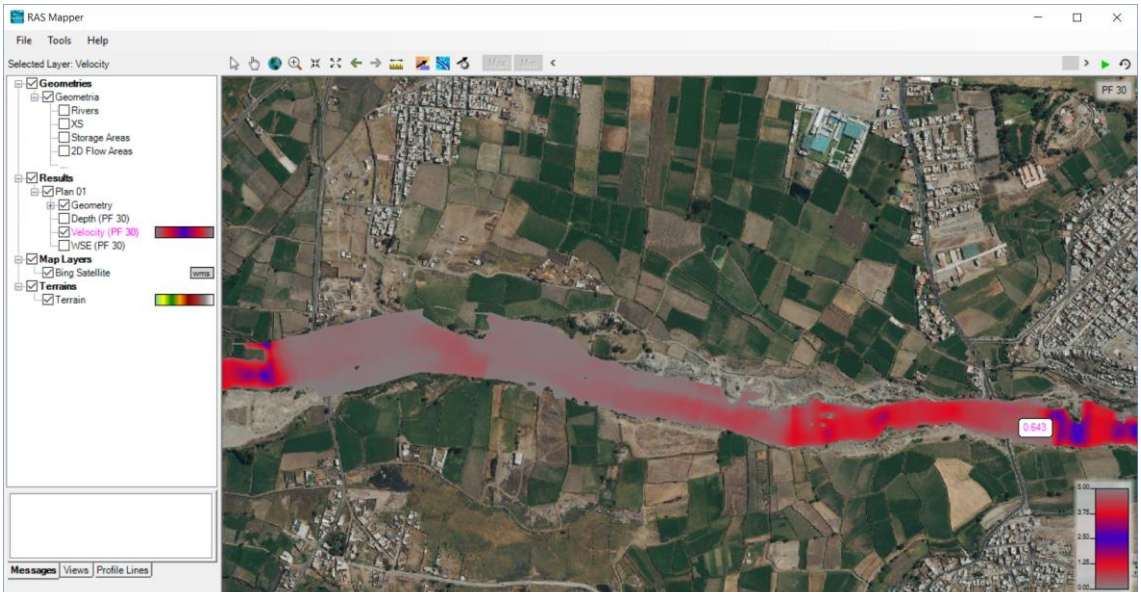
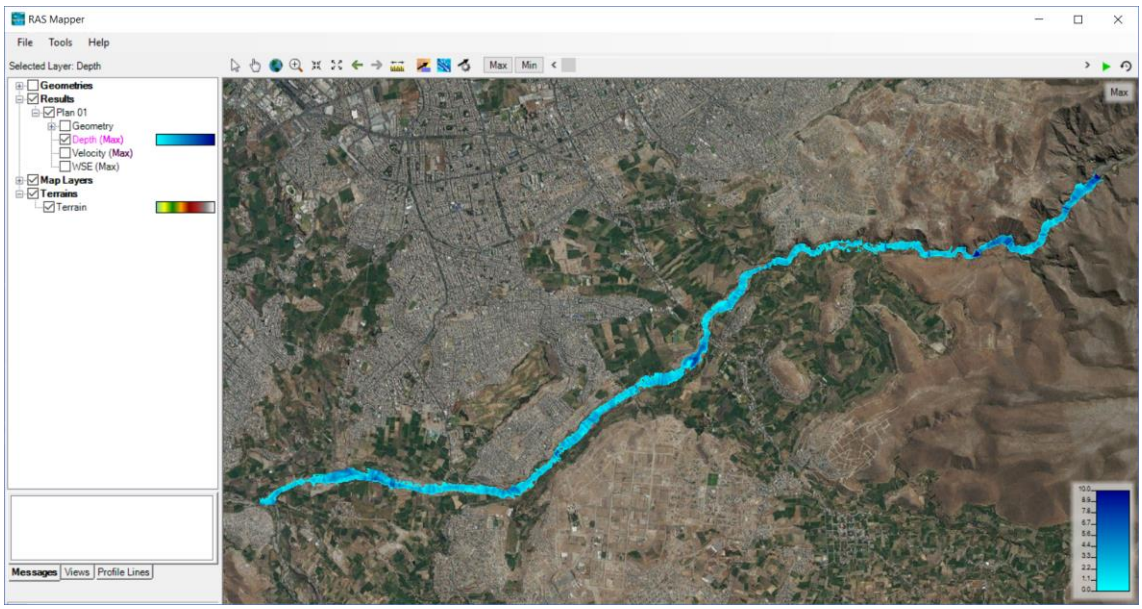


Figura Nro. 5.22.2.34 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Tirantes Máximos



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.35 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Tirante máximo en la zona de proyecto

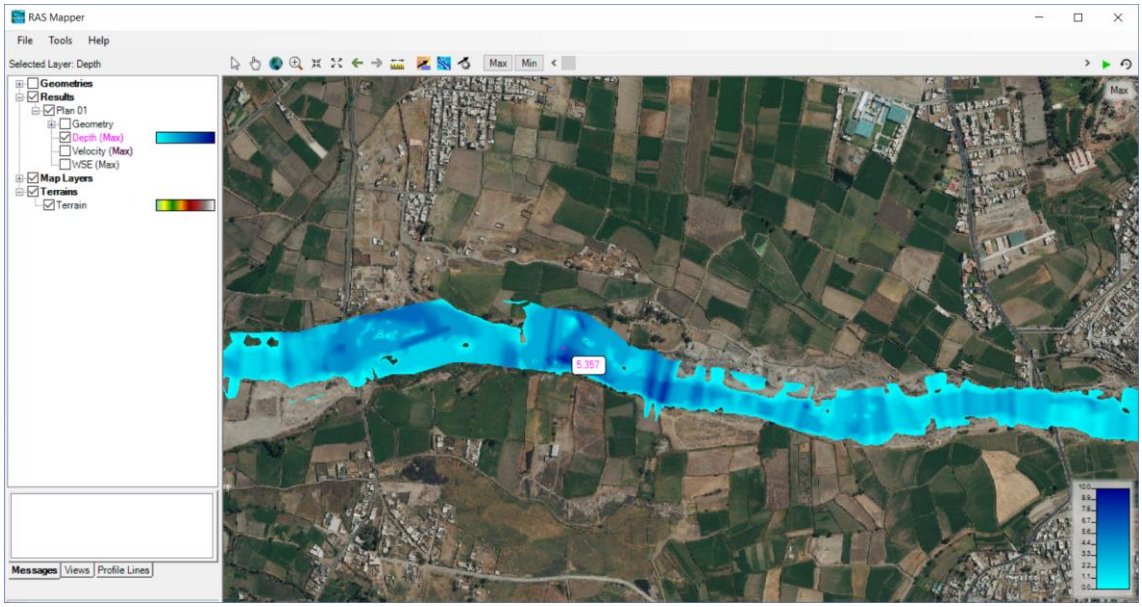
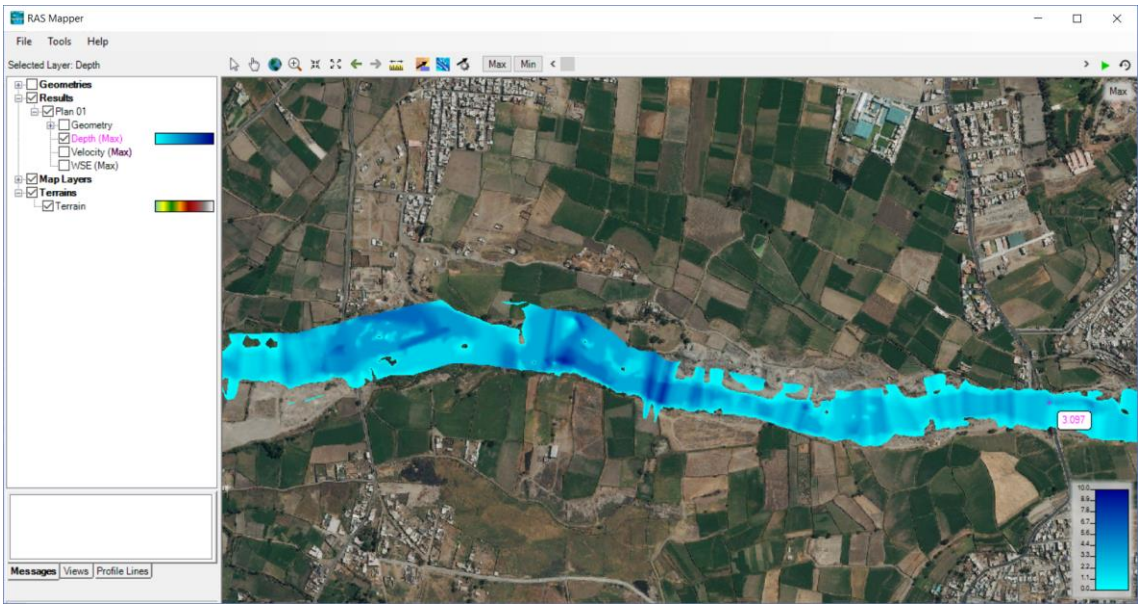


Figura Nro. 5.22.2.36 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Tirante máximo en el Puente Socabaya



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.37 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Velocidad Máxima en la zona de proyecto

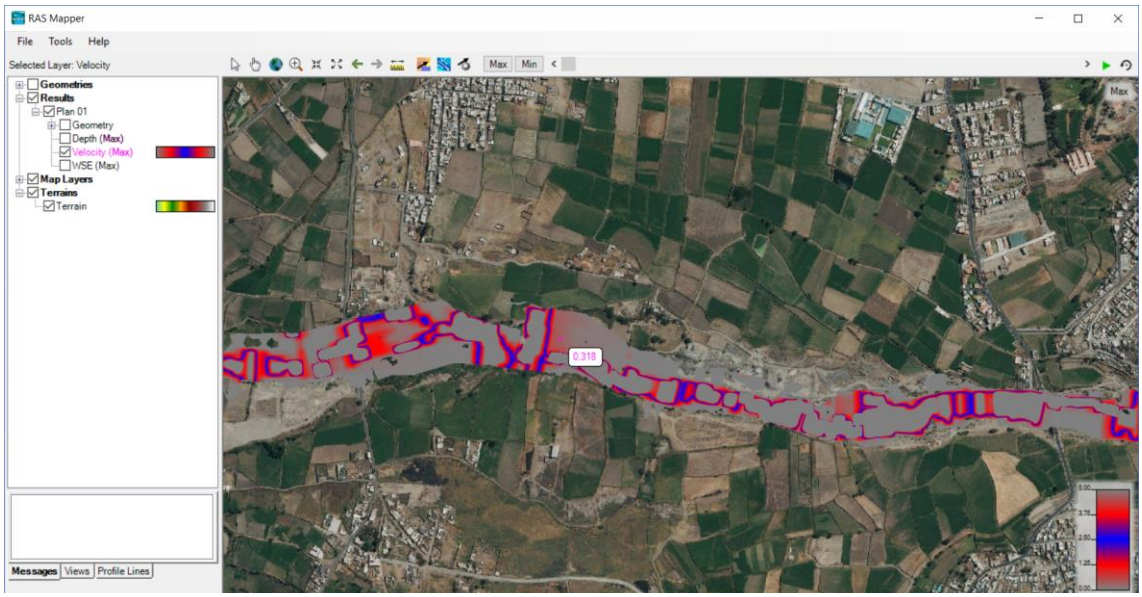


Figura Nro. 5.22.2.38 Inundación Flujo Permanente – Método Geometría exportada con Hec Ras 5.0.5 – Velocidad Máxima en el Puente Socabaya



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.22.5.4 Hidrograma para un periodo de retorno de 50 años

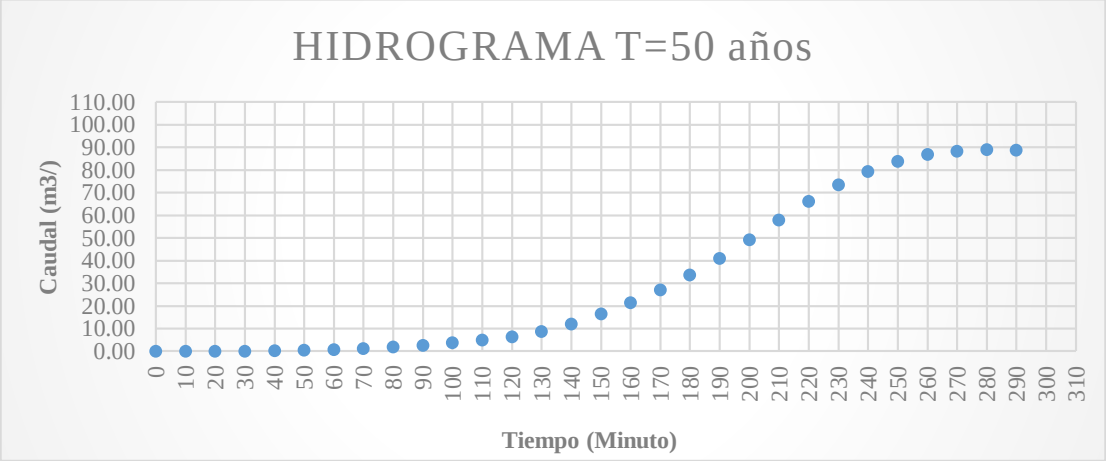
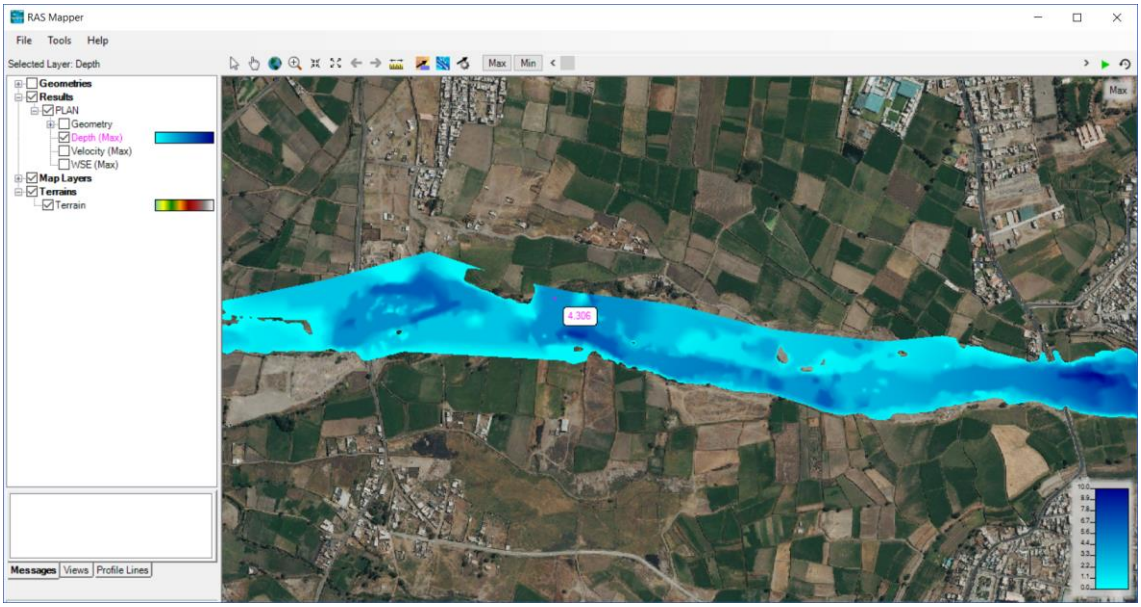


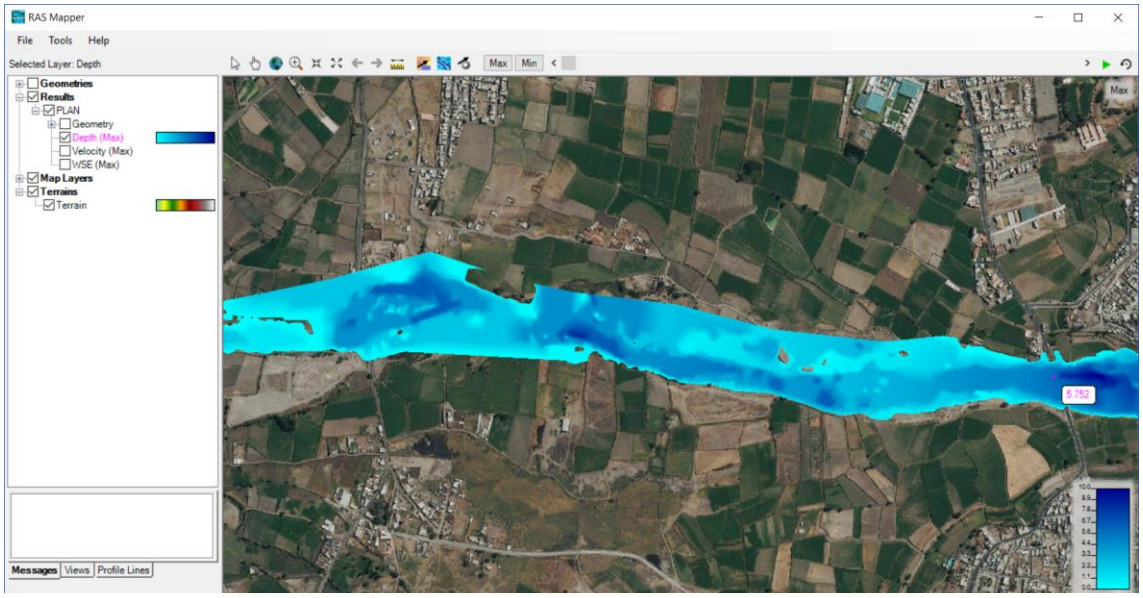
Figura Nro. 5.22.2.39 Tirante Máximo en la zona de protección para un periodo de retorno de 50 años



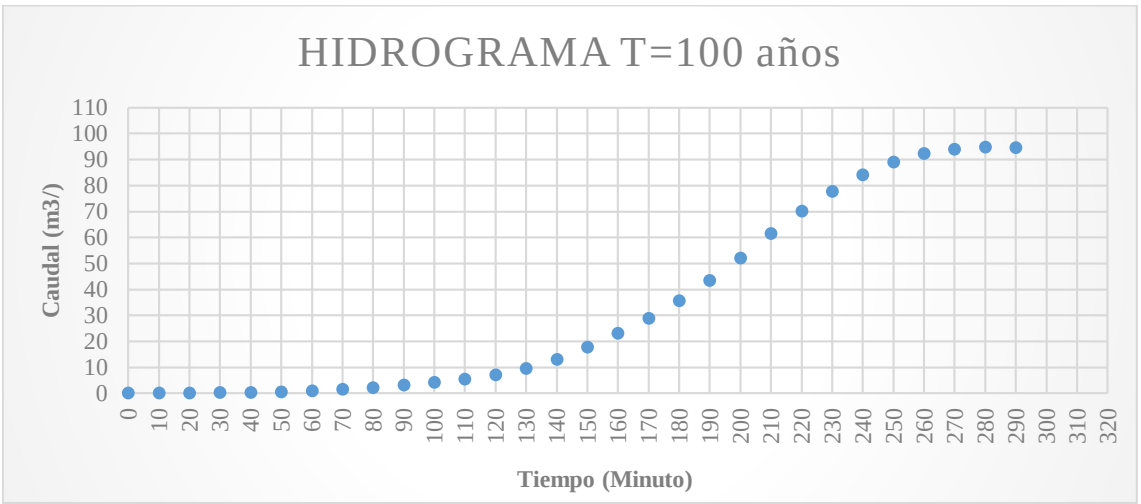
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.40 Tirante Máximo en el Puente Socabaya para un periodo de retorno de 50 años



Cuadro Nro. 5.22.5.5 Hidrograma para un periodo de retorno de 100 años



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.41 Tirante Máximo en la zona de protección para un periodo de retorno de 100 años

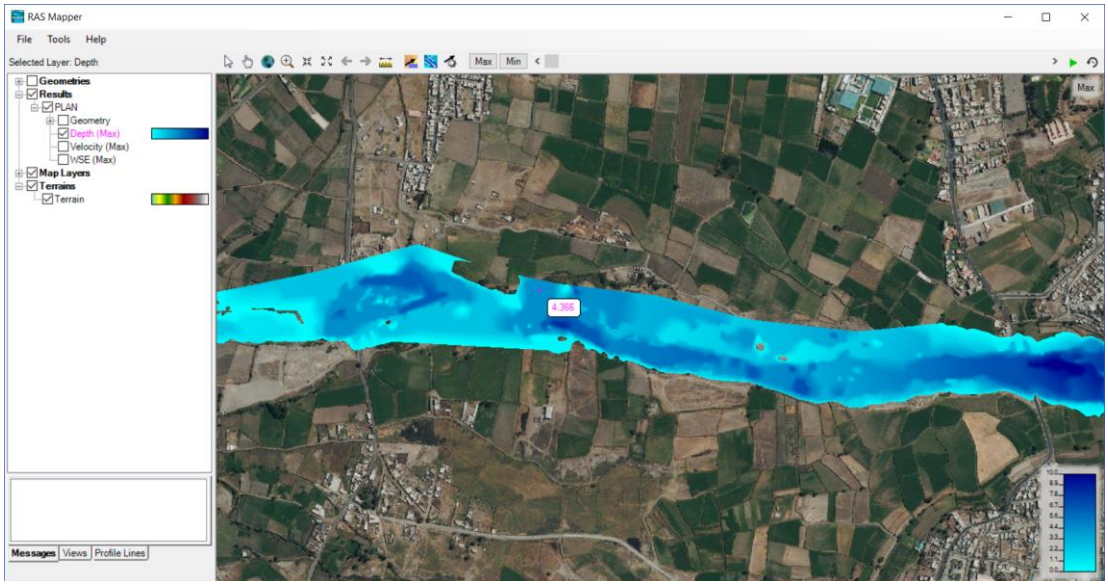
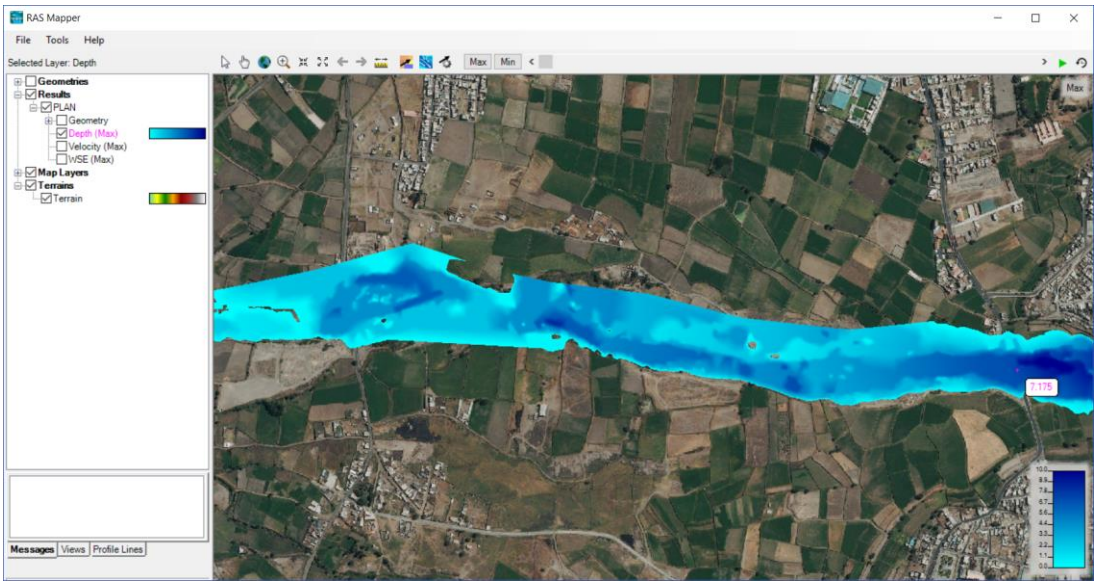


Figura Nro. 5.22.2.42 Tirante Máximo en el Puente Socabaya para un periodo de

retorno de 100 años



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 5.22.5.43 Hidrograma para un periodo de retorno de 200 años

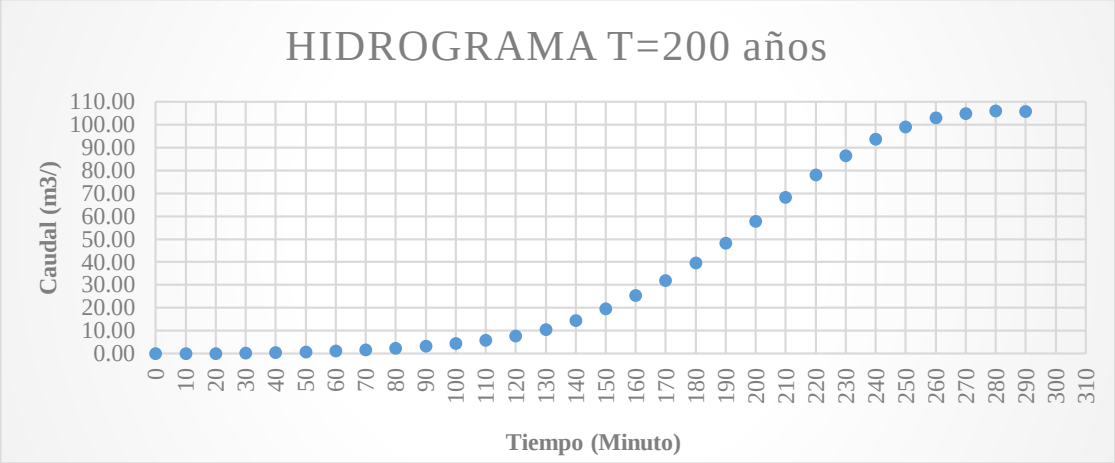
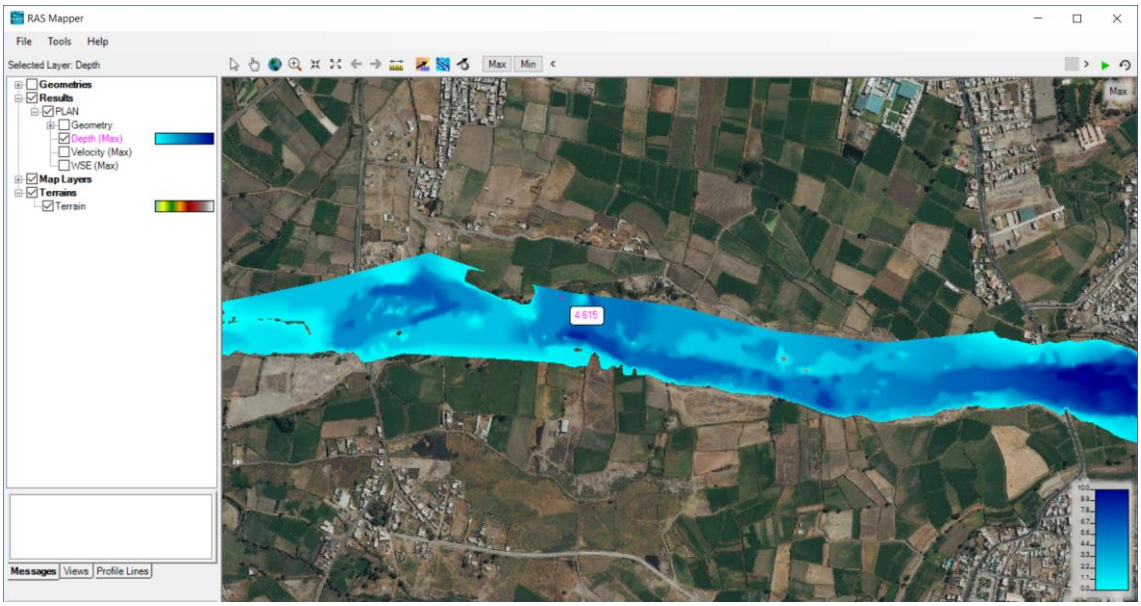


Figura Nro. 5.22.2.44 Tirante Máximo en la zona de protección para un periodo de retorno de 200 años



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 5.22.2.45 Tirante Máximo en el Puente Socabaya para un periodo de retorno de 200 años

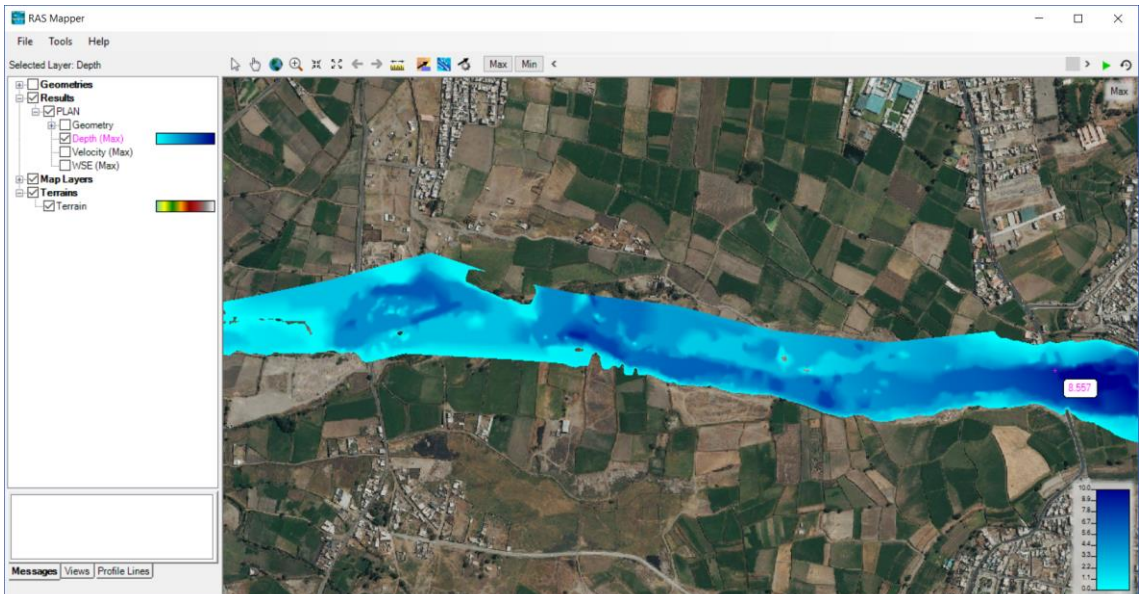
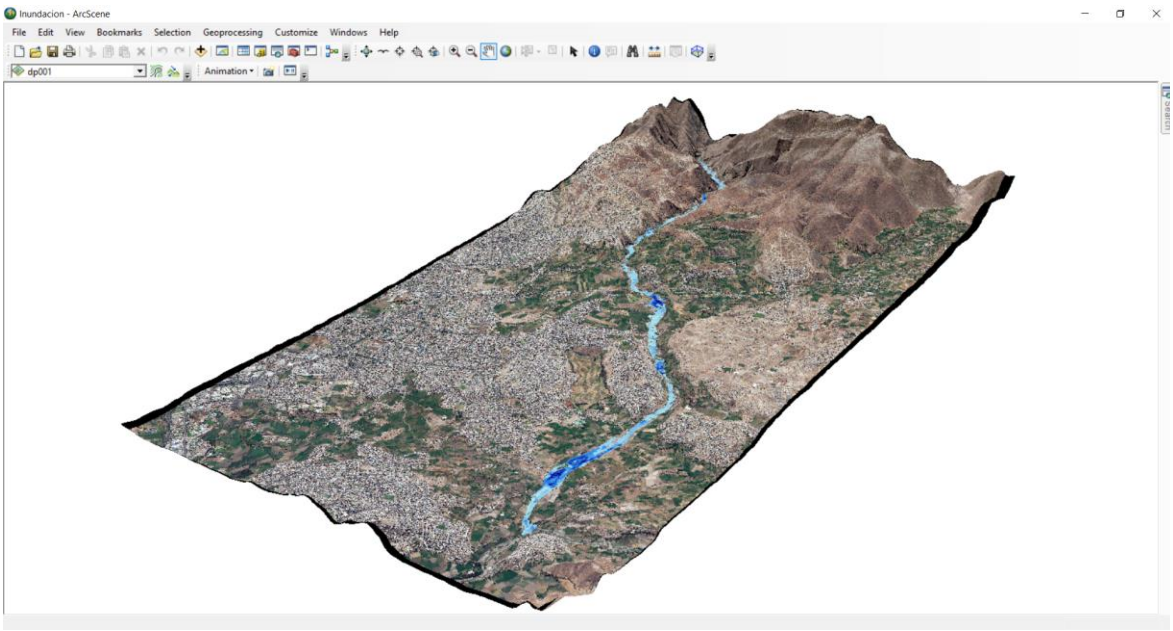


Figura Nro. 5.22.2.46 Rio Socabaya 12.5 Km – ArcScene 3D



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO VI

DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO VI

6. DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL

6.1 FAJA MARGINAL

La faja marginal, **es la zona de transición entre el medio acuático y el terrestre, alrededor del cauce o álveo de un cuerpo de agua, generalmente vegetada por efecto del agua existente**. (ANA, 2010)

Esta zona es reconocida como un área de interacción física, biológica y química entre el ecosistema acuático y el terrestre, consecuentemente posee una inusual biodiversidad y es el medio donde se presenta una gran diversidad de procesos ambientales. (ANA, 2010)

Entre las múltiples funciones ecológicas de las fajas marginales se incluye el mantenimiento de la estructura física de las corrientes de agua, la estabilidad de las márgenes y del cauce, el sombreado de la corriente, la intercepción de sedimentos, los corredores de vida silvestre, etc. (ANA, 2010)

Si bien no existe consenso respecto al ancho de la faja marginal, se acepta que esta posee una fragilidad biológica y física que atenúa los impactos generados por las actividades en las laderas y por el propio comportamiento del cuerpo de agua. (ANA, 2010)

Cada cuerpo de agua es diferente y como tal, requiere de un conocimiento específico del área que ocupan para la determinación de su faja marginal, así por ejemplo, tierras altas con valles angostos tienen generalmente fajas marginales angostas pero su cauce posee una mayor energía, por lo que requieren intensivas prácticas de manejo, lo contrario ocurre con tierras bajas en valles amplios con cauces de poca energía generalmente meandricos, donde las prácticas de manejo pueden ser menos intensivas. (ANA, 2010)

Entre las diversas funciones especificadas que se reconocen a las fajas marginales se pueden citar las siguientes:

- Mantenimiento de la integridad hidrológica, hidráulica y ecológica del cauce, el suelo y la vegetación asociada, reduciendo la erosión, estabilizando las márgenes,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

regulando las avenidas, contribuyendo al mantenimiento de un caudal base y manteniendo la calidad de las aguas.

- Protección de la flora, fauna acuática y ribereña de potenciales fuentes de contaminación provenientes de las tierras altas, atrapando y filtrando sedimentos, nutrientes y/o químicos remanentes de actividades antrópicas.
- Intercepción y retención de sedimentos que son acarreados por la escorrentía de los cuerpos de agua.
- Atrapan o reducen el aporte de fosforo, nitrógeno y otros nutrientes que pueden causar eutrofización de los sistemas acuáticos.
- Atrapan o remueven contaminantes químicos como los pesticidas.
- Protegen el hábitat de los peces y organismos acuáticos moderando los cambios de temperatura mediante la sobra, proporcionando abrigo, protección térmica y alimento a través de restos leñosos.
- Mejora el paisaje de los cauces ofreciendo áreas para la recreación.
- Permite el libre ejercicio del uso primerio de las aguas, el libre tránsito alrededor de los cauces y la pesca en cauces con fauna ictiológica.
- Brinda acceso y espacio para la ejecución de trabajos de protección, rendimiento y mantenimiento de los cauces y los bienes asociados a las aguas. (ANA, 2010)

Por tal razón, a continuación, se exponen algunos criterios para la determinación del ancho de la faja marginal basada en la revisión de información técnica existente.

6.2 CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE LA FAJA

Existen dos criterios básicos para la determinación del ancho de la faja marginal, estos son:

6.2.1 Ancho fijo:

Consiste en fijar un ancho uniforme y constante para la faja marginal, independientemente de las características del cauce, de su entorno o de los usos del agua. Este criterio tiene como principal ventaja, la facilidad de su aplicación y monitoreo, sin requerir de un conocimiento del ecosistema adyacente al cuerpo de agua ni asistencia técnica para su determinación, pero puede resultar en una protección excesiva donde no sea necesario o inversamente en una protección deficiente en áreas con mayor fragilidad a

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la degradación. Además, este criterio es objetable generalmente por los propietarios de terrenos ribereños en la medida que impone restricciones en el aprovechamiento económico de las tierras ribereñas, más allá de las necesidades reales de protección de los cuerpos de agua. (ANA, 2010)

6.2.2 Ancho variable:

Consiste en la determinación de un ancho de faja marginal variable, acorde a las características del cuerpo de agua y su cauce, como son: la composición, edad y condición d la vegetación ribereña, la geomorfología del tramo de cauce, las especies de animales y plantas presentes en el tramo, la hidrología de la cuenca, los usos de las tierras adyacentes y la fragilidad del ecosistema que se trata de proteger. (ANA, 2010)

6.2.3 Ancho Mínimo de Faja Marginal

Considerando la necesidad de establecer un ancho que represente en lo esencial las diversas situaciones que pueden presentarse en los cauces del territorio nacional, se establece como ancho mínimo de faja marginal, una longitud de 25 m. (ANA, 2010)

Este ancho mínimo en principio, permite cumplir con lo que establece el artículo **74° de la ley de recursos hídricos**, la que dispone el mantenimiento de la faja marginal para el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios. (ANA, 2010)

Por tal razón, se establecen a continuación, criterios complementarios de diversos tipos que permiten ajustar el ancho de la faja marginal a las condiciones particulares de cada tramo de los cauces naturales o artificiales.

6.3 CRITERIOS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS

Para el caso de tramos de cauces próximos a centros poblados, las riberas del cauce se encontrarán comprendidas entre el nivel de aguas mínimas y el nivel correspondiente a una avenida de 1000 años de periodo de retorno. A partir del nivel superior de la ribera determinada de esta manera, se considerará el ancho mínimo establecido para la faja marginal (**25m**) medida en la dirección transversal al eje del cauce. Corresponderá a la **Autoridad Administrativa del Agua**,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

determinar el área o tramo del cauce donde se debe aplicarse este criterio, considerando la prevención de potenciales daños por efecto de inundaciones en áreas pobladas y el riesgo de pérdida de vidas humanas. (ANA, 2010)

Cuando el tramo de interés (**próximo a áreas pobladas**), existen obras de encauzamiento y el cálculo hidráulico e hidrológico demuestre la incapacidad de dichas obras para encauzar el caudal de avenidas con tiempos de retorno de hasta 1000 años, para la determinación del ancho de la faja marginal se considerara el criterio anterior, asumiendo la inexistencia de dichas obras de encauzamiento existente, el ancho mínimo de la faja marginal (25m) se medirá desde el extremo de la coronación de dichas obras, más próximo al cauce. (ANA, 2010)

El ancho de un cauce es un parámetro directamente vinculado a la magnitud de los caudales que fluyen a través del cauce y como tal condiciona el comportamiento hidráulico del cuerpo de agua y su potencial aprovechamiento con fines hidroenergeticos, de navegabilidad, pesca, etc. Así como las características de sus afluentes y ecosistema ribereño, especialmente en la vertiente del Amazonas. Por tal razón, es necesario establecer un criterio basado en el ancho del cauce para la determinación del ancho de la faja marginal, tal como se precisa en la siguiente tabla:

Cuadro Nro. 6.3.1 Criterio Hidráulico e Hidrológico

ANCHO DE CAUCE	ANCHO DE FAJA MARGINAL
Menor de 10 m	5 m
Entre 10 y 50 m	10 m
Entre 50 y 100 m	**25 m**
Entre 100 y 200 m	30 m
Entre 200 y 500 m	40 m
Mayor de 500 m	-

Fuente: Procedimiento y guía para la delimitación de faja marginal, 2010

6.4 CRITERIOS AMBIENTALES

Los vínculos entre el agua fresca, los peces y la faja ribereña son diversos e importantes. La faja ribereña es la interface entre le ecosistema terrestre y acuático, puede regular la transferencia de energía y material entre ambos sistemas y regula la transmisión de energía solar en el sistema acuático, influyendo en la cantidad de luz y sombra en el cauce y generando el habitad propicio para las especies animales y vegetales que existen en las riberas. (ANA, 2010)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La siguiente tabla resume algunas actividades antrópicas ambientalmente riesgosas para las que requieren establecer anchos diferenciados de fajas marginales, tales como:

Cuadro Nro. 6.4.1 Criterio Ambiental

ACTIVIDAD	ANCHO DE FAJA MARGINAL
Servicio de abastecimiento de combustible	30 m
Almacenamiento de combustible	100 m
Áreas de embarque, desembarque y estiba	30 m
Caminos	30 m
Zanjas	100 m
Drenajes	30 m
Almacenamiento y mezcla de pesticidas	100 m
Aplicación de pesticidas	50 m
Aplicación de insecticidas	400 m
Silvicultura	30 m
Campamentos de mantenimiento	100 m
Instalaciones industriales	100 m
Áreas de esquema controlada	50 m

Fuente: Procedimiento y guía para la delimitación de faja marginal, 2010

6.5 CRITERIOS SOCIALES

Las municipalidades, según lo dispone el **Reglamento Nacional de Edificaciones**, así como la Ley Orgánica de Municipalidades, son responsables del plan de expansión urbana de sus respectivas jurisdicciones y como tal deben participar en el proceso de concientización entre la población ribereña respecto a la necesidad de mantener una faja marginal alrededor de los cuerpos de agua. (ANA, 2010)

La función de las fajas marginales en áreas urbanas o de futura expansión urbana resulta de mayor relevancia comparada con aquellas que corresponden a áreas rurales, debido a la necesidad de amortiguar, reducir y si es posible, impedir el impacto de las actividades antrópicas sobre los cuerpos de agua y su ecosistema asociado. Por tal razón, a continuación, se establecen criterios que tienen como ámbito de aplicación áreas en torno a los asentamientos poblacionales o zonas de desarrollo industrial. (ANA, 2010)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En estos casos, la faja marginal será ocupada por toda el área libre disponible sobre el cauce, a una distancia no mayor de 25m, medida en dirección transversal al aje del cauce. (ANA, 2010)

6.6 CRITERIOS LEGALES

Actualmente existen áreas colindantes con los cauces ocupados por cuerpos de agua, que cuentan con títulos reconocidos y registrados, siendo estas, propiedades individuales o comunales. (ANA, 2010)

Sin embargo, la necesidad de establecer una faja marginal de ancho mínimo para los fines que establece la **Ley de Recursos Hídricos**, obliga a restringir el uso de las áreas donde se emplaza y/o emplazara la faja marginal, sin perjuicio del derecho de propiedad, restricciones que se enmarcan en los siguientes criterios:

- No se desarrollarán áreas agrícolas
- Se conservará el ecosistema natural existente
- Se permitirá el ejercicio de las funciones y/o usos asignados a la faja marginal según lo establecido en el artículo de la Ley de Recursos Hídricos.

En situaciones específicas no previstas, corresponde a la **ANA**, previa opinión de la AAA y/o ALA, establecer el ancho de la faja marginal, tomando en cuenta las funciones que la ley establece para ella. (ANA, 2010)

Cuadro Nro. 6.6.1 Ancho Mínimo de Faja Marginal en Cuerpos de Agua

Tipo de Fuente	Ancho mínimo
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso	3
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2) material conglomerado	4
Tramo de ríos con pendiente media (1 - 2%)	**5**
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas	6
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas	10
Tramos de ríos con estructuras de defensa ribereña (gaviones, diques, enrocados, muros, etc.) medido a partir del pie de talud externo	4
Tramos de ríos de selva con baja pendiente (menores a 1%)	25
Lagos y Lagunas	10
Reservorio o embalses (Cota de vertedero de demasías)	10

Fuente: Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales, 2016

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

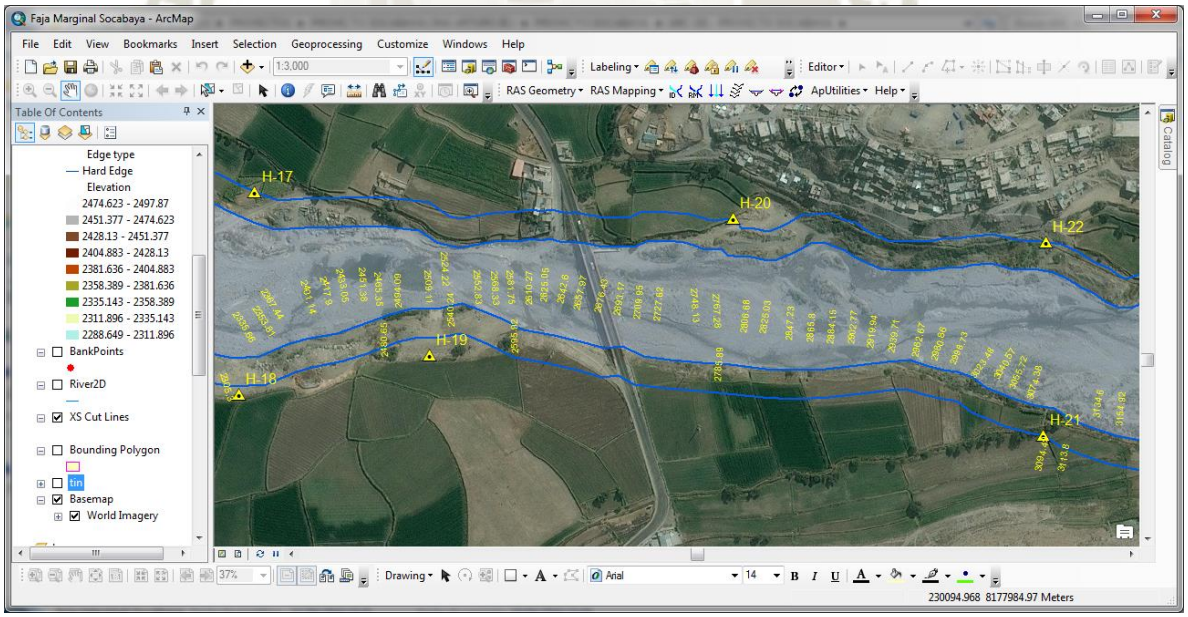
6.7 DELIMITACIÓN DE LA FAJA EN CAMPO Y SISTEMATIZACIÓN

La delimitación de las Faja Marginal del rio Socabaya, comienza con el levantamiento topográfico proporcionado por la **Autoridad Nacional del Agua** (**ANA**), el cual ha de ser enlazado al **Sistema Geodésico Nacional** establecido por el Instituto Geográfico Nacional (**IGN**) y expresado en cotas absolutas y coordenadas **UTM** referidas al **Datum Horizontal WGS 84**.

El levantamiento topográfico apoyara en la Monumentación de hitos de concreto con núcleo metálico, empotrado en el terreno debidamente codificado, señalizado y mostrado en los planos correspondientes que se muestran en este estudio de tesis.

Por consiguiente, la delimitación se observa mucho mejor en los planos adjuntos de este estudio de tesis con las progresivas correspondientes y la posición de los hitos demarcados y geo referenciados con coordenadas **UTM** referidas al **Datum Horizontal WGS 84**.

Figura Nro. 6.7.1 Delimitación de la faja Marginal por medio del Software Arc Gis.



6.8 PROPUESTA DE LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL

De acuerdo a la determinación del límite superior de la ribera de cauces naturales se termina mediante los métodos de Huella Máxima y Modelamiento Hidráulico como es el presente estudio de tesis, es por consiguiente que a través del

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

modelamiento hidráulico que utiliza información topográfica y caudales máximos instantáneos, para efectuar el tránsito de avenidas se determina lo siguiente:

Según el artículo 12 "**criterios generales para determinar el ancho mínimo de las fajas marginales**" de acuerdo al cuadro Nro. 6.6.1 nos indica que para Tramos de ríos con pendiente media de 1 – 2 % el ancho mínimo es de 5m. (Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales, 2016)

Según el artículo 13 "**criterios para determinar un ancho mayor de las fajas marginales de los cauces naturales**" nos indica que si el ancho mínimo resulta insuficiente o no permite el uso público al cual está destinada la faja marginal o se requiere un mayor ancho para la protección de asentamientos poblacionales frente a eventos hidrológicos extremos, para estos casos la delimitación de faja marginal se debe sustentar en un estudio específico. (Reglamento para la delimitación y mantenimiento de fajas marginales, 2016)

Cuadro Nro. 6.7.1 Coordenadas de Hitos

PROGRESIVA DEL TRAMO DEL CURSO FLUVIAL (Km)	RELACION DE HITOS GEOREFERENCIADOS PARA LA SEÑALIZACION DEL TRAMO DE LA FAJA MARGINAL DELIMITADO					
	MARGEN DERECHA			MARGEN IZQUIERDA		
	Código	Este	Norte	Código	Este	Norte
12+662	**H-100**	237495.650	8181709.486			
12+199	**H-99**	237256.651	8181388.416			
12+000	**H-98**	237061.556	8181300.156			
11+660				**H-97**	236951.882	8180898.638
11+562				**H-96**	236821.400	8180860.303
11+468				**H-95**	236721.113	8180928.067
11+361				**H-94**	236603.477	8181021.755
10+987	**H-92**	236303.539	8181031.163			
10+934				**H-93**	236344.460	8180910.443
10+847	**H-91**	236228.473	8180936.603			
10+724	**H-90**	236180.565	8180997.288	**H-89**	236079.661	8180913.933
10+543	**H-88**	235986.421	8181039.718			
10+174	**H-87**	235683.728	8180977.687			
10+075				**H-85**	235562.247	8180937.877
9+968	**H-86**	235617.633	8181083.460	**H-84**	235504.482	8180995.062
9+844				**H-83**	235437.541	8180924.209
9+783	**H-82**	235391.410	8181092.767			
9+573				**H-81**	235211.252	8180919.129
9+441				**H-80**	235096.075	8180893.419
9+361	**H-79**	235016.174	8181078.316			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

9+328				**H-78**	234934.462	8180932.579
9+256	**H-77**	234923.736	8181104.570			
9+110				**H-76**	234781.972	8180910.831
9+043				**H-75**	234629.047	8180911.196
8+873	**H-74**	234597.429	8181111.311			
8+689				**H-73**	234482.851	8180918.198
8+627	**H-72**	234356.006	8181044.962			
8+576	**H-71**	234324.213	8180987.977			
8+534				**H-69**	234238.355	8180915.531
8+471	**H-70**	234292.643	8181055.324			
8+341	**H-68**	234133.373	8181070.755			
8+202	**H-67**	234029.044	8180948.803			
8+088				**H-66**	234052.122	8180773.289
8+018	**H-65**	233940.462	8180889.834			
7+917	**H-64**	233818.771	8180873.541			
7+843				**H-63**	233812.753	8180754.328
7+832	**H-62**	233749.039	8180810.934			
7+630	**H-61**	233582.936	8180760.191	**H-60**	233626.427	8180650.265
7+498	**H-58**	233430.111	8180687.954			
7+442				**H-59**	233596.199	8180519.204
7+310	**H-56**	233389.412	8180508.442	**H-57**	233515.804	8180418.815
7+135				**H-55**	233379.899	8180287.802
6+986	**H-54**	233182.240	8180359.560			
6+920				**H-53**	233204.018	8180202.988
6+858	**H-52**	233101.392	8180290.098			
6+718	**H-51**	232983.868	8180176.116			
6+540	**H-49**	233011.180	8179977.729	**H-50**	233106.084	8180009.817
6+389	**H-48**	232954.075	8179885.404			
6+372				**H-47**	233098.017	8179793.713
6+275	**H-46**	232920.963	8179777.815			
6+183	**H-44**	232815.078	8179761.951			
6+148				**H-45**	232995.162	8179538.258
5+942	**H-43**	232668.130	8179656.770			
5+725	**H-41**	232542.570	8179524.333	**H-42**	232600.431	8179337.904
5+318	**H-39**	232184.371	8179381.464	**H-40**	232253.084	8179256.224
5+014				**H-38**	232037.715	8179082.225
4+787	**H-37**	231736.050	8179108.215			
4+579	**H-35**	231580.464	8178972.136			
4+533				**H-36**	231691.505	8178822.307
4+404	**H-33**	231495.114	8178834.138			
4+303				**H-34**	231541.254	8178665.176
4+152	**H-31**	231291.561	8178695.773			
4+064				**H-32**	231346.277	8178538.098
3+888	**H-29**	231159.833	8178467.532			
3+806				**H-30**	231200.502	8178345.246

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3+770	**H-28**	231072.290	8178401.194			
3+645				**H-27**	231055.507	8178230.057
3+552				**H-26**	230993.004	8178148.941
3+498	**H-25**	230874.591	8178236.302			
3+334	**H-23**	230694.901	8178150.547			
3+230				**H-24**	230718.545	8177972.398
3+094				**H-21**	230554.276	8178001.423
3+023	**H-22**	230556.721	8178170.151			
2+786	**H-20**	230284.727	8178190.625			
2+509				**H-19**	230020.270	8178071.202
2+370	**H-17**	229868.215	8178213.960			
2+317				**H-18**	229854.130	8178037.440
2+234	**H-16**	229750.446	8178251.899			
2+095				**H-15**	229595.746	8178058.239
1+996	**H-14**	229566.244	8178255.352			
1+667				**H-12**	229186.113	8178145.165
1+534	**H-13**	229164.402	8178353.488	**H-10**	229040.556	8178185.384
1+458	**H-11**	229050.886	8178347.552			
1+395	**H-9**	228977.852	8178335.201			
1+187	**H-8**	228759.514	8178384.176			
1+023	**H-6**	228602.673	8178329.815	**H-7**	228640.774	8178151.370
0+910	**H-5**	228503.569	8178284.835			
0+674				**H-4**	228297.230	8178158.227
0+656	**H-3**	228238.675	8178282.288			
0+322	**H-1**	227926.534	8178152.505			
0+265				**H-2**	227959.648	8178036.547

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO VII

PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO VII

7. PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES

7.1 GENERALIDADES

El presente proyecto en uno de sus objetivos es el diseño de la defensa ribereña, en el tramo comprendido entre el puente Socabaya y 500 Km aguas abajo del mismo. Es necesario dentro del proyecto realizar en primer término el estudio hidrológico (**que se realizó en el capítulo V**).

Luego a partir de la topografía del Rio Socabaya (**ANEXOS**) se realizó el tránsito de avenidas a partir del caudal obtenido (**94.7 m³/s**). Que según los planos adjuntos se observó en el lugar denominado "El Pasto" se presenta una posible inundación (**Análisis de Riesgo**). Por consiguiente, se planteará una protección (**Defensa Ribereña**).

7.1.1 Estudio Hidrológico

En la cuenca del Rio Socabaya se realizaron los correspondientes estudios Hidrológicos (**Capítulo V**). El caudal permitirá realizar el diseño de la estructura de protección Flexible o Rígido contra inundaciones según corresponda al lugar y a los factores económicos y ambientales. En esta etapa del estudio se hizo uso del programa informático **HEC – HMS 4.1.**

7.1.2 Estudio Hidráulico

El caudal de máximas avenida para el periodo de retorno (**T = 100 años**) fue de 94.7 m³/s que se determinó en la etapa hidrológica, ahora será modelado hidráulicamente a través de las secciones transversales determinadas con el Software Hec – GeoRas y Arc Gis distribuidas cada 20 metros, el mismo que permitirá encontrar las características hidráulicas en cada una de las secciones, a partir de las cuales podrá proyectarse las estructuras hidráulicas de protección. (**Muros de Contención**). En esta etapa Se hará uso del Software **HEC – RAS 4.1**, **HEC - RAS 5.0.5 e IBER**)

7.1.3 Estudio de Hidráulica Fluvial

En esta etapa del proyecto, es necesario determinar un estudio de suelos del lugar de protección para encontrar las características de tipo de suelo,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

capacidad portante, Angulo de fricción, cohesión y la densidad natural del tramo de protección en el rio Socabaya, ya que e conoció el coeficiente de manning por le método de cowan y la profundidad de socavación generalizada en el rio Socabaya, anexados en este presente estudio de tesis.

7.2 PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES

La protección contra inundaciones incluye, tanto las medidas estructurales, como los no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación.

7.2.1 Las Medidas Estructurales

Incluye las represas y reservorios, modificaciones a los canales de los ríos, diques y riberos, depresiones para desbordamiento, cauces de alivio y obras de drenaje. (Reimbert M. 1979)

7.2.2 Las Medidas no Estructurales

Las mediadas no estructurales para controlar las inundaciones, tienen el objetivo de prohibir o regular el desarrollo de la zona aluvial o la cuenca hidrográfica para proteger las estructuras hidráulicas ya existentes, a fin de reducir la posibilidad de que sufran perdidas debido a la inundación. (Reimbert M. 1979)

7.3 DEFENSAS RIBEREÑAS

Son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas a los ríos, contra los procesos de erosión de sus márgenes producto de la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño y la socavación que ejerce el rio, debido al régimen de precipitaciones sobre todo en verano, ya que son causantes de la desestabilización del talud. (Reimbert M. 1979)

7.3.1 Áreas de Inundación

Las verificaciones hidráulicas teóricas, permitieron demostrar a través de los mapas correspondientes de inundación el área denominado **El Pasto, Av. peña Vaden**. Que permite desarrollar una defensa ribereña para la protección de áreas verde de uso agrícola y la protección de una tubería existente en situ.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7.3.2 Diagnostico

Basado en los estudios realizados (**Capítulo V**) y en información recopilada en la **Municipalidad Distrital de Socabaya**, se pretende elaborar el diseño de una defesa ribereña en función de los daños que se pretende evitar, a través de la mayor cantidad de alternativas técnicas que den solución al problema.

7.3.3 Presentación de Alternativas

En general, corresponde en esta etapa utilizar criterios técnicos que restrinjan la materialización física de algunas alternativas.

Las obras de defensa ribereña estarán sometidas a diferentes efectos en mayor o menor grado según se presenten las condiciones hidráulicas y la naturaleza del terreno de fundación, estos efectos son:

- Deformación y resistencia de la fundación
- Posibilidad de la socavación de la base
- Estabilidad
- Efecto abrasivo por transporte de material de fondo
- Empuje de tierras detrás de la estructura

Por otra parte, las obras además de ser eficiente, deben ser económicas, para lo cual se considera los siguientes factores:

- Disponibilidad y costo de materiales de construcción
- Costo de construcción
- Costo de mantenimiento
- Durabilidad de las obras
- Condiciones constructivas

La forma y el material empleado en su construcción varia, fundamentalmente en función de:

- Los materiales disponibles localmente
- El tipo de uso que se da a las áreas aledañas, generalmente en áreas rurales se usan diques de tierra, mientras que en áreas urbanas se utilizan diques de hormigón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Entre los tipos de obras que se han seleccionado, se tiene los de tipo flexible y los de tipo rígido.

7.4 OBRAS DE TIPO FLEXIBLE

Cuando los suelos ofrecen importantes deformaciones.

7.4.1 Muro de Gaviones

Son paralelepípedos rectangulares construidos a base de un tejido de alambre de acero, el cual lleva tratamientos especiales de protección como la galvanización y la plastificación. Se colocan a pie de obra desarmados y luego de piedra de canto rodado o piedra chancada con determinado tamaño y peso específico, este material permite emplear sistemas constructivos sencillos, flexibles, versátiles, económicos y que puedan integrarse extremadamente valida desde el punto de vista técnico para construir muros de contención en cualquier ambiente, clima y estación. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Principales características de estructuras de Gavión

Flexibilidad

Los gaviones permiten que las estructuras se deformen sin perder su funcionalidad. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Permeabilidad

Los gaviones al estar constituidos por malla y piedras, son estructuras altamente permeables, lo que impide que se generen presiones hidrostáticas para el caso de obras de defensas ribereñas. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Durabilidad

Los recubrimientos de protección de los alambres utilizados en la fabricación de los gaviones, garantizan la vida útil de los mismos. La triple capa de zinc o “galvanización pesada” (BS 443-82), así como el Bezinal, aseguran una buena protección contra los fenómenos de corrosión y abrasión. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Versatilidad

Por la naturaleza de los materiales que se emplean en los gaviones, estos permiten su construcción de manera manual o mecanizada en cualquier condición climática, ya sea en presencia de agua o en lugares de difícil acceso. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Economía

La facilidad de armado de los gaviones, hace que estos no requieran mano de obra especializada. Las herramientas necesarias son simples (cizallas, alicates, etc.) logrando altos rendimientos en la instalación. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Estética

Los gaviones se integran armónicamente de forma natural a su entorno, permitiendo el crecimiento de vegetación conservando el ecosistema preexistente. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Los muros de gaviones tienen diferentes usos, entre ellos tenemos:

Muros de contención:

Los muros de gaviones están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Conservación de suelos:

La erosión hídrica acelerada es considerada sumamente perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden, ya que el material solido que se desprende en las partes media y alta de la cuenca provoca el azolvamiento de la infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existe en la parte baja. (Cidelsa Gaviones, 2015)

Control de ríos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

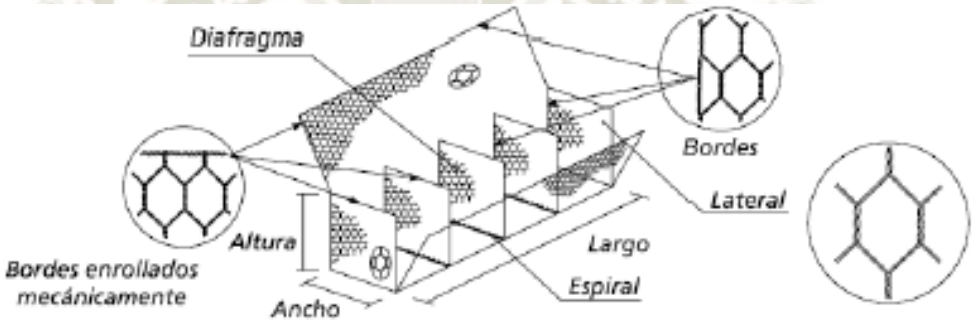
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En ríos el gavión acelera el estado de equilibrio del cauce. Evitar erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, además el gavio controla crecientes protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones. (Cidelsa Gaviones, 2015)

7.4.2 Tipos de Gaviones

Gavión tipo caja: Es una estructura metálica, en forma de paralelepípedo, producida partir de un único paño de malla hexagonal de doble torsión, que forma la base, la tapa y las paredes frontal y trasera. (Cidelsa Gaviones, 2015)



Elementos constituyentes de los gaviones tipo caja

Cuando está en contacto con agua, es aconsejable que sea utilizada la malla producida con alambres con revestimiento adicional de material plástico, que ofrece una protección definitiva contra la corrosión. (Cidelsa Gaviones, 2015)



Vista fotográfica de construcción de defensa ribereña en obras actuales – Perú

Las dimensiones de los gaviones caja son estandarizadas:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- El largo, siempre múltiplo de 1m, varia de 1m a 4m, con excepción del gavión de 1.5m
- El ancho es siempre de 1m
- El alto puede ser de 0.5m a 1m.

Cuadro Nro. 7.4.2.1 Dimensiones de gavión tipo caja

DIMENSIONES				
Largo (m)	**Ancho (m)**	**Alto (m)**	**Nro. De Diafrag.**	**Volumen (m^3)**
1.5	1	1	-	1.5
2	1	0.5	1	1
2	1	1	-	2
2	1	1	1	2
3	1	0.5	2	1.5
3	1	1	2	3
4	1	0.5	3	2
4	1	1	3	4
4	1.5	1	3	6
5	1	0.5	4	2.5
5	1	1	4	5
5	1.5	1	4	7.5
6	2	0.5	5	6

Gavión tipo colchón: Son aquellos cuya altura fluctúa entre 0.17m – 0.3m y de áreas variables. Son construidas en forma aplanada para ser utilizados como revestimiento antierosivo, antisocavante para uso hidráulico y como base - zócalo (mejorador de capacidad portante) en la conformación de muros y taludes.

Gavión tipo saco: Son generalmente de forma cilíndrica siendo sus dimensiones variables ya que se conforman para obras de emergencia o de aplicación en lugares de difícil acceso.

7.4.3 Diseño de Gaviones

Con los datos básicos de topografía, así como los parámetros hidráulicos e hidrológicos se toma:

Calculo hidrológico

Caudal de diseño

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Este será el caudal máximo, para un periodo de retorno de 100 años es decir 94.7 m³/s.

Calculo hidráulico

- **Altura de muro**

En base a la relación de **Manning – Strickler**, se obtiene una altura de muro, conociendo primero el tirante del cauce:

$$\boldsymbol{Q = b_o * t * (K_s t^{2/3} S^{1/2})}$$

Donde

Q: Caudal m³/s.

b_o: Sección estable m.

t: tirante m.

K_s: Coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural del rio

S: pendiente

Cuadro Nro. 7.4.3.1 Coeficiente de Rugosidad dependiente del lecho natural del rio

DESCRIPCION	Ks
Lechos naturales de rio con fondo solido sin irregularidades	40
Lechos naturales de rio con acarreo regular	33 - 35
Lechos naturales de rio con vegetación	30 - 35
Lechos naturales de rio con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales de rio con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedra de tamaño de una cabeza) con acarreo inmóvil	25 - 28
Torrentes con derrubio grueso, con acarreo móvil	19 - 22

Fuente: Bretschneider, curso sobre regulación de ríos.

Considerando valores de acarreo par secciones o ancho (bo) mayores de 30 m, se tiene:

$$\boldsymbol{t = \left(\frac{Q}{K_S b_o S^{1/2}}\right)^{3/5}}$$

Remplazando valores:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$t = \left(\frac{94.7}{19 * 83 * 0.011^{1/2}}\right)^{3/5}$$

$$t = 0.8\ m$$

Luego se busca un borde libre:

$$B_L = \emptyset \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

B_L: Borde libre m.

$\emptyset$: Coeficiente en función de la máxima descarga y pendiente

V: velocidad m/s.

g: Gravedad m/s².

Cuadro Nro. 7.4.3.2 Coeficiente de Borde Libre

Caudal Máximo m³/s	ø
3000 - 4000	2
2000 - 3000	1.7
1000 - 2000	1.4
500 - 1000	1.2
100 - 500	1.1

Fuente: Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas del Ing. Ruben Terán.

$$B_L = 1.1 * \frac{5^2}{2 * 9.81}$$

Remplazando valores:

$$B_L = 1.4\ m$$

La altura de muro será:

$$H_M = t + B_L$$

$$H_M = 2.2\ m$$

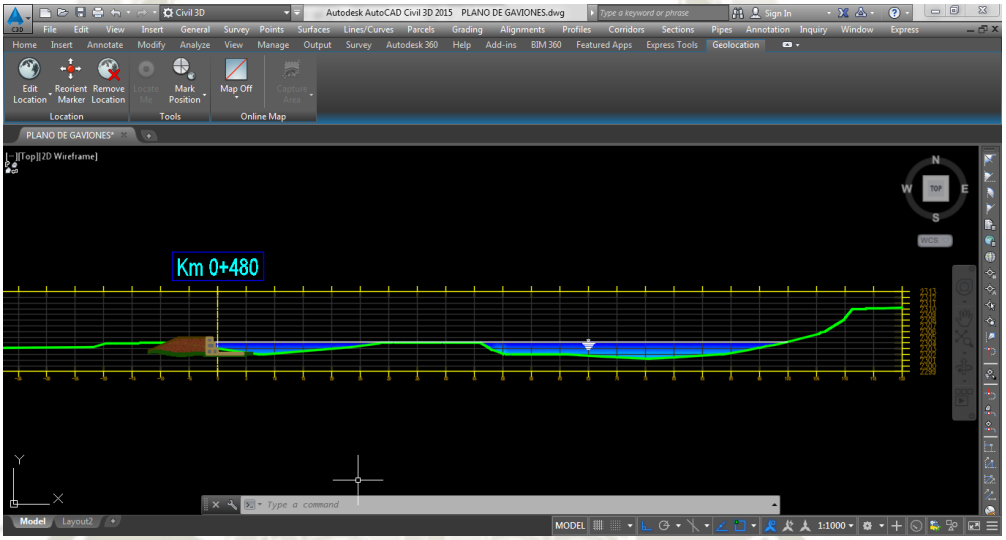
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para canales en tierra, donde dicho sea de paso es mayor la incertidumbre con respecto al coeficiente de rugosidad, **el Bureau of Reclamation** señala que el borde libre varía entre 1ft (**0.30 m**) para canales pequeños y poco profundos, hasta 4 ft (**1.20 m**) para canales grandes profundos y con caudales de 85 m/s o más. *(Hidráulica de Tuberías y Canales, Arturo Rocha Pág. 290, 1994)*. En este sentido la altura de borde libre será de 1.2m. lo cual hace que la altura de gavión será:

$$H_M = 3.0\ m$$



- **Socavación**

El método propuesto por **Lischtvan – Levediev**, es el más usado en nuestro país para el cálculo de la socavación general. Esta socavación generalizada permitirá definir el ancho del colchón reno de cada una de las estructuras hidráulicas a instalarse en las márgenes de este rio. *(Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC. Pág. 105, 2016)*

Los datos necesarios para la determinación de la socavación generalizada en diferentes secciones transversales a lo largo del tramo de estudio, se muestran en el cuadro de parámetros hidráulicos, donde se cuenta con el ancho del espejo de agua y tirante en diferentes secciones a lo largo de la sección transversal en estudio.

$$H_s = \left(\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 D_m^{0.28} \beta}\right)^{\frac{1}{1+z}}$$

Donde:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

H_s: Profundidad, m.

β: Coeficiente de frecuencia

h: Tirante de agua, m.

D_m: Diámetro característico del lecho, mm.

z: Exponente para material no cohesivo en función del diámetro característico.

Cuadro Nro. 7.4.3.3 Coeficiente de Frecuencia

Tr (años)	β
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.9
20	0.94
50	0.97
100	1
500	1.05
1000	1.07

Debemos tener cuenta la relación:

$$\boldsymbol{a = \frac{Q}{t^{5/3} b_o}}$$

Donde:

Q: Caudal m³/s.

b_o: Sección estable m.

t: tirante m.

$$\boldsymbol{a = \frac{94.7}{0.8^{5/3} * 83}}$$

$$\boldsymbol{a = 1.65}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$H_s = \left(\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 D_m^{0.28} \beta}\right)^{\frac{1}{1+z}}$$

Remplazando valores:

$$H_s = \left(\frac{1.65 * 0.8^{5/3}}{0.68 * 10^{0.28} * 1}\right)^{\frac{1}{1+z}}$$

$$H_s = 0.91\, m$$

La profundidad de Socavación será:

$$H_s = t_s - t$$

$$H_s = 0.2\, m$$

Luego el colchón antisocavante tendrá una longitud de:

$$L_{colchon} = 1.5 * H_m$$

Donde:

H_s: Altura de Socavación, m.

$$L_{colchon} = 4.5\, m$$

El espesor del colchón será en función a la velocidad, m/s

Cuadro Nro. 7.4.3.4 Espesores indicativos de los revestimientos en colchones y en gaviones en función de la velocidad de la corriente

TIPO	ESPESOR (m)	PIEDRA DE RRELLENO		VEL. CRITICA (m/s)	VEL. LIMITE (m/s)
		DIMEN. (mm)	d50		
COLCHON RRELLENO	0.15 - 0.17	70 - 100	0.085	3.5	4.2
		70 - 150	0.11	4.2	4.5
	0.23 - 0.25	70 - 100	0.085	3.6	5.5
		70 - 150	0.125	4.5	6.1
	0.3	70 - 120	0.1	4.2	5.5
		100 - 150	0.125	5	6.4
GAVION	0.5	100 - 200	0.15	5.8	7.6
		120 - 250	0.19	6.4	8

Fuente: Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas del Ing. Ruben Terán.

- **Calculo de estabilidad**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cálculo de estabilidad, será dado por volteo y deslizamiento. Para determinar el valor del empuje se utiliza la teoría de **Coulomb**, adoptado en el cálculo el estado limite activo del terreno.

El coeficiente de coulomb de presión activa de tierra es:

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \emptyset)^2}{\sin \alpha^2 \sin(\alpha - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta)\sin(\emptyset - \beta)}{\sin(\alpha - \delta)\sin(\alpha + \beta)}}\right]^2}$$

Donde:

α: Angulo de la horizontal con el relleno de suelo.

$\emptyset$: Angulo de fricción interna

β: Angulo a la espalda del muro de retención

δ: Angulo de fricción entre el suelo y el muro.

$$K_a = 0.23$$

El empuje activo será:

$$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} * 1.47 * 3^2 * 0.23$$

$$E_a = 1.49\ Tn/m$$

Calculo del componente vertical del Empuje activo

$$E_{av} = E_a \sin \delta$$

$$E_{av} = 1.49 * \sin(24.7)$$

$$E_{av} = 0.62\ Tn/m$$

Calculo del componente horizontal del Empuje activo

$$E_{ah} = E_a \cos \delta$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$E_{av} = 1.49 * \sin(24.7)$$

$$E_{av} = 1.36\ Tn/m$$

Verificación de la seguridad al volteo

$$M_O = E_H(\frac{H}{3})$$

$$M_O = 1.36 * (\frac{3}{3})$$

$$M_O = 1.36\ Tn * m$$

Momento de Resistencia

$$\gamma_g = \gamma_p(1 - n)$$

$$\gamma_g = 1.4 * (1 - 0.3)$$

$$\gamma_g = 1.0\ Tn/m3$$

$$M_R = W + E_v d$$

$$M_R = 4.44 * 1 + 0.62 * 2$$

$$M_R = 5.69\ Tn * m$$

$$F_s = \frac{M_R}{M_O}$$

$$F_S = \frac{5.69}{1.36}$$

$$F_S = 4.19 > 1.5 \quad OK!$$

Verificación de la seguridad al deslizamiento

$$F_S = \frac{\sum V \tan(\emptyset)}{E_{ah}}$$

$$F_S = \frac{4.44 * \tan(37)}{1.36}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$F_S = 2.81 > 1.5 \quad OK!$$

Verificación

$$n = \sum F_V * \cos \beta$$

$$n = 4.44 * \cos(0)$$

$$n = 5.06$$

$$e = \frac{b}{2} - \frac{M_R - M_V}{n}$$

$$e = \frac{2}{2} - \frac{5.69 - 1.36}{5.06}$$

$$e = 0.14 < B/6$$

Tenciones

$$G_1 = \frac{n}{b}(1 + \frac{6e}{B})$$

$$G_1 = \frac{5.06}{2}(1 + \frac{6 * 0.14}{2})$$

$$G_1 = 3.63\ Tn/m2$$

$$G_1 = \frac{n}{b}(1 - \frac{6e}{B})$$

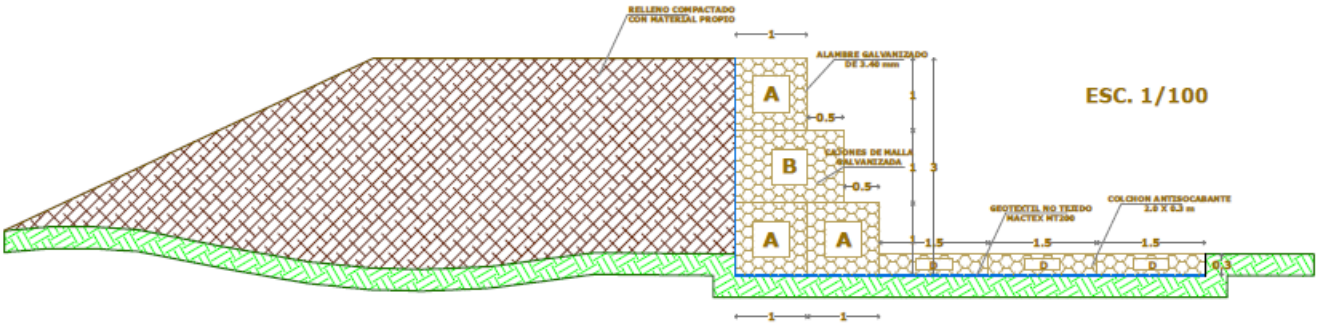
$$G_1 = \frac{8.06}{2}(1 - \frac{6 * 0.14}{2})$$

$$G_1 = 1.43\ Tn/m2$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

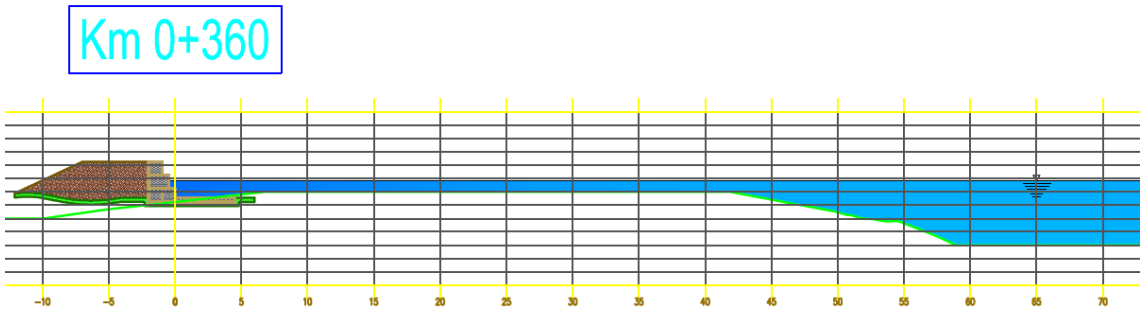
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 7.4.3.1 Detalle de Gavión H=3.0 m



Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 7.4.3.2 Perfil de Gavión H=3.0 m



Fuente: Elaboración Propia

7.5 OBRAS DE TIPO RÍGIDO

7.5.1 Muros de concreto armado

Son masas relativamente grandes de concreto, los cuales trabajan como estructura rígida resistiendo los movimientos debido a la presión de la tierra sobre el muro. Actúan como estructuras de peso o gravedad y aunque su campo de aplicación, lógicamente de los costos relativos de excavación, hormigón, acero, encofrados y relleno, pueden en primera aproximación pensarse que constituyen la solución más económica hasta alturas de 10 a los 12 metros. (Diseño de estructuras de concreto, Harmsen Pag. 361, 2002)

Deben tener un sistema de drenaje para eliminar la posibilidad de presiones de agua y se le deben construir juntas de contracción o expansión a distancias en ningún caso superior a 20 metros, si los materiales presentan

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

problemas de dilatación por temperatura, las juntas se deberán colocar cada 8 metros. (Diseño de estructuras de concreto, Harmsen Pag. 361, 2002)

Tiene aplicaciones en:

- Como estructura de contención, retención de tierras y soportes a excavaciones en laderas.
- En la corrección de deslizamientos rotacionales de poca altura en suelos como arcilla y coluviales.

Propiedades de las pantallas de concreto armado

- Se colocan o ejecutan previamente a la excavación
- Alcanzan una profundidad mayor de la profundidad de excavación. Esto implica que el terreno en la parte excavada trabaje a pasivo.
- Son impermeables, tanto los elementos constituyentes bajo el nivel freático con garantías, aunque habrá que bombear el agua para evitar posibles filtraciones. Puede resultar interesante profundizar la pantalla, para reducir el caudal a bombear, o evitar problemas de sifonamiento, por lo tanto, también se verá reducida.
- Soportar muy bien los esfuerzos de flexión. Aun así, puede haber necesidad de recurrir a apoyos intermedios. Por exceso de flexibilidad o por que los movimientos que se producen son excesivos.

Consideraciones previas

- El estudio hidrológico, realizado en el **capítulo V**, se determinaron los caudales máximos de avenidas en diferentes periodos de retorno (**25, 50, 100, 200 años**) en los puntos donde se proyectan las obras de Defensa Ribereña.
- Para el dimensionamiento de las obras de encuzamiento en el rio Socabaya se ha adoptado los valores de la avenida de 100 años de periodo de recurrencia, considerando la eventualidad de las avenidas que causan inundaciones en las márgenes del cauce y que ante su eventual colapso no tendría consecuencias catastróficas, pudiendo ser rápidamente reparas o reconstruidas.
- Las pendientes longitudinales naturales del cauce de la torrentera se obtienen a partir de los planos topográficos (**véase TOMO II**)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Coeficiente de rugosidad para el cauce natural (**véase en ANEXOS**)
- Conociendo los 3 valores físicos: **caudal de diseño, coeficiente de rugosidad y pendiente natural del cauce**, se determina las características geométricas y dinámicas del flujo en los distintos tramos del proyecto. **Conociendo el tirante, se determina la altura necesaria de los muros de encauzamiento**.
- Considerando que las grandes avenidas ocurren con gran cantidad de material de arrastre, es conveniente considerar valores del tirante mayores que los teóricos en un 50%

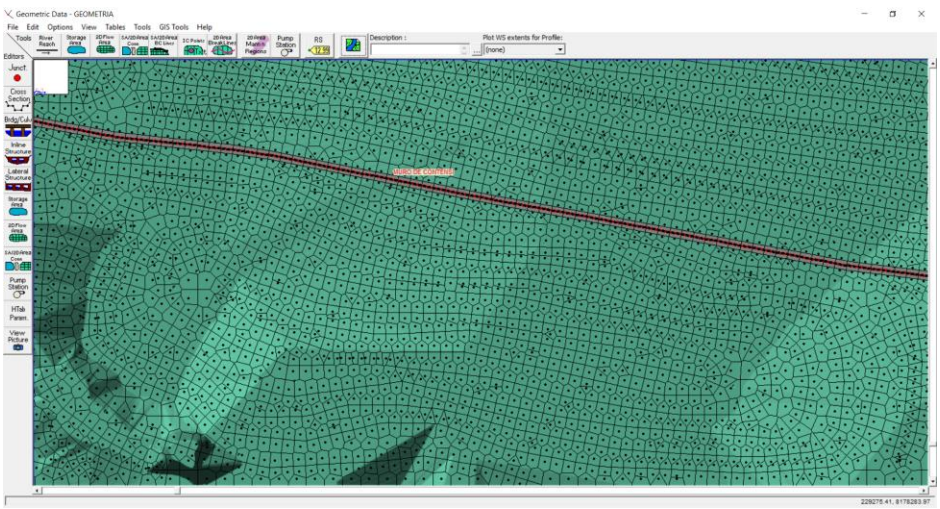
7.5.2 Muros de Contención

Son estructuras usadas para dar estabilidad al suelo u otros materiales, donde las condiciones del proyecto no les permiten continuar con su pendiente natural, se usan generalmente para soportar volúmenes de suelos, almacenamiento de mineral y agua.

Desacuerdo a su forma, naturaleza y características se pueden clasificar en 6 grupos

- **Muros de Gravedad**
- **Muros en Voladizo**
- Muro de Contrafuerte
- Muros de Contención para Puentes
- Muros de Sótano
- Tablestacas

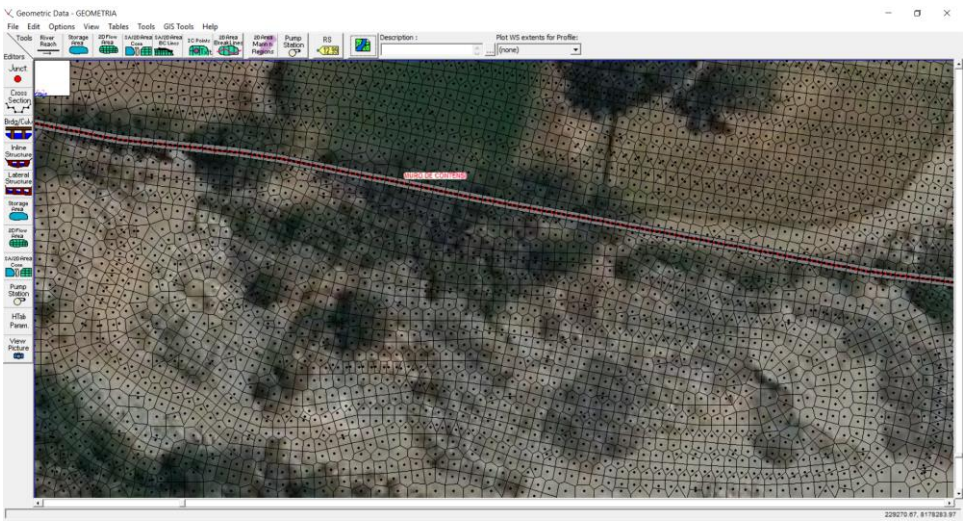
Figura Nro. 7.5.2.1 Proyección del muro de contención en la zona de inundación con Hec Ras 5.0.5

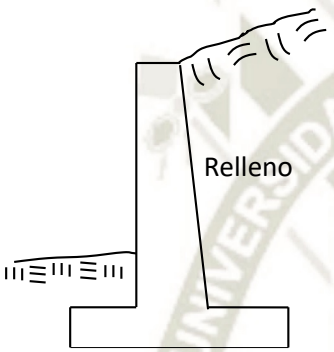


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

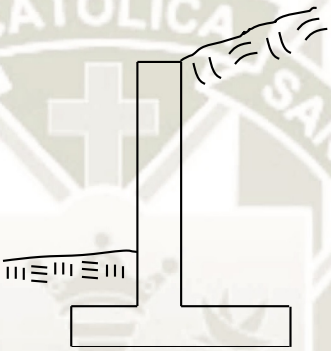
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

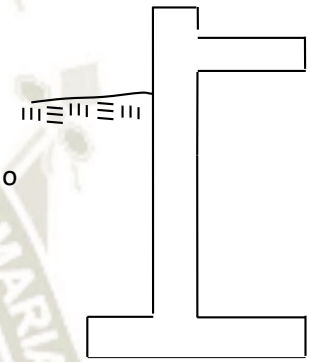




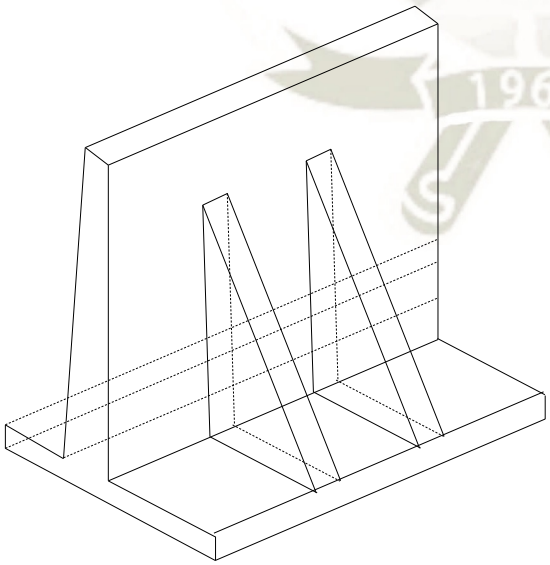
MURO DE GRAVEDAD



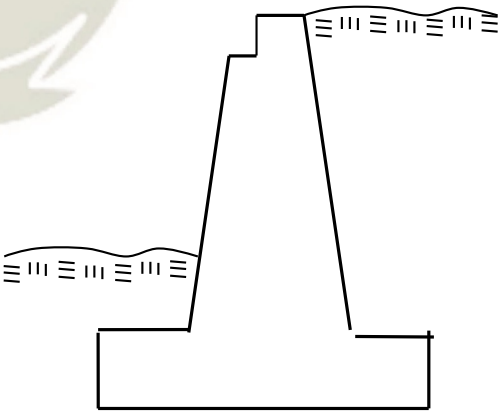
MURO DE VOLADIZO



MURO DE SOTANO



MURO DE CONTRAFUERTE



ESTRIBO DE PUENES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los muros de sostenimiento son estructuras que sirven para contener terreno u otro material en desnivel. Son usados para estabilizar el material confinado evitando que desarrolle su Angulo de reposo natural. Se les utiliza en cambios abruptos de pendiente, cortes y rellenos en carreteras y ferrocarriles, muros de sótano, alcantarillas, estribos de puentes, etc. **(***Diseño de Estructuras de concreto, Harmsen. Pág. 361, 2002)*

- **El Muro de Gravedad**

Basa su estabilidad en su peso propio. Son económicos para salvar desniveles de hasta 3m. Por lo general son de concreto simple o mampostería. **(***Diseño de Estructuras de concreto, Harmsen. Pág. 361, 2002)*

- **Los Muros en Voladizo**

Son siempre de concreto armado y se utiliza para alturas de hasta 8m. En este caso, la estabilidad se logra no solo con el peso de la estructura sino principalmente con el peso de relleno. **(***Diseño de Estructuras de concreto, Harmsen. Pág. 361, 2002)*

- **Los Muros con Contrafuerte**

Se utilizan para desniveles mayores que 6m. Son similares a los muros en voladizo, pero la pantalla vertical presenta apoyos denominados contrafuertes cada cierto tramo. **(***Diseño de Estructuras de concreto, Harmsen. Pág. 361, 2002)*

7.5.3 Diseño de un Muro de Contención en voladizo

Se realizó el diseño de muro de pantalla de concreto armado por metro lineal. Al diseñar muros de retención, un ingeniero debe suponer algunas de las dimensiones, lo que se llama **proporcionamiento o dimensionamiento**, que permite al ingeniero revisar las secciones de prueba por estabilidad. Si las revisiones por estabilidad dan resultados no deseados, las secciones se cambian y vuelven a revisarse. (Ing. Roberto Morales, 2006)

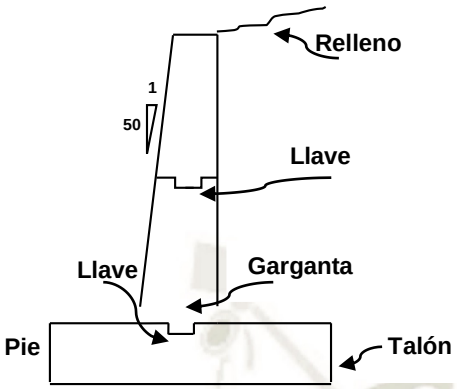
Dimensionamiento de pantalla

Se asume un ancho superior T1:

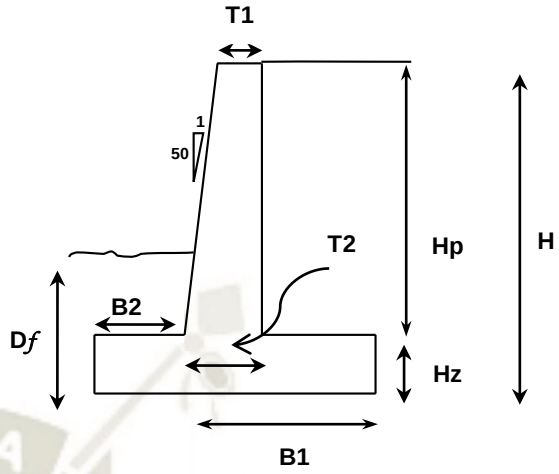
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

T1 = 0.3 m



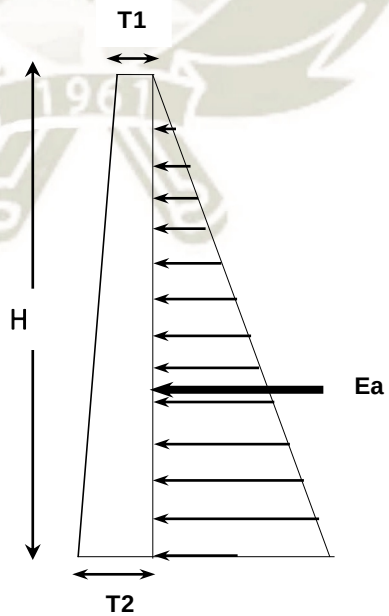
CARACTERISTICAS



Coeficiente de empuje activo Ka: Como existe fricción entre el muro y el terreno (**δ= 24.67**), debemos emplear la teoría de Coulomb para el cálculo del empuje de tierras. El coeficiente de coulomb de presión activa de tierra es:

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \emptyset)^2}{\sin\alpha^2 \sin(\alpha - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta)\sin(\emptyset - \beta)}{\sin(\alpha - \delta)\sin(\alpha + \beta)}}\right]^2}$$

$$K_a = 0.226$$



El empuje activo será:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a + qHK_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} * 1.41 * 3.5^2 * 0.226 + 0.4 * 3.5 * 0.226$$

$$E_a = 2.265\ Tn/m$$

$$M_O = E_H(m)$$

$$m = \frac{H}{3}\left(\frac{H + 3\frac{q}{\gamma}}{H + 2\frac{q}{\gamma}}\right)$$

$$M_O = 2.827\ Tn - m$$

$$M_u = 1.7 M_a$$

$$M_u = 4.806\ Tn - m$$

Además, el dimensionamiento de T2 es:

$$M_u = \emptyset * b * d^2 * f_C * w(1 - 0.59 * w)$$

Donde:

$\emptyset$ = 0.9

B = 100 cm

f_C =210 Kg/cm²

ρ = 0.004

$$w = \rho \frac{f_y}{f_c}$$

$$w = 0.08$$

$$M_u = \emptyset * b * d^2 * f_C * w(1 - 0.59 * w)$$

Resolviendo "d" de la ecuación se obtiene

d = 18.26 cm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El ancho de la base T2 será:

$$\boldsymbol{T2 = d + r + \frac{\emptyset acero}{2}}$$

r =7.5cm, ∅ = 5/8" → T2 = 26.56 cm

Usamos: T2 = 40 cm, donde d = 0.32 cm

Verificación por corte V_u

$$\boldsymbol{E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a + qHK_a}$$

$$\boldsymbol{E_a = \frac{1}{2} * 1.41 * 3.5^2 * 0.226 + 0.4 * 3.5 * 0.226}$$

$$\boldsymbol{E_a = 2.27\ Tn/m}$$

$$\boldsymbol{V_{du} = 1.7 E_a}$$

$$\boldsymbol{V_{du} = 3.85\ Tn}$$

$$\boldsymbol{\frac{V_{du}}{\emptyset} = 4.28}$$

3.5	⇒	0.1	
3.18	⇒	X	
X	⇒	**0.09**	m
d	⇒	**24.1**	cm

Por lo tanto, el cortante del concreto será:

$$\boldsymbol{V_C = 0.53 * \sqrt{f_c} * b * d}$$

$$\boldsymbol{V_C = 18.51\ Tn}$$

Si $\boldsymbol{A_S}$ se traslapa en la base:

$$\boldsymbol{V_{ce} = \frac{2}{3} * V_c = 12.34\ Tn}$$

Verificación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$V_{ce} > \frac{V_u}{\emptyset} \qquad OK!$$

Dimensionamiento de la zapata

La altura de la zapata H1será:

$$H1 = T2 + 5cm$$

Por recomendaciones de 0.1H

Por lo tanto, la altura total será:

$$\frac{B1}{H} \geq FS_D * \frac{K_a * \gamma_s}{2 * \mu * \gamma_m}$$

FSD=1.5

$$u = \tan \emptyset$$

Para vaciado in situ u=tan ∅ <=0.6, usar 0.6 para el cálculo de estabilidad contra deslizamiento *(Diseño en Concreto Armado, Ing. Roberto Morales, 2006)*

$$u = 0.754$$

$$B1 \geq 0.237$$

$$B1 = B1 + \frac{T_2 - T_1}{2}$$

$$B1 = 1.0\,m \qquad usar\ 1.50\,m$$

$$\frac{B2}{H} \geq \frac{\mu}{3} * \frac{FSV}{FSD} - \frac{B1}{2H}$$

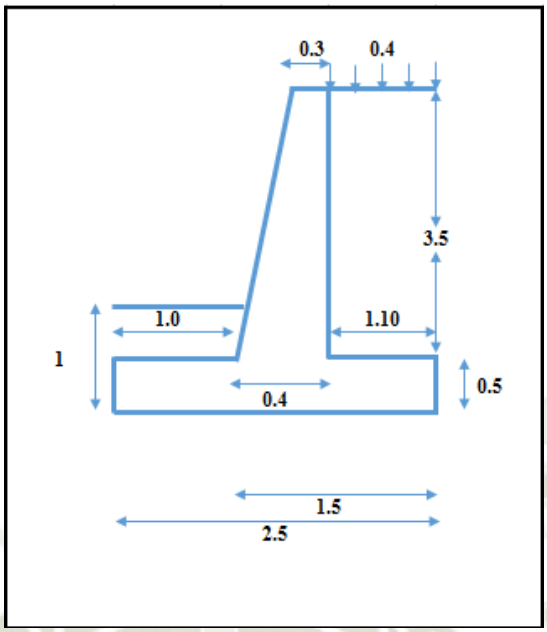
FSV = 2, FSD = 1.5

$$B2 \geq 0.15 \qquad usar\ 1.0\,m$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

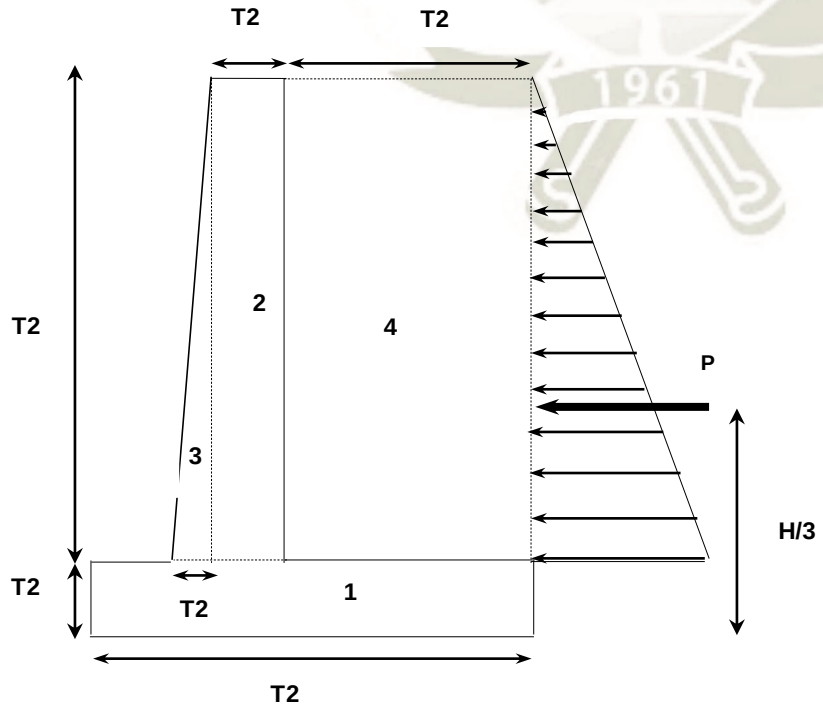


Empuje de tierra + Sobre Carga

La estabilidad se estudia respecto a la arista inferior de la base en el extremo de la puntería, punto O de la figura.

Peso propio p.p: el peso propio por metro de longitud de muro, determinado en la tabla para un peso específico del concreto de: 2.4 Tn/m².

Verificación de la estabilidad



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

SECCION	AREA	γ	W	BRAZO	MOMENTO
1	1.25	2.4	3.00	1.25	3.75
2	1.05	2.4	2.52	1.25	3.15
3	0.175	2.4	0.42	1.07	0.45
4	3.85	1.41	5.43	1.95	10.59
5			0.44	1.95	0.86

Peso del relleno Wr: el relleno colocado sobre el talon de la base tiene un volumen Vr por metro de longitud

Coeficiente de empuje activo Ka: Como existe fricción entre el muro y el terreno (**δ= 24.67**), debemos emplear la teoría de Coulomb para el cálculo del empuje de tierras. El empuje activo es:

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \emptyset)^2}{\sin\alpha^2 \sin(\alpha - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta)\sin(\emptyset - \beta)}{\sin(\alpha - \delta)\sin(\alpha + \beta)}}\right]^2}$$

$$K_a = 0.226$$

Empuje activo de tierra es:

$$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a + qHK_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} * 1.41 * 4^2 * 0.226 + 0.4 * 4 * 0.226$$

$$E_a = 2.91\ Tn/m$$

Empuje total: conformado por el empuje de tierra más el empuje de la sobrecarga

Resultante de las fuerzas verticales Rv: las fuerzas que la componen son el peso propio, peso del relleno y el peso total de la sobrecarga:.11.81 Tn/m

Factor de seguridad contra volteo:

$$M_O = E_H(m) \qquad m = \frac{H}{3}\left(\frac{H + 3\frac{q}{\gamma}}{H + 2\frac{q}{\gamma}}\right)$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$F_S = \frac{\sum M_R}{M_O}$$

$$F_S = 5.66 > 2 \ \ OK!$$

Revisión por deslizamiento a lo largo de la base

$$F_S = \frac{H_r}{E_a} = \frac{\mu * \sum W}{E_a}$$

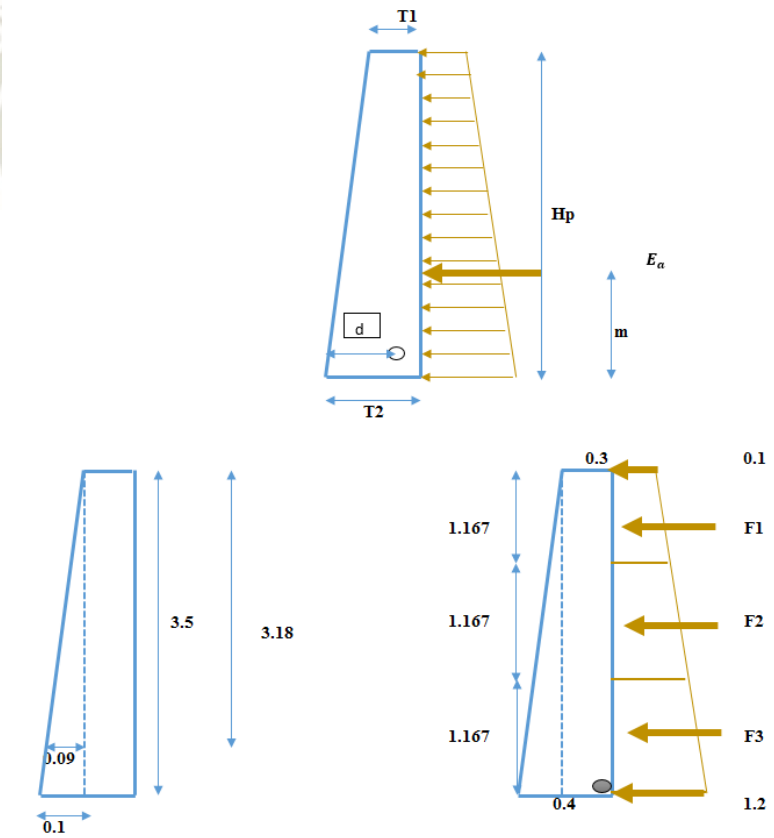
De $\emptyset$ = 32º

$$\mu = \tan \emptyset = \leq 0.6$$

Usar μ = 0.6 para cálculos de la estabilidad contra deslizamiento

$$F_S = 17.29 > 1.5 \ \ OK!$$

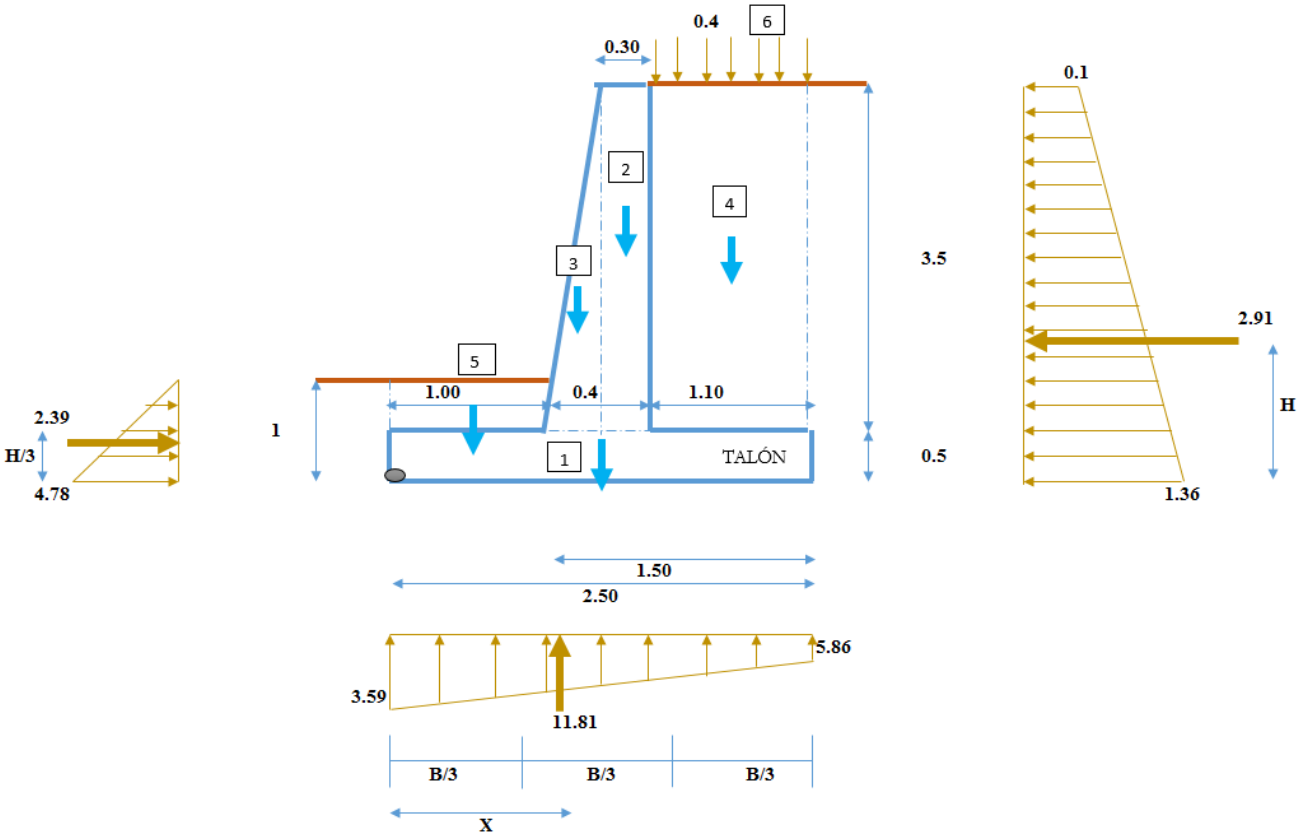
Presiones sobre el terreno



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_r - \sum M_O}{\sum W}$$

$$e = 0.1$$

Presión de contacto muro-suelo de fundación $\sigma_{max,min}$

$$q_u = \frac{\sum W}{B}\left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_u = 3.59\ Tn/m2$$

$$q_u = 5.86\ Tn/m2$$

Punto de aplicación de la fuerza resultante Xr:

$$Q_u = \frac{(q_1 + q_2)}{2} * B$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Q_u = 11.81\ Tn/m$$

$$x = \frac{1}{3}\left(\frac{2 * q_2 + q_1}{q_1 + q_1}\right) B$$

$$x = 1.35\ \ OK!$$

El pre dimensionamiento anterior cumple con todos los requerimientos de **seguridad contra volcamiento, contra deslizamiento** y con las presiones de contacto, quedando teóricamente toda la base del muro en compresión, de tal manera que la distribución de presiones es bastante regular disminuyendo el efecto de asentamientos diferenciales entre la puntería y el talón del muro. (Rafael Angel Torres, 2008)

A continuación, se procede a verificar la estabilidad para el caso donde se incluye el efecto del sismo en el muro de contención.

Empuje de tierra + sismo

El muro se construirá en zona de peligro sísmico elevado, la aceleración del suelo A_0 es la correspondiente a la zonificación sísmica de cada país, **Zona = 0.35**, como se puede observar en la figura Nro. 7.5.3.1

Coeficiente sísmico horizontal Csh

$$C_{sh} = 0.5 * A_0$$

Coeficiente sísmico vertical Csv

$$C_{sv} = 0.7 * C_{sh}$$

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la figura 7.5.3.1

Cuadro Nro. 7.5.3.1 Factores de Zona

ZONA	Z
4	0.45
3	**0.35**
2	0.25
1	0.12

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 7.5.3.1 Zonas Sísmicas



Fuente: Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones

Figura Nro. 7.5.3.2 Zonificación en Arequipa



Fuente: Elaboración Propia

Como podemos observar en el mapa de zona de peligro sísmico, la aceleración A_0 en la zona del proyecto de muros de contención corresponde a 0.35.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$C_{sh} = 0.175$$

$$C_{sv} = 0.123$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{C_{sh}}{1 - C_{sv}}\right)$$

$$\theta = 11.28^{\circ}$$

Fuerza sísmica del peso propio Fspp: ubicada en el centro de gravedad del muro

SECCION	AREA	γ	W	BRAZO X	BRAZO Y	MOMEN. X	MOMEN. Y
1	1.25	2.4	3.00	1.25	0.25	3.75	0.75
2	1.05	2.4	2.52	1.25	2.25	3.15	5.67
3	0.175	2.4	0.42	1.07	1.67	0.45	0.70

$$F_{spp} = C_{sh} * (p.p)$$

$$F_{spp} = 1.04\ Tn/m$$

Coeficiente de presión dinámica activa Kas. Determinado con la ecuación de **Mononobe – Obake** para:

$$K_{as} = \frac{\sin(\varphi + \emptyset - \theta)^2}{\cos\theta \sin\varphi^2 \sin(\varphi - \delta - \theta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta)\sin(\emptyset - \beta - \theta)}{\sin(\varphi - \delta - \theta)\sin(\varphi + \beta)}}\right]^2}$$

δ = Angulo de fricción relleno-muro = 2/3$\emptyset$ = 2/3*37 = 24.67º

Sustituyendo: $\emptyset$ = 37º, φ = 90º, β = 0º, θ = 11.28º, δ = 24.67º

$$K_{as} = 0.359$$

Incremento dinámico del empuje activo de la tierra ΔDE_a

$$\Delta DE_a = \left(\frac{1}{2}\gamma H^2\right)(K_{as} - K_a)(1 - C_{sv})$$

$$\Delta DE_a = \left(\frac{1}{2} * 1.41 * 4^2\right)(0.359 - 0.249)(1 - 0.123)$$

$$\Delta DE_a = 1.10\ Tn/m$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Aplicado a: 2/3*H = 2.67 m, medidos desde la base del muro.

El incremento dinámico calculado es aproximadamente un 49.6 % del empuje activo.

Empuje total: conformado por el empuje de tierra, el incremento dinámico del empuje activo y la fuerza sísmica inercial del peso propio.

$$\boldsymbol{E_{a+\Delta} = E_a + \Delta D E_a + F_{spp}}$$

$$\boldsymbol{E_{a+\Delta} = 5.05\ Tn/m}$$

Resultante de las fuerzas verticales: las fuerzas que la componen son el peso propio y peso del relleno.

$$\boldsymbol{R_v = p.p. + W_r}$$

$$\boldsymbol{R_v = 11.37\ Tn/m}$$

Factor de seguridad contra deslizamiento: 1.5

El empuje pasivo no se toma en cuenta por que el relleno sobre la puntería puede ser removido y no hay garantía de permanencia $E_p = 0$

$$\boldsymbol{F_r = \mu(R_V + E_{av}) + c^{"} * B + E_p}$$

$$\boldsymbol{F_r = 5.86\ Tn/m}$$

$$\boldsymbol{F_S = \frac{F_r}{E_h}}$$

$$\boldsymbol{F_S = \frac{5.86}{5.05} = 1.16 > 1.5 \quad ERROR!}$$

Como se puede observar fallo el factor de seguridad contra deslizamiento, esta situación generalmente ocurre cuando se incluye el sismo, las alternativas son:

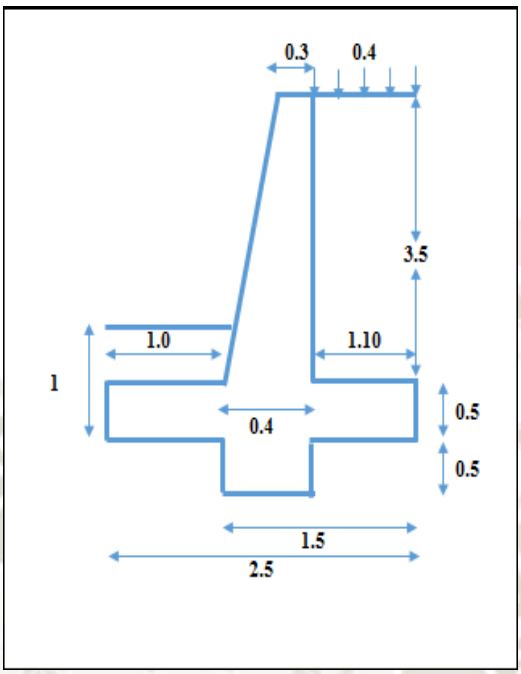
- Colocar dentellón de pie
- Aumentar la dimensión de la base y comenzar de nuevo el pre dimensionamiento

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se decidió colocar el dentellón de pie para hacer uso del empuje pasivo que se desarrolla frente a él. El dentellón se pre dimensiono con altura y ancho igual al décimo de la altura total del muro y fue ubicado bajo la pantalla del muro.



Coeficiente de empuje pasivo Kp: se determinó con el Angulo de fricción interna del suelo de fundación.

$$K_p = \tan(45 + \frac{\emptyset}{2})^2$$

$$K_p = 3.255$$

Presión pasiva superior en dentellón: calculada en la cota de fundación de la base Df.

$$\sigma_{ps} = (\gamma D_f) K_p$$

$$\sigma_{ps} = 4.78\ Tn/m^2$$

Presión pasiva inferior en dentellón: Calculada en l cota de fondo del dentellón

$$\sigma_{pi} = \gamma (D_{f+H_d}) K_p$$

$$\sigma_{pi} = 7.18\ Tn/m^2$$

Empuje pasivo actuando sobre el dentellón: Calculado con la altura del dentellón Hd.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$E_p = \frac{\sigma_{ps} + \sigma_{pi}}{2} H_d$$

$$E_p = 2.99\ Tn/m$$

Factor de seguridad contra volteo:

$$F_S = \frac{\sum M_R}{M_O}$$

$$F_S = \frac{18.79}{7.49} = 2.51 \ > 2 \quad OK!$$

Factor de seguridad contra deslizamiento:

$$F_r = \mu(R_V + E_{av}) + c^{"} * B + E_p$$

$$F_r = 8.85\ Tn/m$$

$$F_S = \frac{F_r}{E_h}$$

$$F_S = \frac{8.85}{5.05} = 1.76 \ > 1.5 \quad OK!$$

Excentricidad de la fuerza resultante

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_r - \sum M_O}{\sum W}$$

$$e = 0.2 \ \leq \frac{B}{6} \quad OK!$$

Punto de aplicación de la fuerza resultante Xr:

$$Q_u = \frac{(q_1 + q_2)}{2} * B$$

$$Q_u = 11.81\ Tn/m$$

$$x = \frac{1}{3}\left(\frac{2 * q_2 + q_1}{q_1 + q_1}\right) B$$

$$x = 1.10 \quad OK!$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

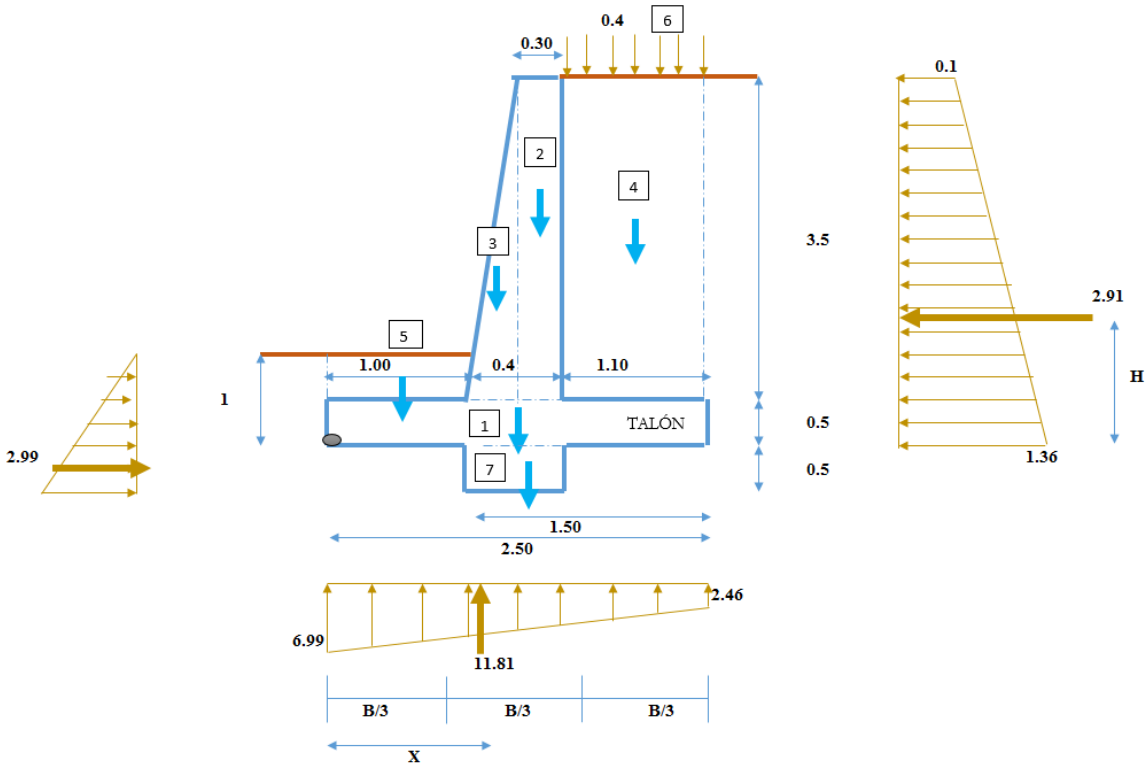
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Presión de contacto muro-suelo de fundación $\sigma_{max,min}$

$$q_u = \frac{\sum W}{B}\left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_u = 6.99\ Tn/m$$

$$q_u = 2.46\ Tn/m$$



El pre dimensionamiento propuesto cumple con todos los requerimientos de seguridad contra volcamiento, contra deslizamiento y con las presiones en el caso de carga empuje de tierra + sismo.

Las dimensiones propuestas son definitivas y con ellas se realiza el diseño de los elementos estructurales que conforman el muro.

Diseño de reforzamiento de la pantalla

Acero longitudinal

Mu	4.81	Tn-m
T2	0.4	m
d	0.32	m

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El acero será:

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\emptyset * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

Mu (Tn-m)	Ø	fy (Kg/cm²)	d (cm)	As (cm²)	fc (Kg/cm²)	b (cm)	a (cm)
4.81	0.9	4200	31.71	**4.46**	210	100	**1.05**
4.81	0.90	4200	31.71	**4.08**	210	100	**0.96**
4.81	0.90	4200	31.71	4.07	210	100	0.96
4.81	0.90	4200	31.71	4.07	210	100	0.96
4.81	0.90	4200	31.71	4.07	210	100	0.96
4.81	0.90	4200	31.71	4.07	210	100	0.96

$$A_s = 4.46\ cm^2$$

$$a = 1.05\ cm$$

As longitudinal por metro lineal de muro

7	**Ø**	**1/2"**	**@**	**0.20**	**m**

As montaje

	Ø	**3/4"**	**@**	**0.25**	**m**

Refuerzo mínimo

Talón

$$\rho * b * d$$

5.71 cm²/m

Punta

$$\rho * b * d$$

3.91 cm²/m

Acero Transversal

$$A_{st} = \rho_t b_t$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1) 0.0020; ∅ <= 5/8", fy=4200
2) 0.0025; Otros casos Zonas de alto R.S.

Si >= 25cm; usar refuerzo horizontal en 2 capas

1) Arriba

Ast = 6 cm²/m

2/3 Ast = 4 cm²

∅	**5/8"**	**@**	**0.20**	**m**

1/3 Ast = 2 cm²

∅	**5/8"**	**@**	**0.20**	**m**

2) Intermedio

Ast = 7 cm²/m

3.5	⇒	0.1
1.75	⇒	X

X	⇒	0.050	m

2/3 Ast = 4.67 cm²

∅	**5/8"**	**@**	**0.20**	**m**

1/3 Ast = 2.33 cm²

∅	**5/8"**	**@**	**0.20**	**m**

3) Abajo

Ast = 8 cm²/m

2/3 Ast = 5.33 cm²

∅	**5/8"**	**@**	**0.20**	**m**

1/3 Ast = 2.67 cm²

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

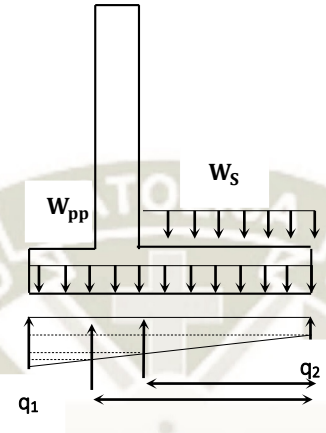
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ø	**5/8"**	**@**	**0.20**	**m**

Diseño de zapata

Ws	4.935	Tn/m
Wpp	1.2	Tn/m



Zapata anterior

$$W_{umax} = q_1 * 1.6 - W_z * 0.9$$

$$W_{umax} = 10.11\ Tn/m$$

Conservadoramente

$$M_u = W_{umax} * \frac{H_z^2}{2}$$

$$M_u = 1.26\ Tn - m$$

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\emptyset * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = 0.89\ cm^2$$

$$As_{min} = 0.0018 * b * d$$

$$As_{min} = 7.5\ cm^2$$

Se considera el As min, para lo que se obtiene:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ø	**5/8"**	**@**	**0.30**	**m**

Zapata posterior

B1-T2	1.10	m

$$q"_B = \frac{(q_1 - q_2)(B_1 - T_2)}{B_1 + B_2}$$

$$q"_B = 2\ Tn/m$$

$$W_u = (W_s + W_{pp}) * 1.2$$

$$W_u = 7.36\ Tn/m$$

$$M_u = (W_u - 1.2 * q_2) * \frac{(B_1 - T_2)^2}{2} - 1.2 * q"_B * \frac{(B_1 - T_2)^2}{6}$$

$$M_u = 2.19\ Tn - m$$

El área de acero será:

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\emptyset * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = 1.54\ cm^2$$

Ø	**5/8"**	**@**	**0.30**	**m**

Refuerzo Transversal

$$As_{temp} = 0.0018 * b * t$$

$$As_{temp} = 9.0\ cm^2$$

Ø	**5/8"**	**@**	**0.30**	**m**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

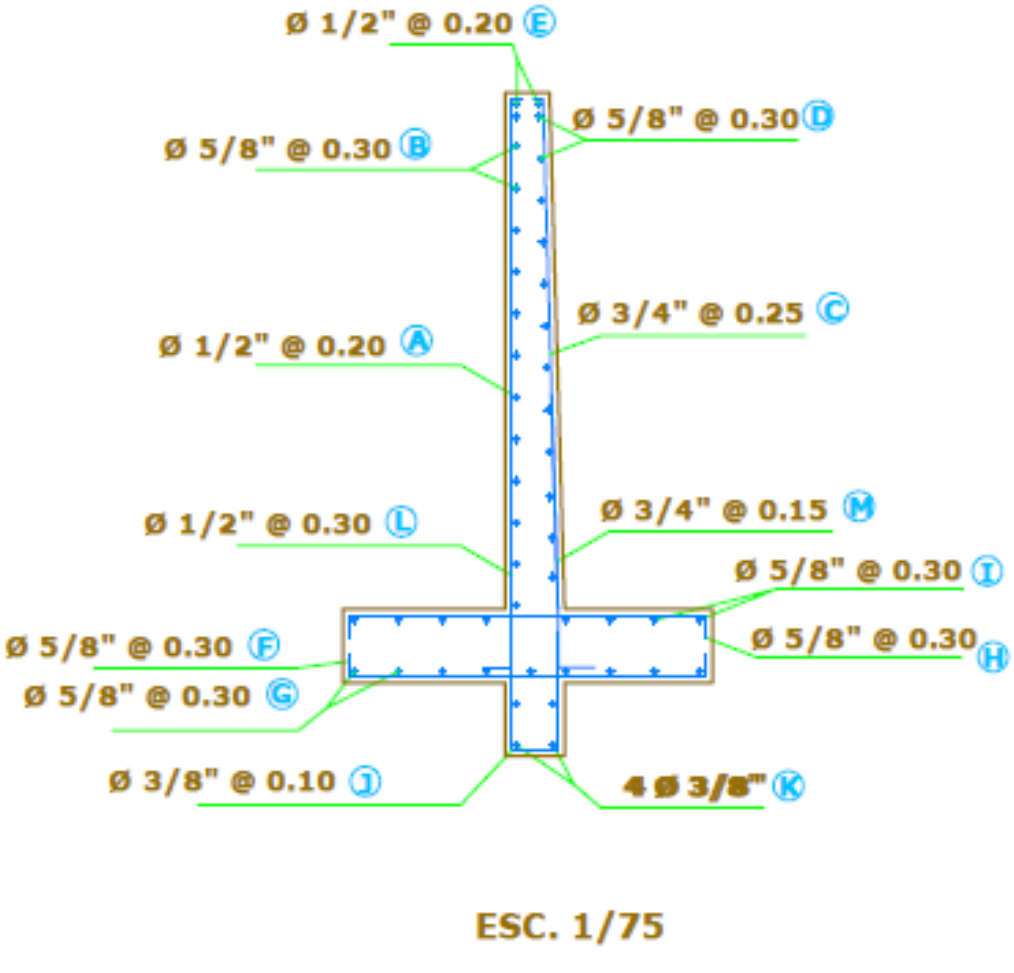
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$As_{montaje} = 36\emptyset$$

Ø	**1/2"**	**@**	**0.50**	**m**

Figura Nro. 7.5.3.2 Detalle de reforzamiento de muro de contención



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

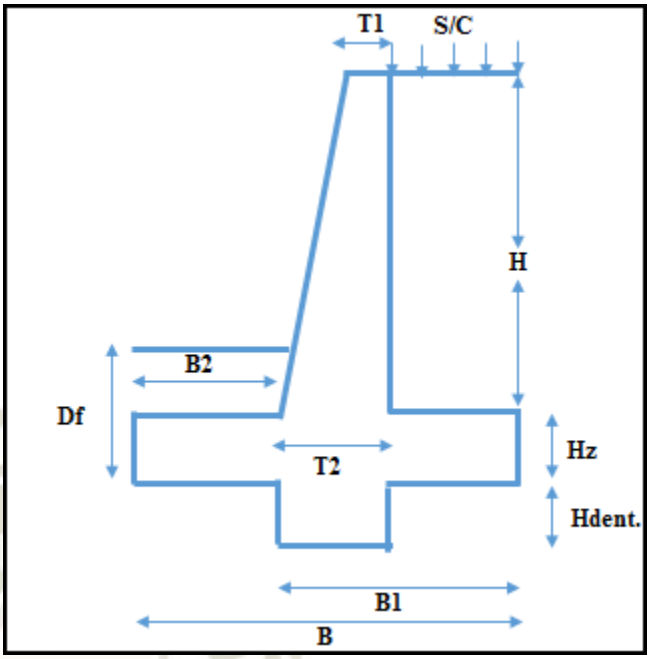
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Diseño de Muro de Concreto Armado H = 4.0 m

Diseño de muro en Voladizo

T1	0.3	m
T2	0.5	m
H	5	m
Hz	0.5	m
Hdent.	0.5	m
B1	2.00	m
B2	1.00	m
B	3.00	m



Suelo de Relleno

γs	1.41	Tn/m³
Ø1	37	°
c	0.1	Kg/cm²

Suelo de Fundacion

γm	1.47	Tn/m³
Ø2	32	°
c	0.1	Kg/cm²
Qadm	2	Kg/cm²
Df	1	m

Materiales del Muro

Fc	210	Kg/cm²
Fy	4200	Kg/cm²
γ concreto	2.4	Tn/m³

Condicion de Sitio

Zona Sis.	0.35	
S/C	0.4	Tn/m²

Determinación del coeficiente de empuje

Ka	0.226	
Kp	3.255	
Ea	4.43	Tn/m
Ep	2.39	Tn/m

Calculo de la estabilidad

Fuerzas actuantes

Empuje activo

SECCION	F	BRAZO	M
TOTAL	4.43	1.75	7.76

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Fuerzas resistentes

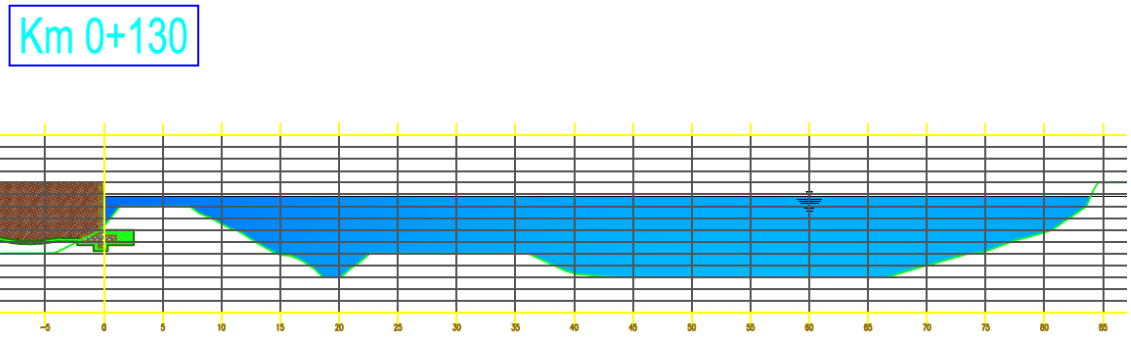
SECCION	AREA	γ	W	BRAZO	MOMENTO
1	1.5	2.4	3.6	1.5	5.4
2	1.4	2.4	3.2	1.4	4.4
3	0.5	2.4	1.1	1.1	1.2
4	6.8	1.4	9.5	2.3	21.4
6	0.0	0.0	0.6	2.3	1.4
			18.04		33.76

Factores de seguridad

Factor de Seguridad	Fs		Condición
Volteo	2.29	>2	OK
Deslizamiento	1.53	>1.5	OK

Excentricidad	e	B/6	Condición
H=4.0 m	0.40	0.50	OK
Presiones		**Qadm**	
q1	10.82	< 2	OK
q2	1.20	< 2	OK

Figura Nro. 7.5.3.2 Perfil Muro de Concreto Armado H = 4.0 m



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

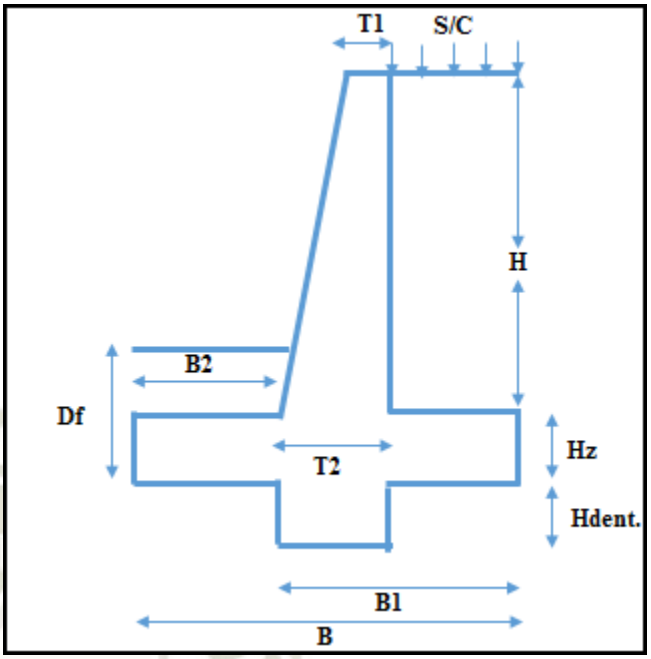
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Diseño de Muro de Concreto Armado H = 5.0 m

Diseño de muro en Voladizo

T1	0.3	m
T2	0.6	m
H	6.2	m
Hz	0.6	m
Hdent.	0.6	m
B1	2.60	m
B2	1.00	m
B	3.60	m



Suelo de Relleno

γs	1.41	Tn/m³
Ø1	37	°
c	0.1	Kg/cm²

Suelo de Fundacion

γm	1.47	Tn/m³
Ø2	32	°
c	0.1	Kg/cm²
Qadm	2	Kg/cm²
Df	1.2	m

Materiales del Muro

Fc	210	Kg/cm²
Fy	4200	Kg/cm²
γ concreto	2.4	Tn/m³

Condicion de Sitio

Zona Sis.	0.35	
S/C	0.4	Tn/m²

Determinación del coeficiente de empuje

Ka	0.226	
Kp	3.255	
Ea	6.68	Tn/m
Ep	3.44	Tn/m

Calculo de la estabilidad

Fuerzas actuantes

Empuje activo

SECCION	F	BRAZO	M
TOTAL	6.68	2.15	14.38

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Fuerzas resistentes

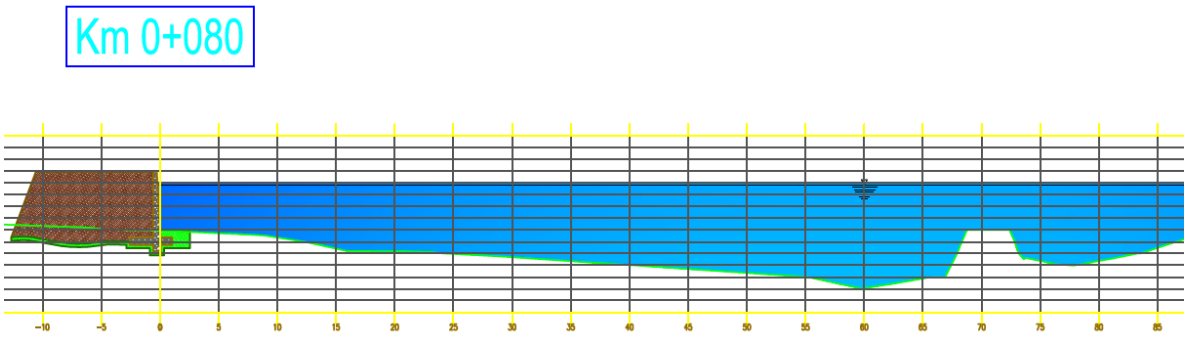
SECCION	AREA	γ	W	BRAZO	MOMENTO
1	2.2	2.4	5.2	1.8	9.3
2	1.7	2.4	4.0	1.5	5.8
3	0.8	2.4	2.0	1.2	2.4
4	11.2	1.4	15.8	2.6	41.1
6	0.0	0.0	0.8	2.6	2.1
			27.82		60.74

Factores de seguridad

Factor de Seguridad	Fs		Condición
Volteo	2.22	>2	OK
Deslizamiento	1.51	>1.5	OK

Excentricidad	e	B/6	Condición
H=5.0 m	0.60	0.60	OK
Presiones		**Qadm**	
q1	15.56	< 2	OK
q2	0.10	< 2	OK

Figura Nro. 7.5.3.3 Perfil Muro de Concreto Armado H = 5.0 m



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

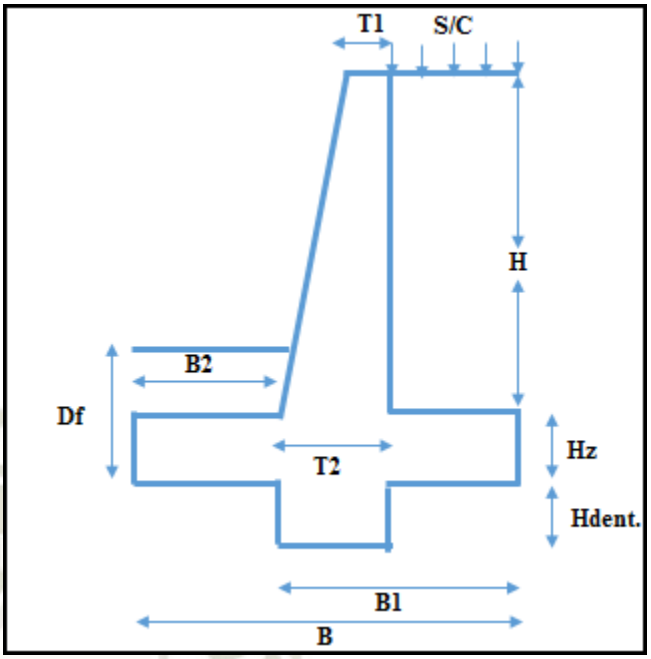
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Diseño de Muro de Concreto Armado H = 6.0 m

Diseño de muro en Voladizo

T1	0.3	m
T2	0.6	m
H	7.4	m
Hz	0.9	m
Hdent.	0.9	m
B1	2.50	m
B2	2.00	m
B	4.50	m



Suelo de Relleno

γs	1.41	Tn/m³
∅1	37	°
c	0.1	Kg/cm²

Suelo de Fundacion

γm	1.47	Tn/m³
∅2	32	°
c	0.1	Kg/cm²
Qadm	2	Kg/cm²
Df	1.4	m

Materiales del Muro

Fc	210	Kg/cm²
Fy	4200	Kg/cm²
γ concreto	2.4	Tn/m³

Condicion de Sitio

Zona Sis.	0.35	
S/C	0.4	Tn/m²

Determinación del coeficiente de empuje

Ka	0.226	
Kp	3.255	
Ea	9.38	Tn/m
Ep	4.69	Tn/m

Calculo de la estabilidad

Fuerzas actuantes

Empuje activo

SECCION	F	BRAZO	M
TOTAL	9.38	2.55	23.96

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Fuerzas resistentes

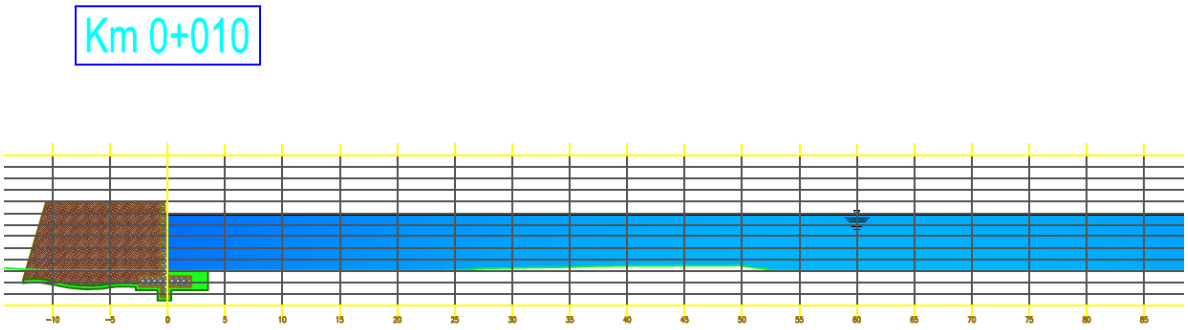
SECCION	AREA	γ	W	BRAZO	MOMENTO
1	4.1	2.4	9.7	2.3	21.9
2	2.0	2.4	4.7	2.5	11.5
3	1.0	2.4	2.3	2.2	5.1
4	12.4	1.4	17.4	3.6	61.8
6	0.0	0.0	0.8	3.6	2.7
			34.91		103.00

Factores de seguridad

Factor de Seguridad	Fs		Condición
Volteo	2.25	>2	OK
Deslizamiento	2.00	>1.5	OK

Excentricidad	e	B/6	Condición
H=6.0 m	0.60	0.75	OK
Presiones		**Qadm**	
q1	13.97	< 2	OK
q2	1.55	< 2	OK

Figura Nro. 7.5.3.4 Perfil Muro de Concreto Armado H = 6.0 m



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

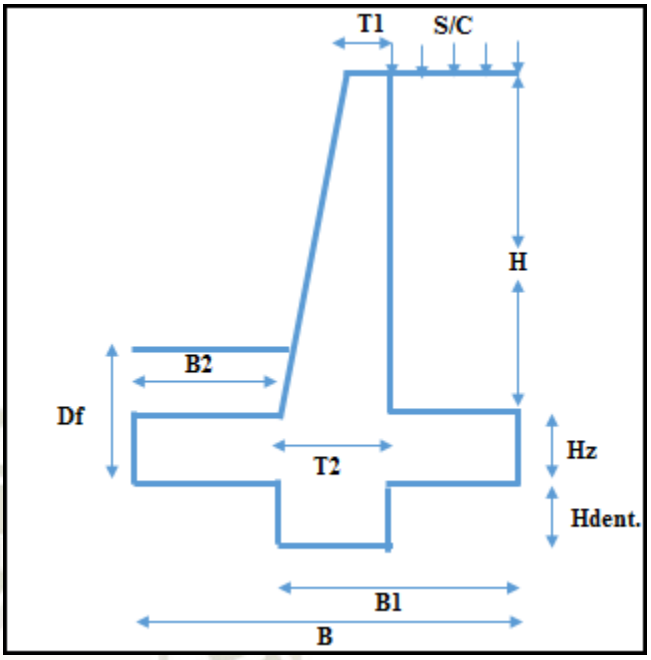
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Diseño de Muro de Concreto Armado H = 7.5 m

Diseño de muro en Voladizo

T1	0.3	m
T2	0.7	m
H	8.9	m
Hz	0.9	m
Hdent.	0.9	m
B1	4.60	m
B2	1.00	m
B	5.60	m



Suelo de Relleno

γs	1.41	Tn/m³
Ø1	37	°
c	0.1	Kg/cm²

Suelo de Fundacion

γm	1.47	Tn/m³
Ø2	32	°
c	0.1	Kg/cm²
Qadm	2	Kg/cm²
Df	1.4	m

Materiales del Muro

Fc	210	Kg/cm²
Fy	4200	Kg/cm²
γ concreto	2.4	Tn/m³

Condicion de Sitio

Zona Sis.	0.35	
S/C	0.4	Tn/m²

Determinación del coeficiente de empuje

Ka	0.226	
Kp	3.255	
Ea	13.41	Tn/m
Ep	4.69	Tn/m

Calculo de la estabilidad

Fuerzas actuantes

Empuje activo

SECCION	F	BRAZO	M
TOTAL	13.41	3.06	40.96

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Fuerzas resistentes

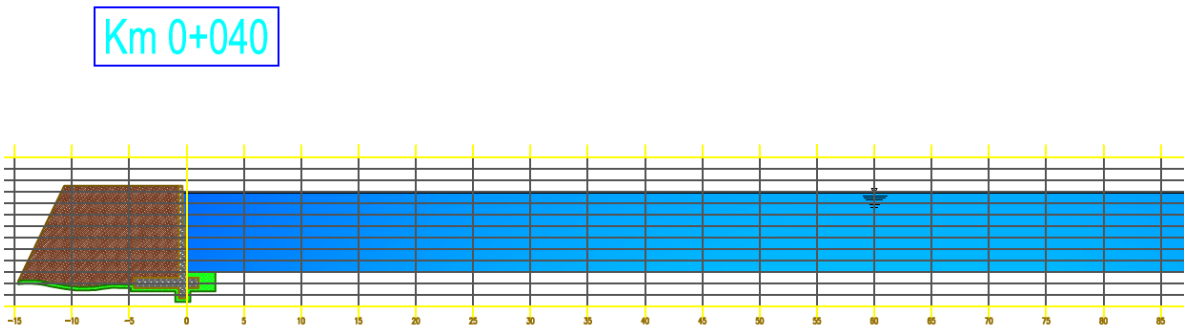
SECCION	AREA	γ	W	BRAZO	MOMENTO
1	5.0	2.4	12.1	2.8	33.9
2	2.4	2.4	5.8	1.6	8.9
3	1.6	2.4	3.8	1.3	4.9
4	31.2	1.4	44.0	3.7	160.6
6	0.0	0.0	1.6	3.7	5.7
			67.25		213.93

Factores de seguridad

Factor de Seguridad	Fs		Condicion
Volteo	2.70	>2	OK
Deslizamiento	1.64	>1.5	OK

Excentricidad	e	B/6	Condicion
H=7.5 m	0.70	0.93	OK
Presiones		**Qadm**	
q1	21.02	< 2	OK
q2	3.00	< 2	OK

Figura Nro. 7.5.3.5 Perfil Muro de Concreto Armado H = 7.5 m



Fuente: Elaboración Propia

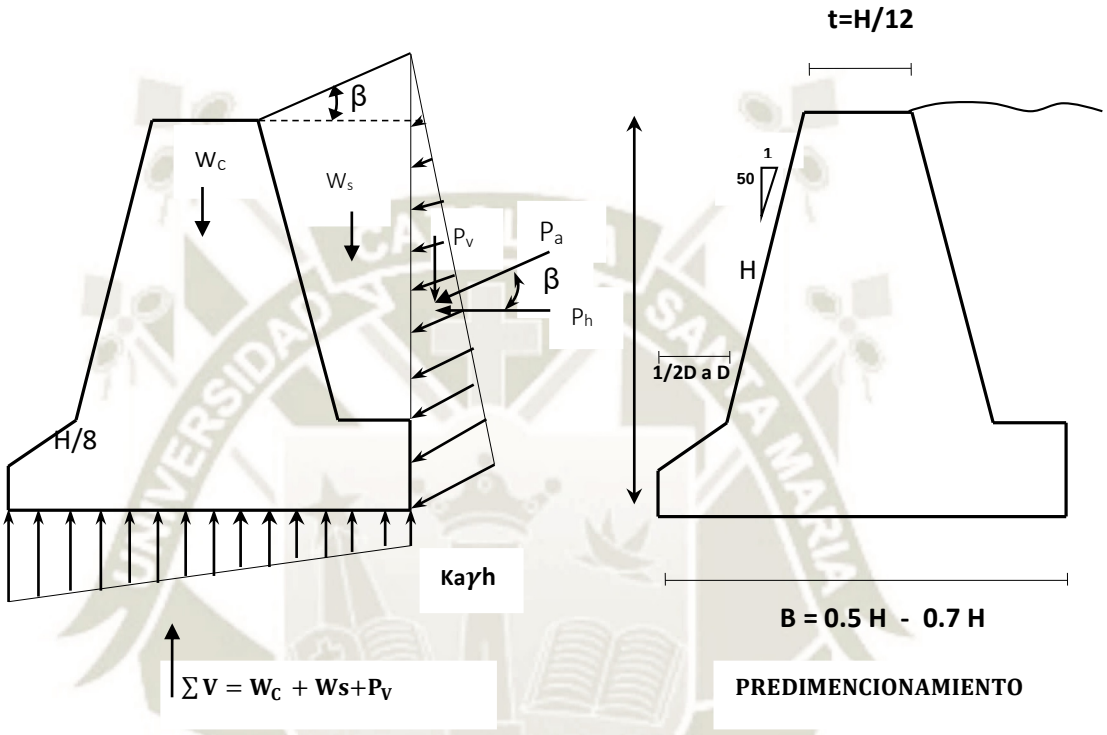
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

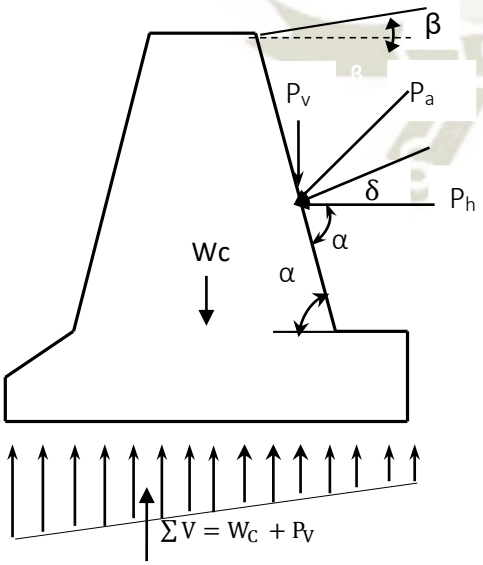
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7.5.4 Diseño de Muro de Gravedad

- Basa su estabilidad en su peso propio, son económicos para salvar desniveles de hasta 3 metros, por lo general son de concreto simple o mampostería.
- No debe producirse esfuerzos de tracción en ningún punto
- La resultan de las cargas debe caer dentro del tercio medio de la base.



CALCULO DE EMPUJES LATERALES



Generalmente las fuerzas de empuje lateral o presión activa pueden ser calculadas por 2 métodos conocidos:

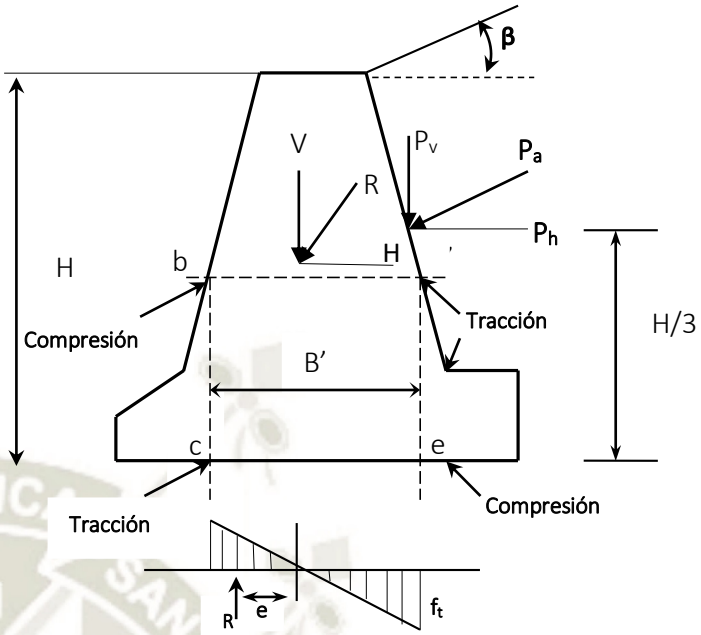
- Método de Coulomb
- Método de Rankine

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

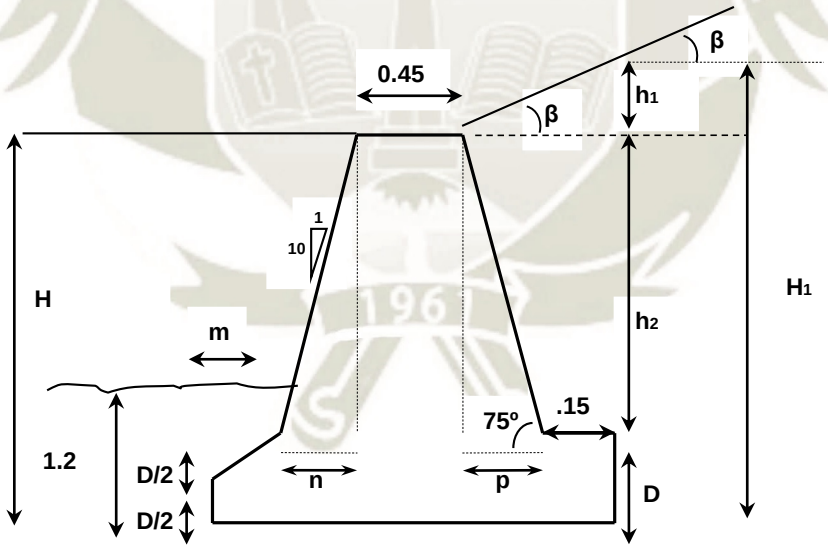
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

VERIFICACION DE ESTABILIDAD Y RESISTENCIA

- Ubicar puntos críticos
- Calculo de presiones
- Verificar la estabilidad del muro
- Ubicar la resultante en la base
- Calcular las presiones actuantes sobre el suelo
- Verificar corte y tensión en la punta
- Verificación de esfuerzo en la unión del muro y la base



Las recomendaciones que se sugiere en el libro de **diseño del ing. Chavez Peralta, Javier** son los siguientes parámetros:



1. Pre dimensionamiento

El diseño del muro de gravedad para sostener un relleno de 4.2 m, ya que la altura a proteger es de 3m. Y cuya inclinación con la horizontal es de β=10˚

La base del muro tiene un Angulo de fricción de Ø=32˚ y peso unitario 1.47 Tn/m³, la capacidad portante σ=2.0 Kg/cm²

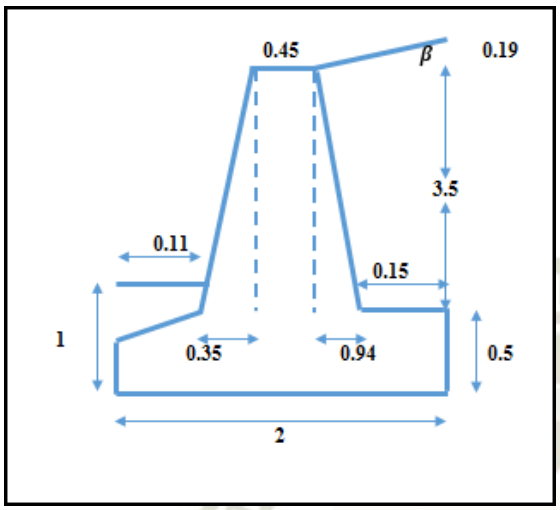
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El relleno es de un material propio de γ=1.41 Tn/m³ y $\emptyset$=37°

El peso unitario del concreto es de γc=2.3Tn/m² y cuya resistencia a la compresión es de fc=140 Kg/cm²



D = H/8 a H/6 = 0.5 m

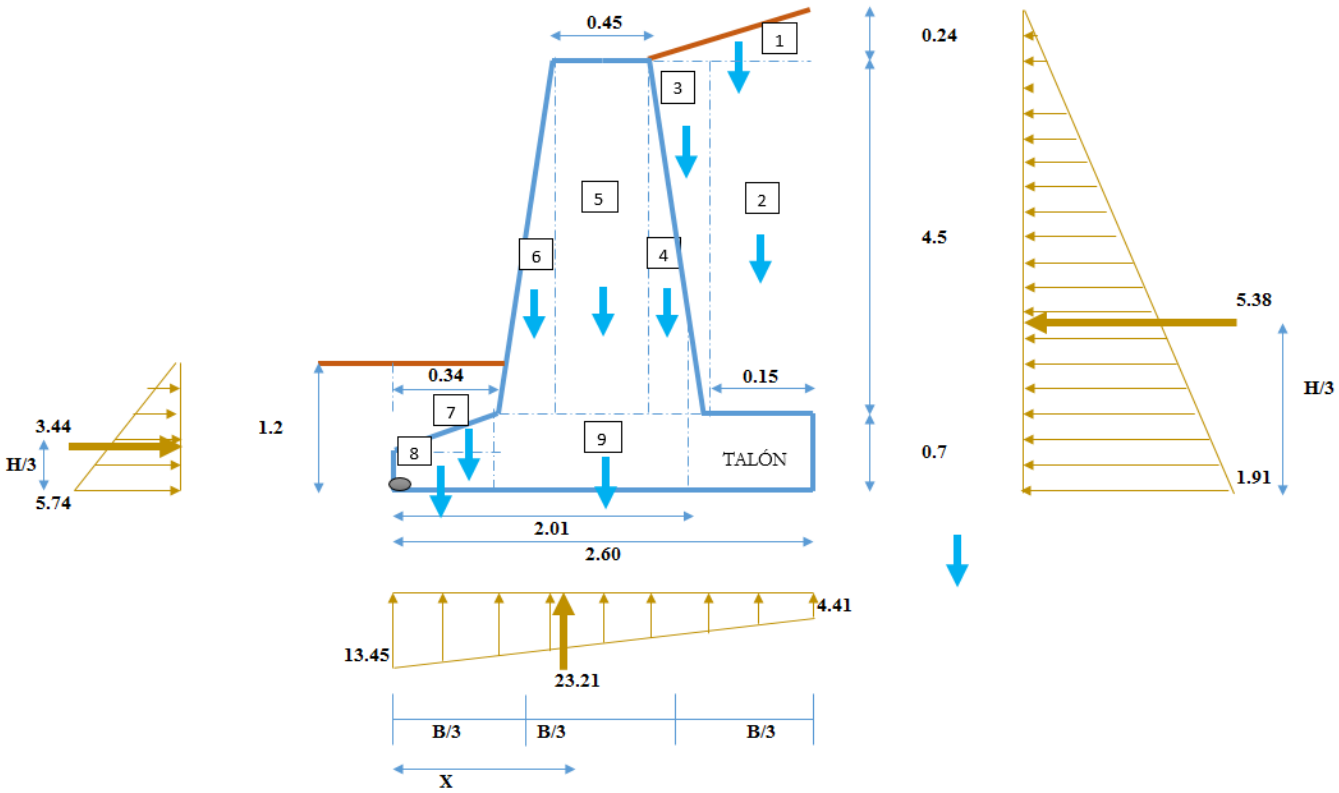
B = 0.5H a 0.7H = 2.0 m

h2 = H-D = 3.5m

p = h2*cot(75) = 0.94m

n = h2/10 = 0.35

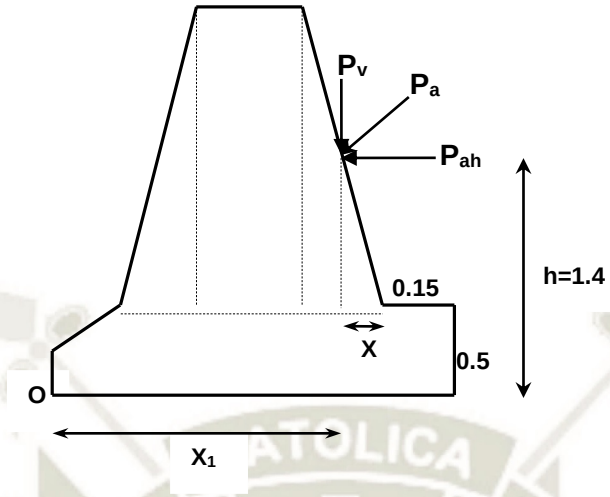
m = 2.0-(0.15+p+0.45+n) = 0.11



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



h = ubicación del empuje

$$h = \frac{H_1}{3} = \frac{4.19}{3} = 1.4$$

$$x = 0.9 * ctg75° = 0.24$$

$$x_1 = 2.0 - 0.24 - 0.15$$

$$x_1 = 1.61m$$

2. Coeficiente de presiones activas y pasivas

Coeficiente de presión activa: RANKINE

$$\boldsymbol{K_a = \cos\beta * \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\emptyset^2}}{\cos\beta + \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\emptyset^2}}}$$

$$\boldsymbol{K_a = \cos 10 * \frac{\cos 10 - \sqrt{10^2 - \cos 37^2}}{\cos 10 + \sqrt{\cos 10^2 - \cos 37^2}}}$$

$$\boldsymbol{K_a = 0.258}$$

Coeficiente de presión pasiva:

$$\boldsymbol{K_p = \tan(45 + \frac{\emptyset}{2})^2}$$

$$\boldsymbol{K_p = \tan(45 + \frac{32}{2})^2}$$

$$\boldsymbol{K_p = 3.255}$$

Empuje activo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$E_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a$$

$$E_a = \frac{1}{2}1.41 * 4.2^2 * 0.258$$

$$E_a = 3.19\ Tn/m$$

Empuje horizontal = 3.14 Tn/m

Empuje Vertical = 0.55 Tn/m

Momento actuante:

$$M_O = E_H(\frac{H}{3})$$

$$M_O = 3.14 * (\frac{4.2}{3})$$

$$M_O = 4.39\ Tn - m$$

3. Calculo de la estabilidad del muro (Momento con respecto a "O")

SECCION	AREA	γ	W	BRAZO	MOMENTO
1	0.10	1.41	0.15	1.64	0.24
2	0.53	1.41	0.74	1.93	1.42
3	1.64	1.41	2.31	1.54	3.56
4	1.64	2.30	3.77	1.22	4.62
5	1.58	2.30	3.62	0.69	2.49
6	0.61	2.30	1.41	0.35	0.49
7	0.01	2.30	0.03	0.07	0.00
8	0.03	2.30	0.06	0.06	0.00
9	0.94	2.30	2.17	1.06	2.29

- Seguridad por volteo

$$F_S = \frac{\sum M_R}{M_O}$$

$$F_S = \frac{16.01}{4.39 - 0.8}$$

$$F_S = 4.45 > 1.75 \quad OK!$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Seguridad por deslizamiento

$$f = \tan\frac{2}{3} * \emptyset$$

$$f = \tan\frac{2}{3} * 32$$

$$f = 0.39$$

$$F_r = f * \sum F_v$$

$$F_r = 0.39 * 14.83$$

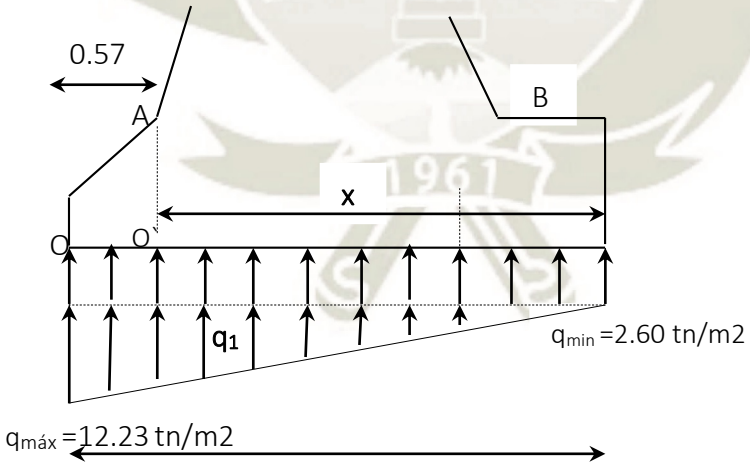
$$F_r = 5.79\,Tn$$

$$F_S = \frac{F_r + P_p}{F_h}$$

$$F_S = \frac{5.79 + 2.39}{3.14}$$

$$F_S = 2.60 \;\; > 1.5 \;\; OK!$$

4. Las presiones que actúan en la base del muro



$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_r - \sum M_O}{\sum W}$$

$$e = \frac{2.0}{2} - \frac{16.01 - 4.39}{14.83}$$

$$e = 0.22 \;\; < \frac{B}{6} \qquad OK!$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

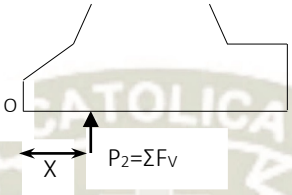
$$q_u = \frac{\sum W}{B}\left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_u = \frac{14.83}{2.0}\left(1 + \frac{6 * 0.22}{2.0}\right)$$

$$q_u = 12.23\ Tn/m2$$

$$q_u = 2.60\ Tn/m2$$

5. Localización de la resultante en la base



$$Q_u = \frac{(q_1 + q_2)}{2} * B$$

$$Q_u = \frac{(12.23 + 2.6)}{2} * 2.0$$

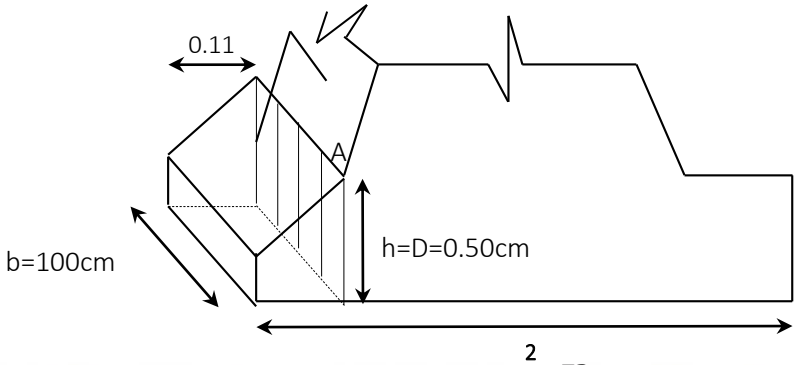
$$Q_u = 14.83\ Tn/m$$

$$x = \frac{1}{3}\left(\frac{2 * q_2 + q_1}{q_1 + q_1}\right)B$$

$$x = \frac{1}{3}\left(\frac{2 * 2.60 + 12.23}{12.23 + 2.60}\right)B$$

$$x = 0.784\ m$$

6. Verificamos las tensiones que se producen en el concreto en el punto "A" a una distancia de X=0.11 del punto de intersección



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Hallamos la ecuación de la recta de las cargas distribuidas en la base de la zapata

Por geométrica y de la figura del ítem 4 es

$$q_x = -4.8143x + 12.229$$

Por consiguiente:

$$dV_x = q_x d_x \quad \rightarrow Ecuacion\ para\ hallar\ cortes$$

$$dM_x = V_x d_x \quad \rightarrow Ecuacion\ para\ hallar\ Momentos$$

Luego, hallamos los cortes y momentos a una distancia de x=0.11 y procedemos a verificar los esfuerzos que producen estas en la intersección (Plano Vertical)

$$\int_0^{Vx} dV_x = \int_0^x (-4.8143x + 12.229)dx \rightarrow V_x = -4.8143\frac{x^2}{2} + 12.229x$$

$$\int_0^{Mx} dM_x = \int_0^x \left(-4.8143\frac{x^2}{2} + 12.229x\right)dx \rightarrow -4.8143\frac{x^3}{6} + 12.229\frac{X^3}{2}$$

Entonces, si x=0.11 → V=1.34 Tn/m, M=0.1Tn-m

El esfuerzo del concreto admisible del concreto es:

$$\boldsymbol{f_c = 0.53\emptyset\sqrt{f_c} \quad \emptyset = 0.85, \qquad f_c = 140Kg/cm2}$$

$$\boldsymbol{f_c = 5.33\ Kg/cm2}$$

El esfuerzo de corte producido por el concreto en el muro es:

$$\boldsymbol{V = \frac{v}{bh}}$$

$$\boldsymbol{V = 0.27\ Kg/cm2}$$

Se tiene que verificar que: $V_C > V \rightarrow OK!$

El esfuerzo de tracción que se produce en la intersección:

$$\boldsymbol{f_t = \frac{6M}{bh^2}}$$

$$\boldsymbol{f_t = 6.24Kg/cm2}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

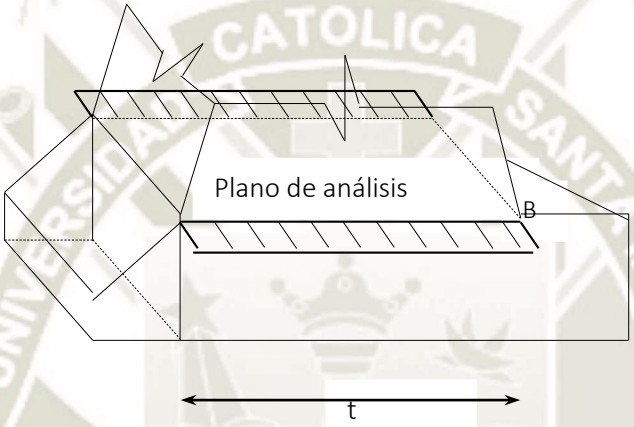
El admisible es: (tracción permisible)

$$f_{tp} = 1.33\emptyset\sqrt{f_c}$$

$$f_{tp} = 10.23Kg/cm2$$

Se tiene que verificar que: $f_{tp} > f_t \rightarrow OK!$

7. Verificamos los esfuerzos en la intersección del muro con la base



T= 0.35+0.94+0.45=1.74 m

Se debe de cumplir que:

$$f_{cp} > f_c$$

Donde:

fcp: Esfuerzo de compresión admisible

$$f_c = 0.85\emptyset\sqrt{f_c}$$

Donde:

fc: Compresión en la base "t" ∅=0.7

$$f_c = 7.04\ Kg/cm2$$

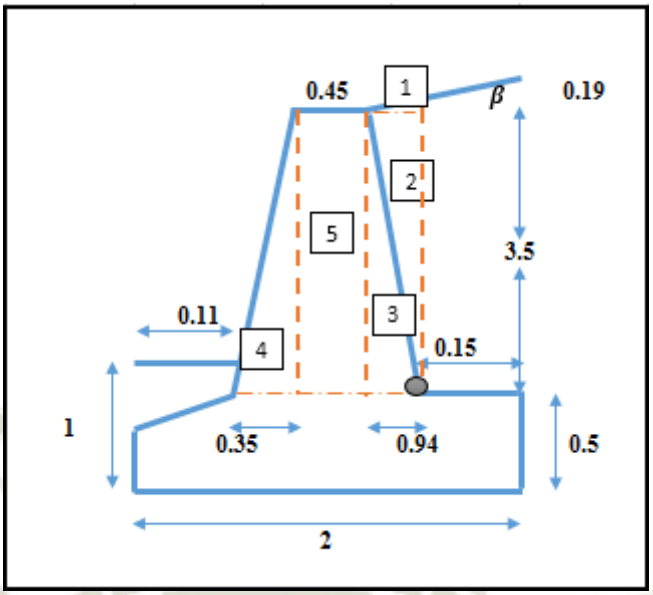
También:

$$f_{compresion} = \frac{P}{A} + \frac{6M}{bh^2}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



SECCION	AREA	γ	W
1	0.08	1.41	0.11
2	1.64	1.41	2.31
3	1.64	2.3	3.77
4	0.6125	2.3	1.41
5	1.575	2.3	3.62

Área: 17378.22 cm²

Momento con respecto al punto "O"

W	BRAZO	MOMENTO
0.11	0.31	0.03
2.31	0.31	0.72
3.14	0.90	2.82
0.55	0.24	0.13

Remplazando:

$$f_{compresion} = \frac{11.78}{17378.22} + \frac{6 * 3.71}{100 * (1.74 * 100^2}$$

$$f_{compresion} = 0.74\ Kg/cm2$$

Por lo tanto

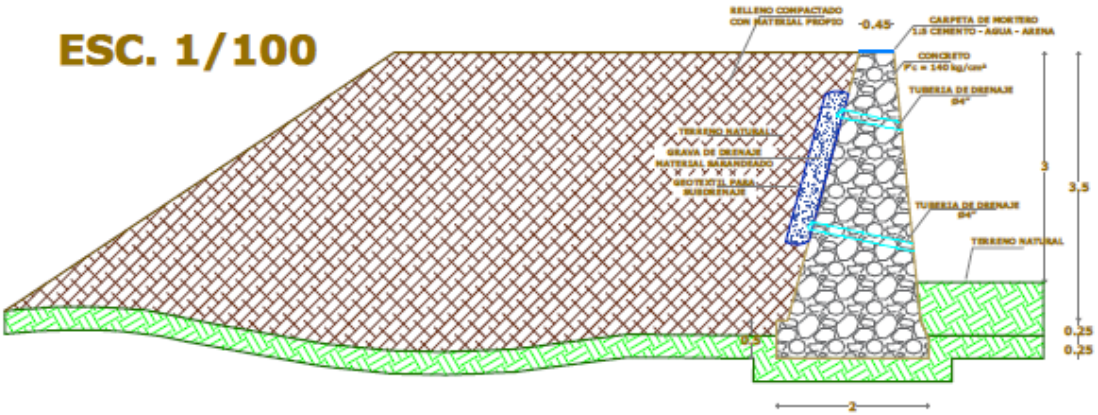
$$f_{cp} > f_c \quad OK!$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

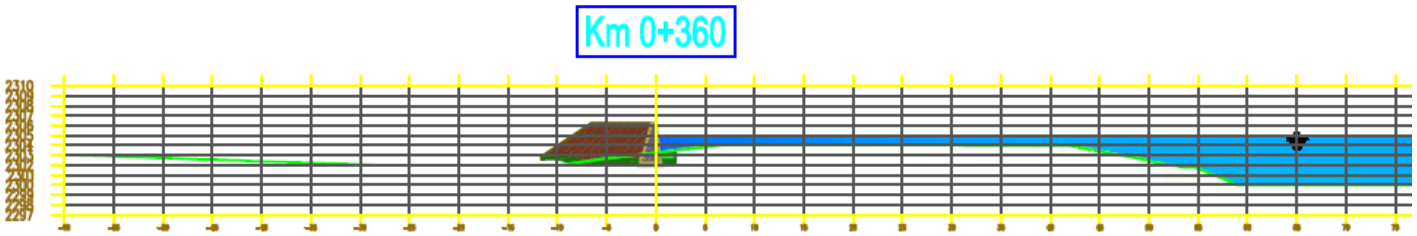
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 7.5.4.1 Detalle de Muro de Gravedad H=3.0 m



Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro. 7.5.4.2 Perfil de Muro de Gravedad H=3.0 m



Fuente: Elaboración Propia

7.5.5 Diseño de Dique Enrocado

Es un terraplén natural o artificial, por lo general de tierra, paralelo al curso de un rio. Entre los tipos de diques se pueden mencionar. (Ing. Rubén Terán A. 1998)

Diques artificiales

Son utilizados para prevenir la inundación de los campos aledaños a los ríos, sin embrago también se utilizan para encajonar el flujo de los ríos a fin de darle un flujo más rápido. Son conocidos como diques de contención. (Ing. Rubén Terán A. 1998)

Existen diferentes tipologías de diques, también llamados espigones.

Diques En talud

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tradicionalmente se han construido mediante un núcleo de todo uno, encima del cual superponen capas de elementos de tamaño creciente separados por capas de filtro. (Ing. Rubén Terán A. 1998)

Diques Verticales

Están formados por cajones de hormigón armado que se trasladan flotando al lugar de fondeo y se hunden, para después rellenarlos con áridos, de forma que constituyan una estructura rígida. (Ing. Rubén Terán A. 1998)

Diques naturales

Son originados del depósito de material arrastrado por el rio en el borde del mismo, durante las inundaciones. Esto va causando progresivamente, la elevación de la ribera. (Ing. Rubén Terán A. 1998)

Calculo hidrológico

En primer lugar, se analiza la hidrología de la zona a fin de determinar la descarga máxima de diseño, para un periodo de 100 años, lo cual se realizó en el **capítulo V.**

Calculo hidráulico

En base a los datos hidráulicos e información topográfica se procede al cálculo de los principales parámetros hidráulicos para el diseño de la estructura propuesta, lo cual se realizó en el **capítulo V**.

Calculo de la sección estable o amplitud de cauce

Empleando las ecuaciones del régimen estable de BLENCH

Para el caso de gravas

Procedemos al cálculo del factor de fondo

$$F_b = (D_{50})^{\frac{1}{3}}(1 + 0.12 * C)$$

Donde:

F_b**:** Factor de fondo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$\boldsymbol{D_{50}}$**:** Diámetro medio

C: Concentración de material de fondo

Remplazando valores y según condiciones de rio

$$\boldsymbol{F_b = (10)^{\frac{1}{3}}(1 + 0.12 * 0.1)}$$

$$\boldsymbol{F_b = 2.18}$$

El ancho estable será

$$\boldsymbol{B = 1.81(\frac{QF_b}{F_S})^{1/2}}$$

Donde:

Q: Caudal m³/s

$\boldsymbol{F_b}$**:** Factor de fondo

$\boldsymbol{F_S}$**:** Factor de orilla

Cuadro Nro. 7.5.5.1 Valores Aproximados de Fs (factor de orilla)

Factor de orilla	Fs
Orilla de barro y arena	0.1
Orilla de barro - arcilla - fangosa	0.2
Orilla de material muy cohesivo	0.3

Fuente: Diseño y Construcción de Defensa Ribereñas del Ing. Ruben Teran

$$\boldsymbol{B = 1.81(\frac{94.7 * 2.18}{0.1})^{1/2}}$$

$$\boldsymbol{B = 83\ m}$$

Empleando las ecuaciones del régimen estable de ALTUNIN - MANNING

$$\boldsymbol{B = (\frac{Q^{\frac{1}{2}}}{S^{0.2}})(nK^{5/3})^{3/(3+5m)}}$$

Donde:

Q: Caudal máximo de diseño m³/s

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

S: pendiente del rio

m: Coeficiente de Tipo de Rio

n: Valor Rugosidad de Manning

K: Material aluvial

Cuadro Nro.7.5.5.2 Coeficiente de Tipo de Rio

Coeficiente de Tipo de Rio	m
Para ríos de montaña	0.5
Para cauces arenosos	0.7
Par cauces aluviales	1.0

Cuadro Nro. 7.5.5.3 Material del Cauce

Coeficiente Material del Cauce	K
Material de cauce muy resistente	3 - 4
Material fácilmente erosionable	16 - 20
Material Aluvial	8 - 12

Cuadro Nro. 7.5.5.4 Valores de Rugosidad de Manning

Valores Rugosidad de Manning	n
Cauce con fondo solido sin irregularidades	0.025
Cauces de rio con acarreo irregular	0.03
Cauces de ríos con Vegetación	0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	0.033
Cauces de rio con fuerte transporte de acarreo	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.04
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.05

$$\boldsymbol{B = \left(\frac{94.7^{\frac{1}{2}}}{0.011^{0.2}}\right)(0.035 * 12^{5/3})^{3/(3+5*1)}}$$

$$\boldsymbol{B = 34\,m}$$

Empleando las ecuaciones del régimen estable de SIMONS Y HENSERSON

$$\boldsymbol{B = K_1 * (Q)^{1/2}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

K_1: Condiciones de fondo de rio

Q: Caudal m³/s

Cuadro Nro. 7.5.5.5 Condiciones de fondo de rio

Condiciones de Fondo de Rio	K1
Fondo y orillas de arena	5.7
Fondo de arena y orillas de material cohesivo	4.2
Fondo y orillas de material cohesivo	3.6
Fondo y orillas de grava	2.9
Fondo de arena y orillas de material no cohesivo	2.8

Fuente: Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas del Ing. Ruben Terán.

Para nuestro caso es un rio de fondo y orilla de gravas: K1=3.8

$$B = 3.8 * (94.7)^{1/2}$$

$$B = 37\ m$$

En base a los cálculos efectuados se puede indicar que la fórmula de se ajusta más a los trabajos realizados se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro Nro. 7.5.5.6 Sección Estable - Comparativo

BLENCH - ALTUNIN	B. Máximo	**83.00**	m
	B. Mínimo	**62.00**	m
SIMONS Y ALBERTSON	B.	**37.00**	m
ALTUNIN - MANNING	B.	**34.00**	m
CRITERIO PRACTICO	**B.**	**83.00**	**m**

- **Profundidad media**

Viene a ser la profundidad necesaria para la estructura

$$H = 1.02\left(\frac{QF_s}{F_b^2}\right)^{1/3}$$

Donde:

Q: Caudal m³/s

F_b: Factor de fondo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

F_S: Factor de orilla

$$H = 1.02(\frac{94.7 * 0.1}{0.1^2})^{1/3}$$

$$H = 2\,m$$

- **Pendiente hidráulica**

Para las condiciones de rio y las características del material

$$K = 6.6\frac{g}{\gamma^{1/4}}$$

Donde:

g: Gravedad m/s²

γ: Peso específico del agua, Kg/m³

$$K = 6.6\frac{9.81}{1000^{1/4}}$$

$$K = 11.51$$

$$S = \frac{0.55F_b^{5/6}F_s^{1/12}}{(1 + \frac{C}{233})KQ^{1/6}}$$

Q: Caudal m³/s

F_b: Factor de fondo

F_S: Factor de orilla

$$S = \frac{0.55 * 2.18^{5/6} * 0.1^{1/12}}{\left(1 + \frac{500}{233}\right) * 11.51 * 94.7^{1/6}}$$

$$S = 0.011$$

- **profundidad de socavación**

Este se determina, con el método propuesto por **LISCHTVAN – LEVEDIEV**, para cauces naturales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Suelo cohesivo

Teniendo en cuenta la relación

$$\boldsymbol{a = \frac{Q}{t^{5/3} b_o}}$$

Donde:

Q: Caudal m³/s

t: Tirante m.

$\boldsymbol{b_o}$**:** Sección estable determinada

$$\boldsymbol{t_s = \left(\frac{a t^{5/3}}{0.6 \gamma_s^{1.18} \beta}\right)^{\frac{1}{1+x}}}$$

Donde:

t: Tirante m.

γ_s: Peso específico del suelo

β: Coeficiente que depende de la frecuencia con la que se repite la avenida de estudio

X: exponente para material no cohesivo en función del diámetro característico

Suelo no cohesivo

$$\boldsymbol{t_s = \left(\frac{a t^{5/3}}{0.68 D_m^{0.28} B}\right)^{\frac{1}{1+x}}}$$

Donde:

t: Tirante m.

D_m: Diámetro medio

β: Coeficiente que depende de la frecuencia con la que se repite la avenida de estudio

X: exponente para material no cohesivo en función del diámetro característico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$a = \frac{Q}{t^{5/3} b_o}$$

$$a = \frac{94.7}{0.8^{5/3} * 83}$$

$$a = 1.65$$

Cuadro Nro. 7.5.5.7 Valores de X en función del tipo de suelo

SUELOS COHESIVOS		SUELOS NO COHESIVOS	
PESO ESPECIFICO (T/m³)	X	D (mm)	X
0.8	0.52	0.05	0.43
0.83	0.51	0.15	0.42
0.86	0.5	0.5	0.41
0.88	0.49	1	0.4
0.9	0.48	1.5	0.39
0.93	0.47	2.5	0.38
0.96	0.46	4	0.37
0.98	0.45	5	0.365
1	0.44	6	0.36
1.04	0.43	8	0.35
1.08	0.42	10	0.34
1.12	0.41	15	0.33
1.16	0.4	20	0.32
1.2	0.39	25	0.31
1.24	0.38	40	0.3
1.28	0.37	60	0.29
1.34	0.36	90	0.28
1.4	0.35	140	0.27
1.46	0.34	190	0.26
1.52	0.33	250	0.25
1.58	0.32	310	0.24
1.64	0.31	370	0.23
1.71	0.3	450	0.22
1.8	0.29	570	0.21
1.89	0.28	750	0.2
2.6	0.25	1000	0.19

Fuente: Apuntes de Hidráulica Fluvial, Picandex Kreim

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 7.5.5.8 Valores de Coeficiente β

Tr (años)	β
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.9
20	0.94
50	0.97
100	1
500	1.05
1000	1.07

$$t_s = \left(\frac{1.65 * 0.8^{5/3}}{0.68 * 10_m^{0.28} * 1}\right)^{\frac{1}{1+0.34}}$$

$$t_s = 0.91\ m$$

Luego, la profundidad de socavación será:

$$H_s = t_s - t$$

Donde:

H_s: Altura de Socavación, m.

t_s: Tirante que corresponde a la profundidad a la que se desea evaluar la velocidad erosiva, m.

t: Tirante normal, m.

$$H_s = 0.2\ m$$

Profundidad de uña: Determinada la profundidad de socavación, esta indica hasta donde excavaría el rio, profundidad hasta la cual deberán llegar las cimentaciones de la estructura.

Suelos cohesivos

Se asume para suelos cohesivos que el material de fondo de rio al pie de la estructura será remplazado por roca suelta, la misma que será colocada sobre el fondo del rio, lo que permitirá reducir la profundidad de socavación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$t_s = \left(\frac{at^{5/3}}{0.6\gamma_s^{1.18}B}\right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Donde:

t: Tirante m.

γ_s: Peso específico del suelo

B: Coeficiente de socavación

X: exponente para material cohesivo en función del Peso especifico

Suelos no cohesivos

Con el mismo criterio se asume que el material del piso del rio sea roca suela con un D = 5 a 10 mm.

$$t_s = \left(\frac{at^{5/3}}{0.68D_m^{0.28}B}\right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Donde:

t: Tirante m.

D_m: Diámetro medio

B: Coeficiente de socavación

X: exponente para material no cohesivo en función del diámetro característico

$$t_s = \left(\frac{1.65 * 2^{5/3}}{0.68 * 10_m^{0.28} * 1}\right)^{\frac{1}{1+0.34}}$$

$$t_s = 2.84\ m$$

La profundidad de uña será

$$P_{uña} = t_s - t$$

Donde.

t_s: Tirante que corresponde a la profundidad a la que se desea evaluar, m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

t: Tirante normal, m.

$$P_{uña} = 0.9\ m$$

La profundidad en tramos rectos será de 2 m y en curva 2.5 m.

El ancho de la base será

$$A_{uña} = 1.5 P_{uña}$$

$$A_{uña} = 1.4\ m$$

- **altura de muro**

También se puede determinar el tirante normal, teniendo en consideración el perfil normal, el mismo que permitirá el escurrimiento de las aguas

Empleando la fórmula de

$$V = R^{2/3} * S^{1/2}/n$$

Donde:

V_M: Velocidad media, m/s

R: Radio Hidráulico m

S: Pendiente

K_s: Coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural del rio

Cuadro Nro. 7.5.5.9 Talud en función de la altura

Altura	Talud aguas Arriba	Talud aguas Abajo
2 a 12m	2:01	1.5:1
12 a 30m	2.5:1	2:01
30 a 45m	3:01	2.5.1

Cuadro Nro. 7.5.5.10 Valores de Rugosidad de Manning para Cauces y Torrente

Valores Rugosidd de Maning	n
Cauce con fondo solido sin irregularidades	0.025
Cauces de rio con acarreo irregular	0.03
Cauces de rios con Vegetacion	0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	0.033

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cauces de rio con fuerte transporte de acarreo	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.04
Torrentes con derrubio grueso y acarreo movil	0.05

$$V = 0.98^{2/3} * \frac{0.011^{\frac{1}{2}}}{0.035}$$

$$V = 3.0\ m/s$$

Cuadro Nro. 7.5.5.11 Coeficiente de Rugosidad dependiente del lecho natural del rio

DESCRIPCION	Ks
Lechos naturales de rio con fondo solido sin irregularidades	40
Lechos naturales de rio con acarreo regular	33 - 35
Lechos naturales de rio con vegetación	30 - 35
Lechos naturales de rio con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales de rio con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedra de tamaño de una cabeza) con acarreo inmóvil	25 - 28
Torrentes con derrubio grueso, con acarreo móvil	19 - 22

Fuente: ACI-UNI, Diseño de Obras hidráulicas 1994.

$$Q = b_o * t * (K_s t^{2/3} S^{1/2})$$

$$94.7 = 83 * t * (19 * t^{2/3} 0.011^{1/2})$$

$$t = 0.8\ m$$

Luego se calcula el borde libre

$$B_L = \emptyset \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

B_L: Borde libre m.

∅: Coeficiente en función de la máxima descarga y pendiente

V: velocidad m/s.

g: Gravedad m/s².

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Nro. 7.5.5.12 Valores de Coeficientes ø

CAUDAL MAXIMO m³/s	ø
3000 - 4000	2
2000 - 3000	1.7
1000 - 2000	1.4
500 - 1000	1.2
100 - 500	1.1

Fuente: Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas del Ing. Ruben Terán.

$$B_L = 1.1 * \frac{5^2}{2 * 9.81}$$

$$B_L = 1.4\ m$$

La altura de muro será

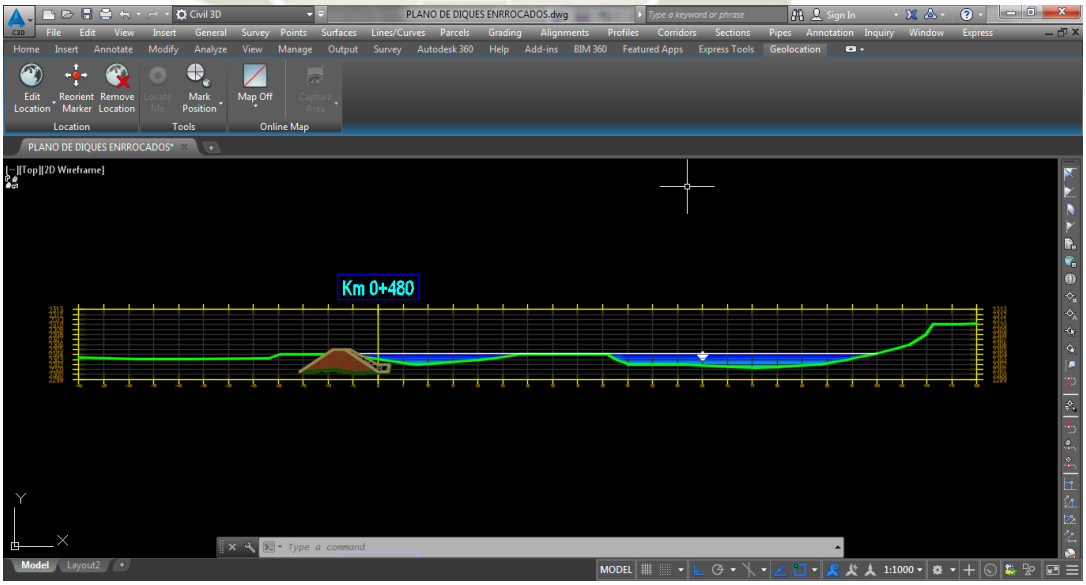
$$H_M = t + B_L$$

Donde:

t: tirante normal, m.

$$H_M = 2.2\ m$$

Asumimos una altura del dique de 3.0 m



- Calculo del Volumen de Roca

Fuerza de empuje

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$F = \frac{D_w C_d V^2 A}{2}$$

Donde:

Dw: Densidad del agua, Kg/m3

Cd: Coeficiente De arrastre

V: Velocidad, m/s

A: Area, m2

F: Fuerza, Kg

$$F = \frac{101.94 * 0.65 * 5^2 * 1}{2}$$

$$F = 828.26\ Kg$$

Volumen de la Roca que equilibra la fuerza unitaria de empuje es:

$$V_r = \frac{W_s}{P_r - P_w}$$

Donde:

Ws: Peso Sumergido de la roca, Kg

Pr: Peso específico de la roca sumergida, Kg/m3

Pw: Peso específico del agua, Kg/m3

$$V_r = \frac{503.91}{2500 - 1000}$$

$$V_r = 0.34\ m3$$

Por lo tanto, el volumen de la roca con un factor de seguridad de 4 será: 1.3 m3

Otra forma de calcular el tamaño de roca es:

Factor de talud

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$f = \sqrt{\frac{1 - \sin \alpha^2}{\sin \emptyset^2}}$$

Donde:

α: Angulo del talud

$\emptyset$: Angulo de fricción interna del material

f: Factor de talud

$$f = \sqrt{\frac{1 - \sin 26.57^2}{38^2}}$$

$$f = 0.95$$

Factor de estabilidad

$$n = 0.56 \left(\frac{V^2}{2g\Delta D_{50}}\right)$$

$$n = 0.56 \left(\frac{5^2}{2 * 9.81 * 1.6 * 1.18}\right)$$

$$n = 0.379$$

El peso de la piedra es:

$$W_{50} = \Delta \gamma_s D_{50}^3$$

$$W_{50} = 0.65 * 2600 * 1.18^3$$

$$W_{50} = 2753.22\ Kg$$

Cuadro Nro. 7.5.5.13 Factor de aproximación del volumen de una piedra en la forma de un cubo

Factor que representa la aproximación del volumen de una piedra a la forma de un cubo	Esfera	Piedra Chancada
	0.5	0.65

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Calculo de la estabilidad del terraplén

Fuerza resistente

$$\boldsymbol{R = W \tan \emptyset}$$

Donde:

W: Peso del Terraplén

: Angulo de fricción interna

$$\boldsymbol{R = 72900 \tan 30.5}$$

$$\boldsymbol{R = 42941.38\ Kg/m}$$

Presión

$$\boldsymbol{P = P_W \frac{H^2}{2}}$$

Donde:

Pw: Peso Específico del agua, Kg/m3

H: Tirante de agua, m

$$\boldsymbol{P = 1000 * \frac{2^2}{2}}$$

$$\boldsymbol{P = 2000\ Kg/m}$$

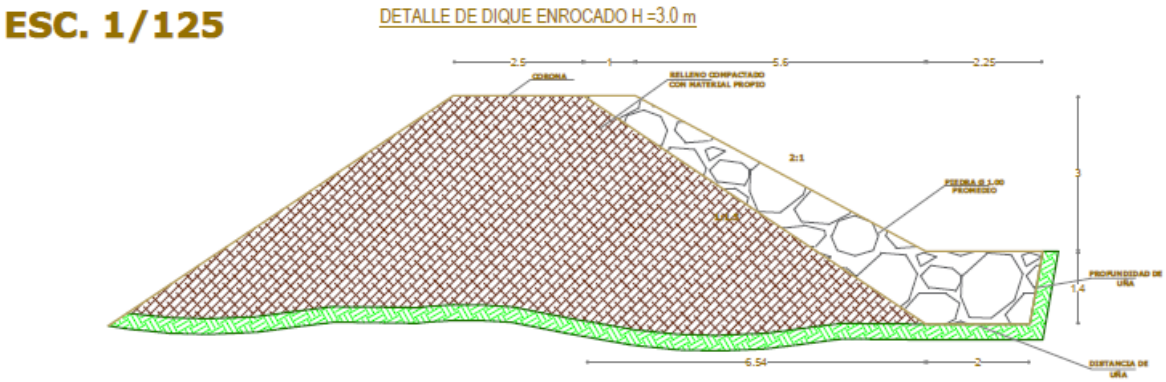
Como se puede observar la Fuerza resistente es mucho más que la presión que ejerce como se puede apreciar en la Imagen Nro. 7.5.5.1 el diseño es conforme dando paso al dibujo en **AUTOCAD**.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

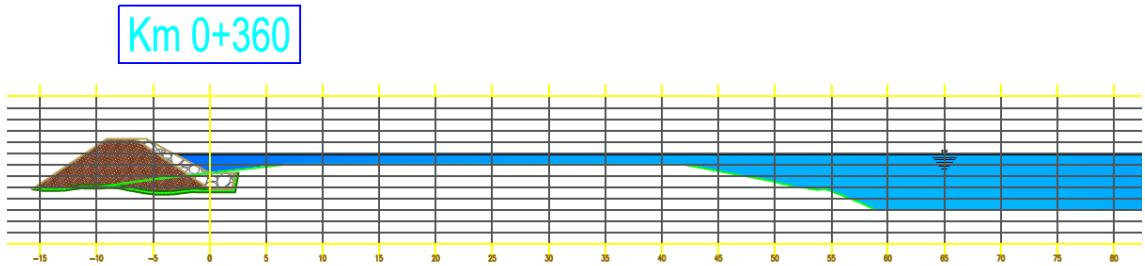
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura Nro.7.5.5.1 Detalle de Dique Enrocado H=3.0 m



Fuente: Elaboración Propia

Figura Nro.7.5.5.2 Perfil de Dique Enrocado H=3.0 m



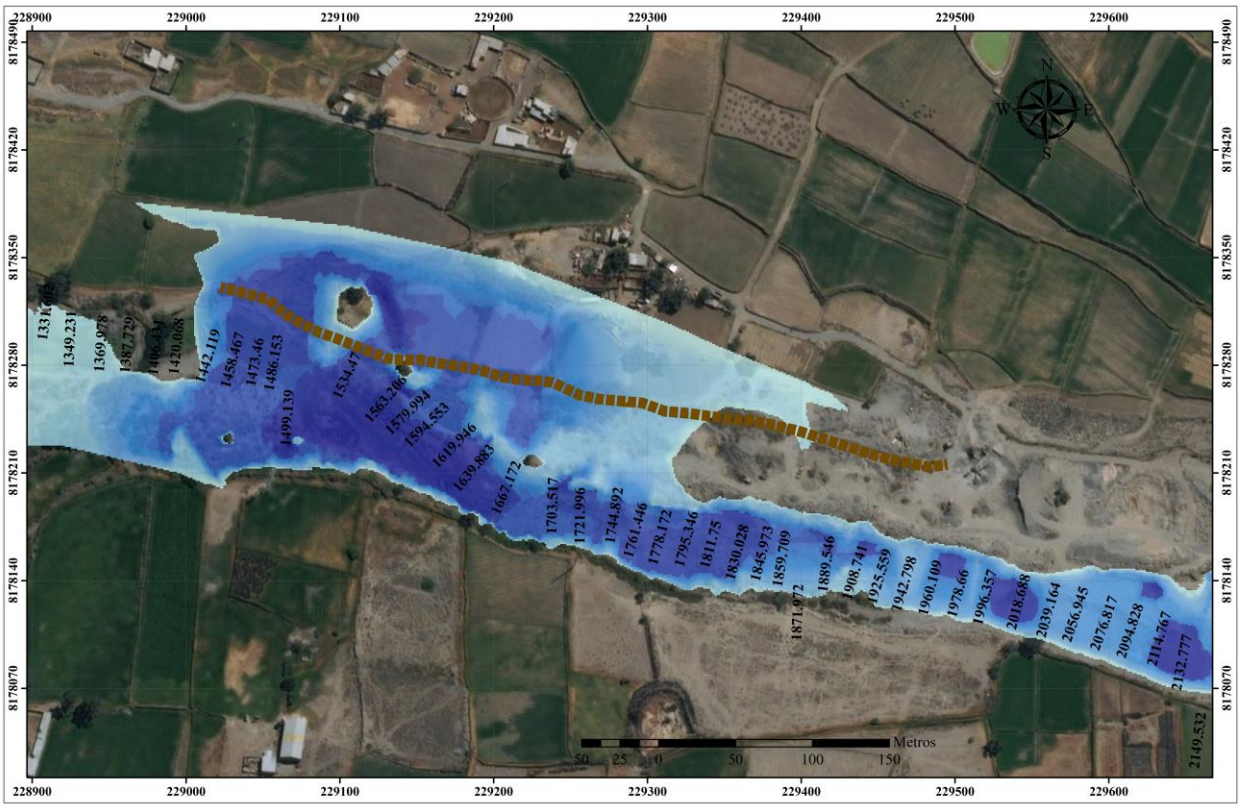
Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura Nro. 7.5.5.3 Área de inundación para hallar la socavación Generalizada



Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 7.5.5.13 Calculo de la Socavación generalizada en el tramo de estudio de Defensa Ribereña

PROGRESIVA	T	Q	Ym	X	α	β	t	Ys	socavación
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1960.11	T= 100 años	94.7	2.60	0.34	0.20	1.00	1.00	1.76	0.76
1942.80	T= 100 años	94.7	2.06	0.34	0.30	1.00	0.70	1.23	0.53
1925.56	T= 100 años	94.7	2.39	0.34	0.22	1.00	1.00	1.65	0.65
1908.74	T= 100 años	94.7	2.19	0.34	0.26	1.00	1.00	2.14	0.75
1889.55	T= 100 años	94.7	2.36	0.34	0.22	1.00	1.00	1.91	0.91
1871.97	T= 100 años	94.7	2.84	0.34	0.19	1.00	1.00	1.66	0.66
1859.71	T= 100 años	94.7	2.77	0.34	0.19	1.00	1.00	1.70	0.70
1845.97	T= 100 años	94.7	2.84	0.34	0.17	1.00	1.00	1.55	0.55
1830.03	T= 100 años	94.7	3.04	0.34	0.15	1.00	1.00	1.43	0.43
1811.75	T= 100 años	94.7	2.95	0.34	0.15	1.00	0.70	1.39	0.69
1795.35	T= 100 años	94.7	2.94	0.34	0.15	1.00	0.70	1.39	0.69
1778.17	T= 100 años	94.7	3.25	0.34	0.13	1.00	0.70	1.29	0.59
1761.45	T= 100 años	94.7	3.61	0.34	0.11	1.00	0.70	1.14	0.44
1744.89	T= 100 años	94.7	3.64	0.34	0.10	1.00	0.70	1.04	0.34
1722.00	T= 100 años	94.7	3.70	0.34	0.10	1.00	0.70	1.06	0.36
1703.52	T= 100 años	94.7	3.71	0.34	0.09	1.00	0.60	1.01	0.41
1667.17	T= 100 años	94.7	4.25	0.34	0.09	1.00	0.70	1.08	0.38
1639.88	T= 100 años	94.7	4.02	0.34	0.08	1.00	0.60	1.30	0.70
1619.95	T= 100 años	94.7	4.84	0.34	0.06	1.00	0.60	1.08	0.48
1594.55	T= 100 años	94.7	4.29	0.34	0.06	1.00	0.60	1.06	0.46
1579.99	T= 100 años	94.7	4.57	0.34	0.05	1.00	0.60	0.99	0.39
1563.21	T= 100 años	94.7	5.00	0.34	0.04	1.00	0.60	1.17	0.57

1534.47	T= 100 años	94.7	5.33	0.34	0.04	1.00	0.50	1.10	0.60
1499.14	T= 100 años	94.7	4.86	0.34	0.05	1.00	0.60	0.93	0.33
1486.15	T= 100 años	94.7	4.87	0.34	0.05	1.00	0.60	0.79	0.19
1473.46	T= 100 años	94.7	4.79	0.34	0.05	1.00	0.60	0.61	0.01
1458.47	T= 100 años	94.7	4.82	0.34	0.05	1.00	0.60	0.62	0.02

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO VIII

COSTO, PRESUPUESTO Y PROGRAMACION DE OBRA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO VIII

8. COSTO, PRESUPUESTO Y PROGRAMACION DE OBRA

8.1 PRESUPUESTO

En el presente proyecto se analizó el costo de la Alternativa seleccionada de **DEFENSA RIBEÑA (Muro de Contensión en Voladizo de Concreto Armado)** y el tiempo de su respectivo tiempo de ejecución, utilizando el **Software S10** para los presupuestos con sus respectivas partidas y análisis de costos unitarios.

Además, se realizó las correspondientes planillas de metrados de todas las actividades que participan y su correspondiente precio unitario actualizado como son: mano de obra, hora maquina e insumos. Considerando además rendimientos actuales en parámetros de construcción (**CAPECO**) el cual conllevo al desarrollo del proyecto en el rio Socabaya.

8.2 METRADOS

Una vez contando ya con las partidas necesarias para la elaboración de los diferentes tipos de defensas ribereñas, se procedió a realizar sus correspondientes metrados con apoyo de los planos generales y detallados de elaboración propia.

Con respecto a los volúmenes de tierra se presenta el metrado con la ayuda del **Software Civil 3D**.

8.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

La ejecución de los análisis de precios unitarios (**APU**) del presente proyecto, se han desarrollado conforme a los precios actuales y rendimientos reales. Los mismos que se presentan en el **programa de presupuestos S10**, adjuntos en este capítulo.

8.4 GASTOS GENERALES

Para la estimación de los gastos generales se consideró todas las necesidades para atender las diferentes etapas del proyecto entre ellas tenemos.

- **Movilización y desmovilización**

Se consideró el costo correspondiente para la movilización y desmovilización de equipos hacia el lugar de obra acorde al mercado y la demanda

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Tarifa de equipo**

  Se analizó los precios de equipo a emplear en el proyecto considerando la capacidad, potencia y gastos por costos de posesión.

- **Gastos de personal administrativo e implementación**

  En todo proyecto se considera los gastos económicos para el personal que llevara y controlara el proyecto, como también gastos de mobiliario, seguridad de obra, etc.

- **Gastos por flete de insumos de obra**

  El proyecto se ubicará en una zona accesible a la adquisición de materiales mas no para insumos, por ende se ha considerado la necesidad de proyectar un gasto para cubrir dicho gasto por flete de dichos recursos.

8.5 UTILIDADES

Como toda ejecución de proyecto, el fin último es atender económicamente el proyecto como también retribuir al proyectista del proyecto. El costo de la utilidad es variable de acuerdo a la envergadura del proyecto. En este proyecto será de 7% con relación al costo directo.

8.6 PRESUPUESTO GENERAL

Con toda la información ya establecida anteriormente en este capítulo IX se procedió a realizar el presupuesto de los muros de contención en voladizo de concreto armado. Cuyo monto de Costo Directo asciende a la suma de: S/. 2, 500,432.29 (**DOS MILLONES QUINIENTOS MIL CUATROCIENTOS TRENTIDOS Y 29/100 NUEVOS SOLES**)

8.7 PROGRAMACIÓN Y PLANEAMIENTO DE LA OBRA

La programación de obra se ha elaborado tomando en consideración el correspondiente proceso constructivo para los Muros de Contención de Concreto Armado. Siendo un periodo de 6 meses calendario para la culminación del proyecto, como se aprecia en la programación de obra y adjunta en el tomo II.

METRADOS DE MOVIMEINTO DE TIERRA (CORTE)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROG	ÁREA CORTE (m2)	A PROM (m2)	DISTANCIA (m)	Vol (m3)
0+000	10.22	9.76	10	97.63
0+010	9.30	9.24	10	92.45
0+020	9.19	10.34	10	103.36
0+030	11.49	11.49	10	114.93
0+040	11.50	11.50	10	114.99
0+050	11.50	11.51	10	115.09
0+060	11.52	12.83	10	128.26
0+070	14.13	10.16	10	101.56
0+080	6.18	7.90	10	78.97
0+090	9.61	9.58	10	95.84
0+100	9.55	9.53	10	95.29
0+110	9.50	7.48	10	74.79
0+120	5.45	5.84	10	58.38
0+130	6.22	7.91	10	79.12
0+140	9.60	9.60	10	95.96
0+150	9.59	9.42	10	94.15
0+160	9.24	9.30	10	92.98
0+170	9.35	9.89	10	98.93
0+180	10.43	9.90	10	98.98
0+190	9.36	7.82	10	78.24
0+200	6.28	7.69	10	76.92
0+210	9.10	9.16	10	91.56
0+220	9.21	7.64	10	76.42
0+230	6.07	6.33	10	63.33
0+240	6.59	6.54	10	65.43
0+250	6.49	6.54	10	65.36
0+260	6.58	5.72	10	57.21
0+270	4.86	4.83	10	48.26
0+280	4.79	4.72	10	47.22
0+290	4.65	4.68	10	46.84
0+300	4.71	4.58	10	45.77
0+310	4.44	4.48	10	44.79
0+320	4.52	4.45	10	44.48
0+330	4.38	4.23	10	42.26
0+340	4.08	3.92	10	39.20
0+350	3.77	3.86	10	38.64
0+360	3.96	3.93	10	39.27
0+370	3.89	4.09	10	40.91
0+380	4.29	4.55	10	45.45
0+390	4.80	5.20	10	52.01
0+400	5.60	4.91	10	49.12
0+410	4.22	4.09	10	40.93

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

0+420	3.96	3.83	10	38.33
0+430	3.70	3.85	10	38.52
0+440	4.00	3.82	10	38.18
0+450	3.63	3.81	10	38.11
0+460	3.99	5.32	10	53.19
0+470	6.65	7.29	10	72.88
0+480	7.93	6.57	10	65.70
0+490	5.21	4.63	10	46.31
0+500	4.05	4.05	10	40.48

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRA (RELLENO)

PROG	ÁREA RELLENO (m2)			A PROM (m2)	DISTANCIA (m)	Vol (m3)
	ÁREA 1 (m2)	ÁREA 2 (m2)	TOTAL (m2)			
0+000	16.08	2.77	18.85	18.90	10	189.05
0+010	16.35	2.61	18.96	18.73	10	187.31
0+020	15.98	2.53	18.51	27.87	10	278.70
0+030	34.67	2.56	37.23	36.12	10	361.15
0+040	32.43	2.57	35.00	36.12	10	361.17
0+050	34.67	2.57	37.24	37.25	10	372.47
0+060	34.67	2.59	37.26	37.12	10	371.18
0+070	34.54	2.44	36.98	25.84	10	258.41
0+080	12.90	1.81	14.70	15.44	10	154.41
0+090	14.35	1.83	16.18	17.70	10	176.97
0+100	17.12	2.10	19.22	20.04	10	200.38
0+110	19.01	1.85	20.86	17.80	10	178.04
0+120	13.35	1.40	14.75	11.34	10	113.42
0+130	6.75	1.19	7.94	13.60	10	135.99
0+140	17.10	2.16	19.26	19.80	10	198.05
0+150	18.36	1.98	20.35	19.37	10	193.68
0+160	16.54	1.85	18.39	19.22	10	192.24
0+170	17.53	2.53	20.06	19.65	10	196.50
0+180	16.50	2.74	19.24	19.72	10	197.16
0+190	17.68	2.51	20.19	17.87	10	178.66
0+200	13.57	1.97	15.54	17.50	10	174.98
0+210	17.01	2.44	19.46	19.21	10	192.11
0+220	16.46	2.51	18.96	18.63	10	186.33
0+230	16.43	1.87	18.30	18.11	10	181.09
0+240	16.05	1.87	17.92	17.14	10	171.41
0+250	14.50	1.87	16.37	17.19	10	171.88
0+260	16.14	1.87	18.01	15.83	10	158.32
0+270	12.16	1.50	13.65	13.37	10	133.70
0+280	11.60	1.49	13.09	12.50	10	124.95

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

0+290	10.37	1.53	11.90	12.03	10	120.27
0+300	10.90	1.25	12.15	11.06	10	110.58
0+310	8.45	1.51	9.97	10.28	10	102.81
0+320	9.10	1.50	10.60	10.65	10	106.52
0+330	9.28	1.43	10.71	9.54	10	95.45
0+340	6.86	1.52	8.38	7.32	10	73.24
0+350	4.88	1.38	6.27	9.28	10	92.80
0+360	10.92	1.37	12.29	9.96	10	99.61
0+370	6.28	1.35	7.63	7.98	10	79.83
0+380	6.89	1.45	8.34	9.35	10	93.53
0+390	8.78	1.59	10.37	10.91	10	109.12
0+400	10.04	1.41	11.45	8.72	10	87.15
0+410	4.96	1.02	5.98	6.59	10	65.94
0+420	6.01	1.20	7.21	6.65	10	66.51
0+430	4.71	1.38	6.09	6.79	10	67.95
0+440	6.29	1.21	7.50	6.80	10	68.02
0+450	4.80	1.30	6.11	6.93	10	69.29
0+460	6.55	1.20	7.75	10.10	10	101.01
0+470	10.95	1.50	12.45	9.75	10	97.46
0+480	5.62	1.42	7.04	8.47	10	84.69
0+490	7.98	1.92	9.90	7.90	10	79.00
0+500	4.66	1.24	5.90	5.90	10	59.04

METRADO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS (DESCOLMATACION)

PROG	ÁREA (m2)	A PROM (m2)	DISTANCIA (m)	Vol (m3)
0+000	81.58	40.79	10.00	407.88
0+010	0.00	0.00	10.00	0.00
0+020	0.00	0.00	10.00	0.00
0+030	0.00	0.00	10.00	0.00
0+040	0.00	0.00	10.00	0.00
0+050	0.00	0.00	10.00	0.00
0+060	0.00	0.00	10.00	0.00
0+070	0.00	10.57	10.00	105.73
0+080	21.15	10.57	10.00	105.73
0+090	0.00	0.00	10.00	0.00
0+100	0.00	0.00	10.00	0.00
0+110	0.00	0.00	10.00	0.00
0+120	0.00	16.80	10.00	167.96
0+130	33.59	44.07	10.00	440.66
0+140	54.54	38.49	10.00	384.95
0+150	22.45	11.22	10.00	112.25
0+160	0.00	0.00	10.00	0.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

0+170	0.00	25.62	10.00	256.16
0+180	51.23	66.60	10.00	666.02
0+190	81.97	78.49	10.00	784.87
0+200	75.00	37.50	10.00	375.02
0+210	0.00	33.78	10.00	337.81
0+220	67.56	55.88	10.00	558.75
0+230	44.19	62.87	10.00	628.66
0+240	81.54	62.82	10.00	628.16
0+250	44.09	36.80	10.00	367.97
0+260	29.50	22.96	10.00	229.55
0+270	16.41	8.20	10.00	82.04
0+280	0.00	0.00	10.00	0.00
0+290	0.00	0.00	10.00	0.00
0+300	0.00	18.93	10.00	189.34
0+310	37.87	42.26	10.00	422.58
0+320	46.65	67.41	10.00	674.11
0+330	88.18	92.00	10.00	919.98
0+340	95.82	85.25	10.00	852.53
0+350	74.69	75.16	10.00	751.57
0+360	75.63	71.96	10.00	719.58
0+370	68.29	75.80	10.00	757.99
0+380	83.31	83.94	10.00	839.39
0+390	84.57	94.12	10.00	941.22
0+400	103.68	94.76	10.00	947.59
0+410	85.84	75.14	10.00	751.40
0+420	64.44	52.55	10.00	525.53
0+430	40.67	36.60	10.00	366.04
0+440	32.54	33.40	10.00	334.01
0+450	34.26	57.59	10.00	575.88
0+460	80.91	85.92	10.00	859.16
0+470	90.92	68.09	10.00	680.93
0+480	45.27	74.20	10.00	741.95
0+490	103.12	103.37	10.00	1033.74
0+500	103.62	103.62	10.00	1036.23

RESUMEN

VOLÚMEN DE CORTE	**3502.88 m3**
VOLÚMEN DE RELLENO	**7919.38 m3**
VOLÚMEN DE DESCOLMATACIÓN	**21560.83 m3**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Metrado Muro en Voladizo de Concreto Armado H=3.0 m

ELEMENTO	DISEÑO ELEMENTO	Ø	NUMERO ELEMENTOS IGUALES	LONG. POR PZA (m)	LONGITUD (METROS LINEALES DE VARILLAS)					
					1/4" (2)	3/8" (3)	1/2" (4)	5/8" (5)	3/4" (6)	1" (7)
					m	m	m	m	m	m
PANTALLA POSTERIOR										
		4	34	3.52	0	0	119.68	0	0	0
		5	12	9.85	0	0	0	118.2	0	0
		4	1	9.85	0	0	9.85	0	0	0
PANTALLA ANTERIOR										
		6	41	3.52	0	0	0	0	144.32	0
		5	12	9.85	0	0	0	118.2	0	0
		4	1	9.85	0	0	9.85	0	0	0
MALLA INFERIOR										
		5	34	2.72	0	0	0	92.48	0	0
		5	8	9.85	0	0	0	78.8	0	0
MALLA SUPERIOR										
		5	34	2.72	0	0	0	92.48	0	0
		5	4	9.85	0	0	0	39.4	0	0
DENTILLON										
		3	100	1.91	0	191.00	0	0	0	0
		3	6	9.85	0	59.10	0	0	0	0
		4	34	1.10	0	0	37.4	0	0	0
		6	41	2.10	0	0	0	0	86.1	0
LONGITUD (m)					0.00	250.10	176.78	539.56	230.42	0.00
PESO (Kg/m)					0.25	0.56	0.99	1.56	2.24	4.04
#2					0					
#3						140.056				
#4							175.01			
#5								841.71		
#6									516.14	
#7										0
Desperdicios					0.00	14.01	17.50	84.17	51.61	0.00
PESO TOTAL (Kg)					1840.21					

PARTIDA	CONCRETO ZAPATA Fc = 210 kg/cm2				UNIDAD	M3
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	
	Muro Contención Zapata I	14.00	10.00	2.50	0.50	12.50
					Total	**175.00**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PARTIDA	**CONCRETO PANTALLA Fc = 210 kg/cm2**				UNIDAD	M3
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	
	Muro Contención Pantalla I	14.00	10.00	0.40	3.50	12.25
					Total	**171.50**

PARTIDA	**CONCRETO DENTILLON Fc = 210 kg/cm2**				UNIDAD	M3
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	
	Dentillon	14.00	10.00	0.40	0.50	2.00
					Total	**28.00**

PARTIDA	**JUNTA DE CONSTRUCCION DE WATER STOP**				UNIDAD	M
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	
		26.00	10.00		4.00	
					Total	**104.00**

PARTIDA	**ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ZAPATA**				UNIDAD	M2
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	
	Zapata Posterior	14.00	10.00		0.50	10.00
	Zapata Anterior	14.00		2.50	0.50	2.50
					Total	**175.00**

PARTIDA	**ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PANTALLA**				UNIDAD	M2
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	
	Pantalla Posterior	14.00	10.00	0.40	3.50	2.45
	Pantalla Anterior	14.00	10.00		3.50	70.03
					Total	**1014.70**

PARTIDA	**TRAZO Y REPLANTEO**				UNIDAD	M2
Grafico	Descripción	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	
	Trazo y replanteo	14.00	10.00	2.50		25.00
					Total	**350.00**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Resumen total

ITEM	H=3.0 m L=140 m	H=4.0 m L=110 m	H=5.0 m L=80 m	H=6.0 m L=120 m	H=7.5 m L=50 m	TOTAL
CONCRETO (M3)	374.50	390.50	403.20	901.80	483.50	2553.50
ACERO (KG)	25763.01	35285.12	28301.41	48252.17	23744.94	161346.65
ENCOFRADO (M2)	1189.70	1173.58	1068.16	1945.06	981.40	6357.90

Resumen Presupuesto

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	**OBRAS PROVICIONALES Y PRELIMINARES**				**26,298.72**
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.6 X 2.4 m	und	1.00	1,500.00	1,500.00
01.02	CASETA ADICIONAL P/GUARDIANIA Y/DEPOSITO	m2	42.00	128.82	5,410.44
01.03	CERCO PROVICIONAL DE OBRA C/MALLA ARPILLERA	m	1,000.00	14.55	14,550.00
01.04	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	glb	1.00	4,838.28	4,838.28
02	**TRABAJOS PRELIMINRES**				**12,064.40**
02.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	1,788.00	2.80	5,006.40
02.02	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	1,788.00	3.50	6,258.00
02.03	AGUA PARA LA OBRA	glb	1.00	800.00	800.00
03	**SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA**				**24,000.00**
03.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
03.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb	1.00	12,000.00	12,000.00
03.03	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
03.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	3,000.00	3,000.00
03.05	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
04	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**				**170,590.60**
04.01	DESCOLMATACION CON MAQUINARIA	m3	21,560.83	4.14	89,261.84
04.02	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINA EN MATERIAL CONGLOMERADO	m3	3,502.88	8.32	29,143.96
04.03	NIVELACION INT. Y APISONADO MANUAL	m2	1,788.00	5.49	9,816.12
04.04	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	7,919.38	5.35	42,368.68
05	**CONCRETO ARMADO**				**2,219,486.41**
05.01	CONCRETO MURO F'C=210 KG/CM2	m3	2,553.50	433.73	1,107,529.56
05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARA VISTA	m2	6,357.90	53.59	340,719.86
05.03	ACERO ESTRUCTURAL TRABAJADO PARA MUROS FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	161,346.65	4.78	771,236.99
06	**JUNTAS**				**24,514.16**
06.01	JUNTAS DE DILATACION EN MURO	m	469.80	52.18	24,514.16
07	**LIMPIEZA FINAL DE OBRA**				**6,258.00**
07.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	1,788.00	3.50	6,258.00
08	**OTROS**				**17,220.00**
08.01	DRENAJE DE MURO CON TUEBRIA 4 PULGADAS	m	500.00	34.44	17,220.00
	COSTO DIRECTO				**2,500,432.29**
	GASTOS GENERALES (10% CD)				**250,043.23**
	UTILIDADES (7% CD)				**175,030.26**
	SUB TOTAL				**2,925,505.78**
	IGV (18%)				**526,591.04**
	PRESUPUESTO TOTAL				**3,452,096.82**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003001 PROYECTO DE DEFENSAS RIBEREÑAS - MUROS DE CONTENSION
Subpresupuesto 001 PROYECTO DE DEFENSAS RIBEREÑAS - MUROS DE CONTENSION Fecha presupuesto 17/03/2017
Partida 01.01 CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.6 X 2.4 m

Rendimiento und/DIA 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : und 1,500.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
02901500080003	CARTEL DE OBRA TIPO BANNER	und		1.0000	1,500.00	1,500.00
						1,500.00

Partida 01.02 CASETA ADICIONAL P/GUARDIANIA Y/DEPOSITO

Rendimiento m2/DIA 40.0000 EQ. 40.0000 Costo unitario directo por : m2 128.82

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0200	22.11	0.44
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.4000	20.10	8.04
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.4000	16.50	6.60
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.8000	14.84	11.87
						26.95
	Materiales					
0204120004	CLAVOS CON CABEZAS 1/2", 3", 4"	kg		0.1500	2.64	0.40
0207030001	HORMIGON	m3		0.0650	40.02	2.60
0231010003	MADERA TORNILLO P/ENCOFRADO	p2		3.8000	6.51	24.74
0231050001 0007	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 2 mm	pln		0.5500	86.03	47.32
0231050002	CALAMINA GALVANIZADA 1.83 X 0.83 X 0.22	pln		0.9000	25.00	22.50
0271050139	ARPILLERA DE POLIETILENO DE 2M DE AL	m		1.0000	3.50	3.50
						101.06
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	26.95	0.81
						0.81

Partida 01.03 CERCO PROVICIONAL DE OBRA C/MALLA ARPILLERA

Rendimiento m/DIA 50.0000 EQ. 50.0000 Costo unitario directo por : m 14.55

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0160	22.11	0.35
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1600	16.50	2.64
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.4800	14.84	7.12
						10.11
	Materiales					
0204010002 0001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	2.46	0.12
0271050139	ARPILLERA DE POLIETILENO DE 2M DE AL	m		0.0051	3.50	0.02
0271050140	PUNTALES DE EUCALIPTO DE 3,0M	pza		0.4000	10.00	4.00
						4.14
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	10.11	0.30
						0.30

Partida 01.04 MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA

Rendimiento glb/DIA 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb 4,838.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	6.0000	48.0000	14.84	712.32
0101010006 0001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	4.0000	32.0000	20.12	643.84
						1,356.16
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,356.16	40.68
0301220001 0004	CAMION VOLQUETE 4 X 2 140 - 210 HP 6M3	hm	1.0000	8.0000	169.19	1,353.52
0301220001 0005	CAMION PLATAFORMA 4 X 2 140-210 HP 19 T	hm	1.0000	8.0000	260.99	2,087.92
						3,482.12

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida **02.01** **TRAZO Y REPLANTEO**

Rendimiento **m2/DIA** **450.0000** EQ. **450.0000** Costo unitario directo por : m2 **2.80**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0018	22.11	0.04
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0533	14.84	0.79
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0178	22.66	0.40
						1.23
	Materiales					
02130300010002	YESO EN BOLSAS DE 25 KG	bol		0.0600	15.20	0.91
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0470	4.96	0.23
						1.14
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0178	12.34	0.22
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	1.0000	0.0178	9.80	0.17
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.23	0.04
						0.43

Partida **02.02** **LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL**

Rendimiento **m2/DIA** **110.0000** EQ. **110.0000** Costo unitario directo por : m2 **3.50**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0073	22.11	0.16
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.2182	14.84	3.24
						3.40
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.40	0.10
						0.10

Partida **02.03** **AGUA PARA LA OBRA**

Rendimiento **glb/DIA** **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **800.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0290130022	AGUA	glb		1.0000	800.00	800.00
						800.00

Partida **03.01** **ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD**

Rendimiento **glb/DIA** **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **2,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0258040019	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMI	glb		1.0000	2,000.00	2,000.00
						2,000.00

Partida **03.02** **EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL**

Rendimiento **glb/DIA** **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **12,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0258040020	EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL	glb		1.0000	12,000.00	12,000.00
						12,000.00

Partida **03.03** **EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA**

Rendimiento **glb/DIA** **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **5,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0258040021	EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA	glb		1.0000	5,000.00	5,000.00
						5,000.00

Partida **03.04** **SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD**

Rendimiento **glb/DIA** **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **3,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0258040022	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAI	glb		1.0000	3,000.00	3,000.00
						3,000.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida **03.05** **CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD**

Rendimiento **glb/DIA** **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **2,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0258040023	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb		1.0000	2,000.00	2,000.00
						2,000.00

Partida **04.01** **DESCOLMATACION CON MAQUINARIA**

Rendimiento **m3/DIA** **1,800.0000** EQ. **1,800.0000** Costo unitario directo por : m3 **4.14**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0044	22.11	0.10
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.0044	20.12	0.09
						0.19
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.19	0.01
03011800020002	TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP	hm	2.0000	0.0089	443.16	3.94
						3.95

Partida **04.02** **EXCAVACION MASIVA CON MAQUINA EN MATERIAL CONGLOMERADO**

Rendimiento **m3/DIA** **400.0000** EQ. **400.0000** Costo unitario directo por : m3 **8.32**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0200	16.50	0.33
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0600	14.84	0.89
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0200	20.12	0.40
						1.62
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.62	0.05
03011700010005	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 170-250 HP	hm	1.0000	0.0200	332.36	6.65
						6.70

Partida **04.03** **NIVELACION INT. Y APISONADO MANUAL**

Rendimiento **m2/DIA** **100.0000** EQ. **100.0000** Costo unitario directo por : m2 **5.49**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	22.11	0.18
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0800	20.10	1.61
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	14.84	1.19
						2.98
	Materiales					
0204120005	CLAVOS CON CABEZA DE 3"	kg		0.0100	2.46	0.02
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0300	4.96	0.15
						0.17
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.98	0.09
0301100008	COMPACTADOR VIBRATORIA TIPO PLANC	hm	1.0000	0.0800	28.15	2.25
						2.34

Partida **04.04** **RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO**

Rendimiento **m3/DIA** **850.0000** EQ. **850.0000** Costo unitario directo por : m3 **5.35**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0009	22.11	0.02
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0094	16.50	0.16
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0188	14.84	0.28
						0.46
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.46	0.01
0301040004	MOTOBOMBA 3.5 HP 2"	hm	1.0000	0.0094	6.05	0.06
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPUL	hm	1.0000	0.0094	151.39	1.42
03012000010004	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0094	207.93	1.95
0301220009	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 2,000 GL	hm	1.0000	0.0094	154.51	1.45
						4.89

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida **05.01** **CONCRETO MURO F'C=210 KG/CM2**

Rendimiento **m3/DIA** **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : m3 **433.73**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0800	22.11	1.77
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	20.10	32.16
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	16.50	26.40
0101010005	PEON	hh	10.0000	8.0000	14.84	118.72
						179.05
	Materiales					
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.5300	51.34	27.21
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5200	42.34	22.02
0207070002	AGUA, INCLUYE TRANSPORTE A PIE DE O	m3		0.1850	15.00	2.78
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.7400	18.65	181.65
						233.66
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	179.05	5.37
0301290010006	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.8000	6.81	5.45
0301290005	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	1.0000	0.8000	12.75	10.20
						21.02

Partida **05.02** **ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARA VISTA**

Rendimiento **m2/DIA** **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : m2 **53.59**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0800	22.11	1.77
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	20.10	16.08
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.8000	16.50	13.20
						31.05
	Materiales					
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.1200	2.46	0.30
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE	kg		0.2200	2.64	0.58
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		4.1800	4.96	20.73
						21.61
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	31.05	0.93
						0.93

Partida **05.03** **ACERO ESTRUCTURAL TRABAJADO PARA MUROS FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60**

Rendimiento **kg/DIA** **150.0000** EQ. **150.0000** Costo unitario directo por : kg **4.78**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0053	22.11	0.12
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	20.10	1.07
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	16.50	0.88
						2.07
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0700	2.46	0.17
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRA	kg		1.0500	2.36	2.48
						2.65
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.07	0.06
						0.06

Partida **06.01** **JUNTAS DE DILATACION EN MURO**

Rendimiento **m/DIA** **80.0000** EQ. **80.0000** Costo unitario directo por : m **52.18**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0100	22.11	0.22
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	16.50	1.65
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.1000	14.84	1.48
						3.35
	Materiales					
0210060002	WATER STOP 5/8"	m		1.0500	46.41	48.73
						48.73
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.35	0.10
						0.10

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida **07.01** **LIMPIEZA FINAL DE OBRA**

Rendimiento **m2/DIA** **110.0000** EQ. **110.0000** Costo unitario directo por : m2 **3.50**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0073	22.11	0.16
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.2182	14.84	3.24
						3.40
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.40	0.10
						0.10

Partida **08.01** **DRENAJE DE MURO CON TUEBRIA 4 PULGADAS**

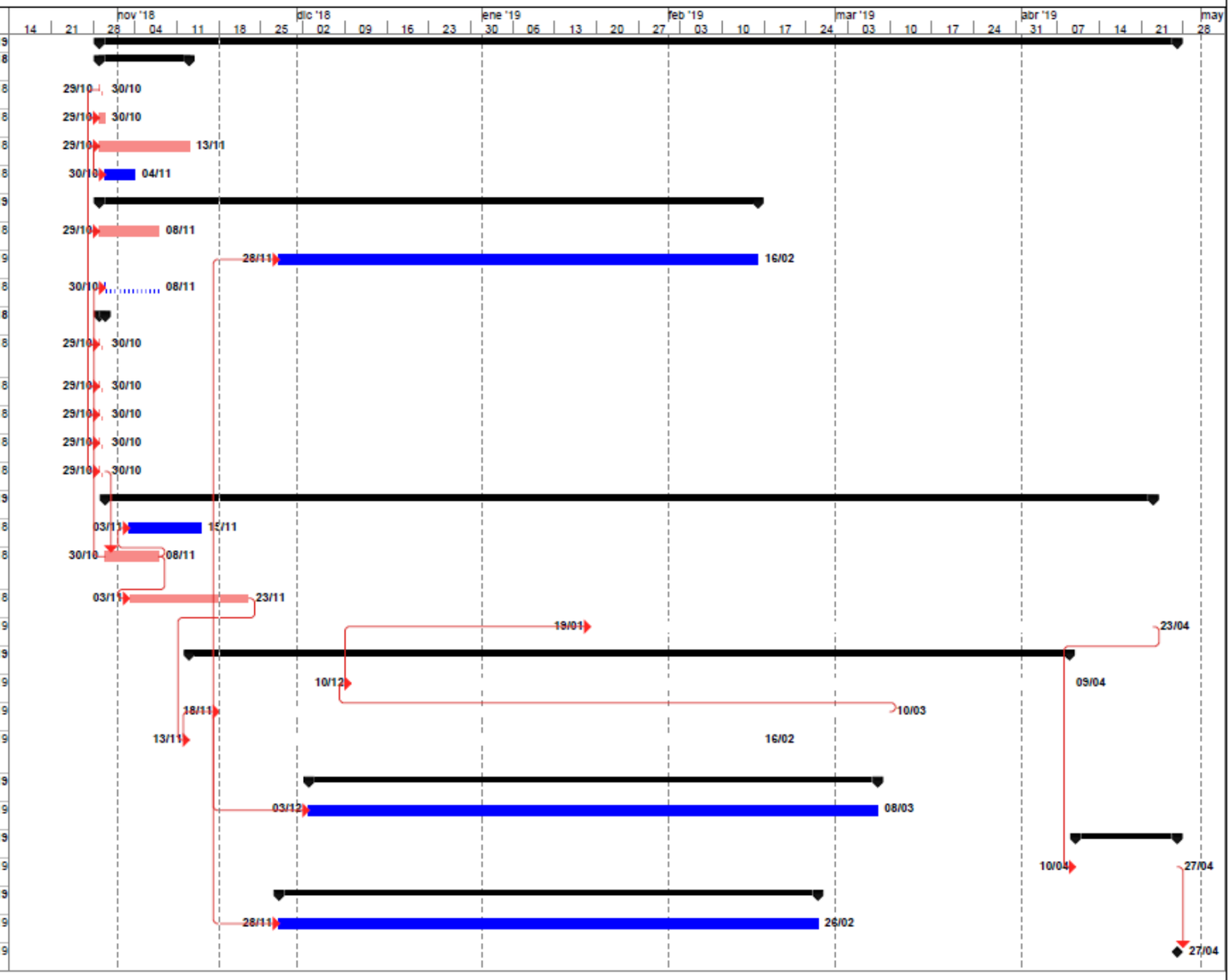
Rendimiento **m/DIA** **45.0000** EQ. **45.0000** Costo unitario directo por : m **34.44**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1778	20.10	3.57
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.3556	14.84	5.28
						8.85
	Materiales					
0207010009	GRAVILLA	m3		0.3400	45.00	15.30
0246250002	TUBO PVC SAL 4" X 3M	pza		0.5000	20.03	10.02
						25.32
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	8.85	0.27
						0.27

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO APLICADO A LA DELIMITACIÓN DE LA FAJA MARGINAL YUMINA – SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES EN MÁXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE

Id	Descripción Partida	Duración	Inicio	Fin
1	**MURO DE CONTENCION**	**180 días?**	**lun 29/10/18**	**sáb 27/04/19**
2	**OBRAS PROVICIONALES Y PRELIMINARES**	**15 días?**	**lun 29/10/18**	**mar 13/11/18**
3	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.6 X 2.4 m	1 día?	lun 29/10/18	mar 30/10/18
4	CASETA ADICIONAL P/GUARDIANIA Y/DEPOSITO	1 día	lun 29/10/18	mar 30/10/18
5	CERCO PROVICIONAL DE OBRA C/MALLA ARPILLERA	15 días	lun 29/10/18	mar 13/11/18
6	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	5 días	mar 30/10/18	dom 04/11/18
7	**TRABAJOS PRELIMINARES**	**110 días**	**lun 29/10/18**	**sáb 16/02/19**
8	TRAZO Y REPLANTEO	10 días	lun 29/10/18	jue 08/11/18
9	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	80 días	mié 28/11/18	sáb 16/02/19
10	AGUA PARA LA OBRA	9 días	mar 30/10/18	jue 08/11/18
11	**SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA**	**1 día?**	**lun 29/10/18**	**mar 30/10/18**
12	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD	1 día?	lun 29/10/18	mar 30/10/18
13	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	1 día?	lun 29/10/18	mar 30/10/18
14	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	1 día?	lun 29/10/18	mar 30/10/18
15	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	1 día?	lun 29/10/18	mar 30/10/18
16	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	1 día?	lun 29/10/18	mar 30/10/18
17	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**	**175 días?**	**mar 30/10/18**	**mar 23/04/19**
18	DESCOLMATACION CON MAQUINARIA	12 días?	sáb 03/11/18	jue 15/11/18
19	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINA EN MATERIAL CONGLOMERADO	9 días?	mar 30/10/18	jue 08/11/18
20	NIVELACION INT. Y APISONADO MANUAL	20 días	sáb 03/11/18	vie 23/11/18
21	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIA	94 días	sáb 19/01/19	mar 23/04/19
22	**CONCRETO ARMADO**	**147 días**	**mar 13/11/18**	**mar 09/04/19**
23	CONCRETO MURO FC=210 KG/CM2	120 días	lun 10/12/18	mar 09/04/19
24	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARA VISTA	112 días	dom 18/11/18	dom 10/03/19
25	ACERO ESTRUCTURAL TRABAJADO PARA MUROS FY=4200 kg/cm2 GRADO 60	95 días	mar 13/11/18	sáb 16/02/19
26	**JUNTAS**	**95 días**	**lun 03/12/18**	**vie 08/03/19**
27	JUNTAS DE DILATACION EN MURO	95 días	lun 03/12/18	vie 08/03/19
28	**LIMPIEZA FINAL DE OBRA**	**17 días?**	**mié 10/04/19**	**sáb 27/04/19**
29	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	17 días?	mié 10/04/19	sáb 27/04/19
30	**OTROS**	**90 días**	**mié 28/11/18**	**mar 26/02/19**
31	DRENAJE DE MURO CON TUBERIA 4 PULGADAS	90 días	mié 28/11/18	mar 26/02/19
32	FIN	0 días	sáb 27/04/19	sáb 27/04/19



Proyecto: Cronograma

Tarea	Tareas externas	solo duración	Tareas externas	Fecha límite			
División	Hito externo	Informe de resumen manual	Hito externo				
Hito	Hito inactivo	Resumen manual	Tareas críticas				
Resumen	Resumen inactivo	solo el comienzo	División crítica				
Resumen del proyecto	Tarea manual	solo fin	Progreso				

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO IX

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO IX

9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

9.1 CALIDAD AGRÍCOLA DEL SUELO

El análisis de estudio de impacto ambiental actual del área del proyecto comprende componentes generales como físicos, bióticos, así mismo como los recursos socioeconómicos que influyen en el desarrollo en ambas márgenes del rio Socabaya.

El distrito de Socabaya es un distrito que forma parte del Ecosistema de Arequipa Metropolitana, en la cual uno de sus componentes ambientales fundamentales es el recurso hídrico (**Rio Socabaya**) y los suelos para la actividad Agrícola que componen la denominada Campiña Arequipeña. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

La alta calidad agrologica que se presenta en el distrito de Socabaya es una de sus características más importantes.

Cuadro Nro. 9.1.1 Área Agrícola

AMBITO	HECTAREAS	PORCENTAJE
AREQUIPA	9,356.56	100%
SOCABAYA	910.42	9.70%

Fuente: GEO AREQUIPA

Entre los distritos que poseen sus áreas agrícolas con alta calidad agrologica, Socabaya se ubica en el tercer lugar como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro Nro. 9.1.2 Calidad Agrologica Alta

DISTRITO	HAS.
TIABAYA	1128.67
SABANDIA	1054.3
SOCABAYA	910.42
CHARACATO	507.23
J.L. BUSTAMANTE	469.4
PAUCARPATA	233.1
AREQUIPA	124.14

Fuente: GEO AREQUIPA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

9.2 PRINCIPALES RIESGOS AMBIENTALES

9.2.1 Contaminación del aire

La ciudad de Arequipa es una de las ciudades del Perú que presenta los más altos índices de contaminación del aire, debido a varios factores entre ellos tenemos:

- Factores naturales (emisiones de los volcanes)
- Factores producidos por el hombre (actividad industrial y de transporte)

9.2.2 Contaminación del agua

En cuanto se refiere al rio Socabaya, la presencia de desagües crudos directamente al rio es la principal fuente de origen de contaminación que año a año se agudiza, especialmente en el sector el pasto ya que se observó la presencia de residuos sólidos, lo que evidencia un grado de contaminación de moderado a alto.

9.3 ASPECTOS SOCIOCULTURALES

Según la composición de la población por edad y sexo, de la fuente del INEI (**Instituto de Nacional de Estadística e Informática**) la población de 0 a 24 años representa el 45,29 %, de 25 a 49 años con 37.60 % luego la comprendida entre los 50 y 74 años, con 14.61 %, y finalmente los de 75 años a mas, con 2.5%. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

De acuerdo al género se puedo observar la ligera predominancia de las mujeres, que representan el 51.13 % en relación a los hombres, que representa el 48.87 %.

9.3.1 Población Rural y Urbana

En el Distrito de Socabaya es predominante el área urbana, ya que el 99.32 % de la misma vive en esta área, según la *"Distribución de la Población por Área de Residencia"*. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

9.3.2 Educación

Se pudo observar que en su mayoría las instituciones educativas son de gestión particular 57.90 %, en segundo lugar, se encuentra las instituciones educativas de gestión estatal 36.84%, las de gestión parroquial representa el 05.26 %. (PEDC – SOCABAYA, 2017)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

9.4 FACTORES AMBIENTALES

9.4.1 Características Físico Químicas

9.4.1.1 Impacto por la Calidad de aire

Para la realización de las Defensas Ribereñas (**Muros de concreto Armado en Voladizo**), la calidad del aire se verá afectada negativamente durante la etapa de construcción de la misma. A través de la suspensión del material (**polvo**) que se extenderá en un área determinado. Como también el funcionamiento de las maquinas necesarias para la realización del proyecto, incrementando las partículas provenientes de los sistemas de combustión interna, como consecuencia directa de las vías respiratorias de los trabajadores

9.4.1.2 Impacto por Generación de ruidos

Durante la etapa de construcción se generará diferentes tipos de ruido en el área del proyecto, como fuente directa de la maquinaria y equipo. Los niveles mayores de ruido se darán en los lugares de movimiento de tierras donde se generarán ruidos molestos.



Imagen Nro. 9.4.1.2 Lugar del área del proyecto para muro de concreto armado, margen Izquierda

9.4.1.3 Impacto por Contaminación de suelos

Consiste en como su nombre bien lo dice la contaminación del suelo ocasionado en la fase de construcción como en la de operación del proyecto. En la cual la mayor contaminación que se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

producirá será en el campamento de máquinas y taller, pero el área es restringida y de menor consideración, por lo que es un impacto simple.

El impacto será positivo ya que en la fase de operación se concentrará en la alteración de la cobertura arbórea de la zona del proyecto. Otras alteraciones serán la construcción de vías de acceso que serán impactos negativos, pero tendrán menor incidencia en el impacto por tratarse de ares menores.



Imagen Nro. 9.4.1.3 La contaminación del suelo es evidente en el área del proyecto

Por otra parte, la alteración de la calidad del suelo constituirá un impacto positivo debido a la alteración de la cobertura arbórea presente en la zona del proyecto. Además de poder disminuir la posibilidad de inundación en avenidas máximas. Como consecuencia del uso de máquinas es probable que tenga un efecto negativo, a través del derrame de combustible, lubricantes etc. Las que pueden producir en el área de trabajo a afines a las mismas.

9.4.1.4 Impactos en el agua

En la fase de operación se producirá una lenta depresión del nivel de agua es decir que el sub suelo será acondicionado a la calidad del suelo y a la cota del terreno, por lo tanto, conlleva un impacto positivo. Durante la fase de construcción se conformará varias actividades de limpieza y extracción por lo que se deberá realizar

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

un degradado del lecho del rio, así como también evitar la turbidez en la franja de construcción.



Imagen Nro. 9.4.1.4 Cobertura arbórea en la zona del proyecto

9.4.2 Condiciones Ecológicas

9.4.2.1 Impactos por factores biológicos

El área de flora y fauna se verá afectada en forma directa pero poco significativos más un ya que el de trabajo está condicionado al transido dxe3 aguas las que tendrá impactos tanto positivos como negativos. Por otro lado, no existen especies en peligro que afecte el proyecto en la fase de operación y construcción. Todo por el contrario los impactos positivos permitirán mejores controles de zonas arbóreas debido a la alteración del suelo.



Imagen Nro. 9.4.2.1 Condiciones de flora y fauna en la zona del proyecto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

9.5 FACTORES CULTURALES

9.5.1 Impactos Socioeconómicos

Uno de los impactos positivos en la zona del proyecto es la mejora de la agricultura, debido a que las nuevas características que se adquirirán permitirán una mejor explotación de la misma. Así como también un control adecuado de avenida máxima en el rio Socabaya.

Otro de los impactos positivos es los efectos sobre el paisaje, como componente estético en la etapa de operación. Pero la etapa de construcción sufrirá un efecto negativo por la actividad de acceso a la zona, la excavación y construcción de los muros de concreto armado en voladizo.

Durante la etapa de operación el efecto de la vista panorámica y paisaje será positivo, ya que tendrá un efecto estético en la zona aprovechando el paisaje agrícola más ordenado y uniforme.

un impacto positivo se verá en el incremento del empleo en el área de influencia de manera directa favoreciendo en la etapa de construcción y operación ya que beneficiará a proveedores de servicios como técnicos, transportistas, comerciantes etc.

El empleo favorecerá en parte de la población económicamente durante la etapa de construcción. Como también en la red de servicios, recuperación de áreas de inundación por el rio Socabaya.

En consecuencia, este proyecto de muros de concreto armado en Voladizo constituirá un avance importante influenciando de manera positivamente en la zona del proyecto y en el Distrito de Socabaya como ejemplo a aplicarse.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Imagen Nro. 9.5.1.1 Des colmatación del Rio Socabaya, confluencia del Rio Yarabamaba

9.6 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS SEGÚN LA MATRIZ DE LEOPOLD

De los impactos referiros anteriormente descritos tanto positivos y negativos se realizó en el cuadro siguiente la matriz de Leopold de Identificación de Impactos.

Cuadro Nro. 9.6.1 Clasificación de Impactos

Mínimo	14 - 28
Bajo	28 - 42
Medio	56 - 84
Alto	98 - 112
Muy Alto	126 - 140

Como consecuencia del estudio, atreves de la matriz de Leopol se obtuvo como resultado 28 y según la clasificación de Impactos, es **MINIMO** (**Efectos Mitigables**).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Nro. 9.6.2 Matriz de Leopold de Identificación de Impactos

IDENTIFICACION DE IMPACTOS - MATRIZ DE LEOPOLD - MURO EN VOLADIZO DE CONCRETO ARMADO

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

TESIS: "Modelamiento Hidrologico e Hidraulico Aplicado a la Faja Marginal Yumina - Socabaya (Km 12 + 500.00) y Proteccion contra Inundaciones en Maximas Avenidas en el Distrito de Socabaya, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa"

LEYENDA:

Importancia: Intensidad del Impacto, siendo maximo 10 y minimo 1.

Impacto Positivo(+) Impacto Negativo (-)

Rango:		
	1	Minimo
	2 y 3	Bajo
	4, 5 y 6	Medio
	7 y 8	Alto
	9 y 10	Muy Alto

					ETAPA DE CONSTRUCCION									ETAPA DE OPERACIÓN					
					Actividades Preliminares		Actividades Especificas												
					Limpieza y desbroce	Trazo y Replanteo	Instalacion de Campamento	Instalacion de Servicios de energia electrica, agua y letrinaas	Transporte de Materiales a la Obra	Movimiento de Tierras	Construccion de los Muros en Voladizo de Concreto Armado	Relleno con Material Propio	Sumatoria de la Etapa de Construccion	Mejora en la Agricultura de la Zona	Efectos sobre el Paisaje	Incremento en los Niveles de Empleo	Incremento en los Servicios	Sumatoria de la Etapa de Operación	Sumatoria de Impactos en la Etapa de Contruccion y Operacion
					1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4		
FACTORES AMBIENTALES	CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS	COMPONENTES		ATRIBUTOS															
		AIRE	1	Calidad	1 / -1			3 / -4	2 / -4	2 / -3	2 / -4	2 / -2	**12 / -18**					**0 / 0**	**12 / -18**
			2	Ruidos	/ -1	/ -2			1 / -4	1 / -4	1 / -5	1 / -1	**4 / -17**					**0 / 0**	**4 / -17**
		SUELOS	1	Compactacion de Suelos	1 / -2	1 / -3				1 / -2		1 / -1	**4 / -8**	5 / -2	5 / -3			**10 / -5**	**14 / -13**
			2	Erosion	1 / -1						1 / -1	1 / -1	**3 / -3**	4 / -1	3 / -1			**7 / -2**	**10 / -5**
			3	Estabilidad de Taludes							1 / -2		**1 / -2**					**0 / 0**	**1 / -2**
			4	Riesgos de Contaminacion				1 / -2	1 / -3	1 / -2	1 / -2	5 / -3	**9 / -12**	6 / -2	2 / -1			**8 / -3**	**17 / -15**
		AGUA	1	Variacion de Flujo									**0 / 0**					**0 / 0**	**0 / 0**
			2	Contaminacion de fuentes de Agua			1 / -1	3 / -2	1 / -3		1 / -3	3 / -1	**9 / -10**					**0 / 0**	**9 / -10**
	CONDICIONES ECOLOGICAS	FLORA	1	Cobertura Vegetal	1 / -2		1 / -2	3 / -1		1 / -2		4 / -1	**10 / -8**	6 / -1	5 / -1			**11 / -2**	**21 / -10**
			2	Ecosistema	1 / -2	1 / -1	1 / -1	3 / -2	2 / -4		1 / -2	2 / -2	**11 / -14**	6 / -1	5 / -1			**11 / -2**	**22 / -16**
		FAUNA	1	Habitats	2 / -2	1 / -2	1 / -2	2 / -4	2 / -2	2 / -2	1 / -2	4 / -2	**15 / -18**	4 / -1	4 / -1			**8 / -2**	**23 / -20**
			2	Diversidad	1 / -1	1 / -1	1 / -1	1 / -3	1 / -3	1 / -2	1 / -1	2 / -1	**9 / -13**					**0 / 0**	**9 / -13**
FACTORES CULTURALES	CONDICIONES SOCIALES	TERRITORIO	1	Vivienda									**0 / 0**					**0 / 0**	**0 / 0**
			2	Agricultura	1 / -1					1 / -1		4 / -1	**6 / -3**	4 / -6	3 / -1			**7 / -7**	**13 / -10**
			3	Ganaderia		1 / -1	1 / -1		1 / -1				**3 / -3**	4 / -5	3 / -1	1 / -1		**8 / -7**	**11 / -10**
			4	Zona Arqueologica									**0 / 0**					**0 / 0**	**0 / 0**
		ESTETICA	1	Paisaje	1 / -1	1 / -1	1 / -2	1 / -1	3 / -5	1 / -3	2 / -3	1 / -1	**11 / -17**	1 / -1	2 / -1	1 / -1	2 / -2	**6 / -5**	**17 / -22**
		NIVEL SOCIAL	1	Salud de la Poblacion			1 / -1		1 / -1				**2 / -2**	3 / -2				**3 / -2**	**5 / -4**
			2	Salud de Trabajadores					1 / -1			1 / -1	**2 / -2**	2 / -1		1 / -1		**3 / -2**	**5 / -4**
			3	Empleo	1 / -1	1 / -1		2 / -1	2 / -1		3 / -1	4 / -2	**13 / -7**	3 / -2			2 / -1	**5 / -3**	**18 / -10**
			4	Calidad de Vida	1 / -1	1 / -1						3 / -1	**5 / -3**	3 / -2		2 / -1		**5 / -3**	**10 / -6**
			5	Patrones Culturales								5 / -2	**5 / -2**					**0 / 0**	**5 / -2**
			6	Actividad Comercial					1 / -1			3 / -1	**4 / -2**	4 / -2				**4 / -2**	**8 / -4**
		SERVICIO	1	Red de Transporte					1 / -2		3 / -1	5 / -3	**9 / -6**	3 / -1				**3 / -1**	**12 / -7**
Sumatoria de los Impactos por Actividad					12 / -16	8 / -13	8 / -11	19 / -20	20 / -35	11 / -21	18 / -27	51 / -27	**147 / -170**	58 / -30	32 / -11	5 / -4	4 / -3	**99 / -48**	**246 / -218**

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO X

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 CONCLUSIONES

1. Se realizó los Estudios de Ingeniería básica, que permitieron obtener información para los **Modelamientos Hidrológicos e Hidráulicos** como también los diseños de protección contra Inundaciones como son: **Diques Enrocados, Gaviones, Muros de Gravedad y Muros en voladizo de Concreto Armado**.

2. Se recopilo información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (**IGN**) de la cual obtuvimos las cartas nacionales, **Hoja 33-T** y **Hoja 33-S** a escala 1: 100,000 con curvas a 50 m y datos hidrometereologicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (**SENAHMI**) y la Autoridad Autónoma de Majes (**AUTODEMA**) del año 1995 al año 2015.

3. Se delimito la cuenca del rio Socabaya, obteniendo Parámetros Físicos (Área de **509.883 Km²**, Perímetro de **118.876 Km**, Coeficiente de Compacidad de **1.485** y Factor de la forma de la Cuenca de **0.263**), Parámetros Geomorfológicos (Pendiente Media de la Cuenca de **25.97 %**, Altitud media de la cuenca de **3795 m.s.n.m**. Altitud de Frecuencia Media de **3714.60 m.s.n.m**. Altitud más Frecuente de **4250 m.s.n.m.** Pendiente del Cauce Principal de **1.4436 %**) y Parámetros Hidráulicos (Numero de Orden de **6**, Densidad de Drenaje de **0.971**, Patrón de Drenaje Detrítico y Longitud del Cauce Principal de **50.060 Km**).

4. Se verifico la pendiente media de la cuenca Socabaya con los **Métodos tradicionales** (**Horton, Nash, Albord y Rectángulo Equivalente**) dando un resultado de **25.97%** el cual se verifico con el **Software Arc Gis 10.1** que conlleva a una pendiente **fuertemente ondulada**, encontrándose entre los parámetros tradicionales calculados de **18 – 26 %**. En consecuencia, queda evidenciada la importancia del manejo del Software para el desarrollo de **Parámetros Físicos**, **Geomorfológicos e Hidráulicos** de la cuenca en estudio (**Cuenca Socabaya**).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5. Para completar la **Precipitación Máxima de 24 horas** de la **Estación Salinas** del mes de enero del año 2011 se utilizó el **Método de Regresión Normalizada**, no obstante, este método conlleva a tener datos de precipitación media mensual de las estaciones auxiliares para el año en que se quiere estimar el dato faltante (**2011**).

Dato Faltante			
Estación	**Año**	**Mes**	**Precipitación Máxima de 24 horas**
Las Salinas	2011	Enero	**37.40 mm**

De tal manera, para estimar datos faltantes de **Precipitación Mensual** de la estación **La Pampilla** (**2013**), **Salinas** (**2011, 2015**) y **Aguada Blanca** (**2005, 2008**) el procedimiento que se utilizo fue el **Método del U.S. Weather Bureau** que es aplicado para estimar valores mensuales o anuales faltantes.

Dato Faltante			
Estación	**Año**	**Mes**	**Precipitación Total Mensual**
La Pampilla	2013	Febrero	**96.00 mm**
La Salinas	2011	Enero	**77.90 mm**
	2015	Marzo	**77.60 mm**
Aguada Blanca	2005	Enero	**34.40 mm**
	2008	Enero	**128.90 mm**
	2008	Febrero	**62.50 mm**

6. La zona de influencia de las **Estaciones Pluviométricas: La Pampilla, Chiguata, Characato, Aguada Blanca y Las Salinas** fueron delimitadas haciendo el uso del método **Aritmético, Polígono de Thiessen e Isoyetas**. El método de las **Isoyetas** que a pesar de su sencillez se considera el mejor y el más practico en comparación de los otros dos.

7. Del estudio y análisis de precipitación promedio en la cuenca Socabaya, no se utilizó en primera instancia el registro de **Precipitaciones Máximas de 24 horas** de la estación **Characato**, ya que no se daba una interpolación correcta de las **isolineas** por el método de las **Isoyetas** en el área de estudio, (**Estación la Pampilla**, **Estación Chiguata**, **Estación Salinas**). En consecuencia, al introducir en el análisis la **Estación Aguada Blanca** se mostró una adecuada representación de la profundidad de precipitación por el **método Kriging** ya que las isolineas unen puntos de igual cantidad de lluvia (**interpolando los datos puntuales con**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la estación Characato) lo que generó una adecuada interpolación de las respectivas estaciones.

8. El análisis de Datos (**Outliers**) para la muestra de precipitaciones máximas 24 horas en la **Estación La Pampilla** dio como resultado que el año 2013 obedece a una aventó extremo de **124.5 mm** (**Dato Dudoso alto**) y es excluido del análisis ya que el dato dudoso es tratado como información **Excepcional**.

9. **Las pruebas de bondad y ajuste** tienen por finalidad determinar si los datos disponibles se ajustan a una determinada distribución. En consecuencia, la prueba de **bondad y ajuste Chi – Cuadrado** es recomendable para distribuciones **discretas y continuas** cuando existe gran cantidad de datos. No obstante, la **prueba de bondad y ajuste Smirnov – Kolmogorov** es un test no paramétrico para distribuciones continuas y muestras de cualquier tamaño por ende es la más recomendable para nuestra serie de **21 años de precipitación 1995 – 2015.**

10. Para la formulación del presente proyecto de tesis, se ha elegido los resultados del **Modelo Probabilístico, la Distribución Pearson Tipo III**, dado que según la prueba de **bondad y ajuste Smirnov - Kolmogorov** dicha distribución de probabilidades se ajusta satisfactoriamente a los datos de la muestra. De acuerdo a los términos de referencia (**Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC**) que piden registros de lluvias como **mínimo de 20 años**, de las cuales se ha escogido como **datos de Precipitación Máximas de 24 horas.**

11. Se analizó las precipitaciones **Máximas de 24 horas** para periodos de retorno de **2, 10, 20, 50, 100 y 200 años** respectivamente. Obteniendo los siguientes resultados:

Periodo	Método de Isoyetas	
	Distribución Log Pearson Tipo III	Distribución Pearson Tipo III
T - 50 Años	47.57 mm	47.93 mm
T - 100 Años	52.52 mm	52.21 mm
T - 200 Años	57.46 mm	56.36 mm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

12. Existe **1%** de probabilidad de que sean superados los **52.52 mm** en 24 horas de **Precipitación Promedio**, en otras palabras, existe un **99%** de probabilidades de que el año 2018 la precipitación máxima de 24 horas Promedio sea menor o igual a **52.52 mm**. Similar análisis, se puede realizar para todos los Periodos de Retorno.

13. Para la elaboración de las curvas IDF (**Intensidad-Duración-Frecuencia**) mediante la función de distribución de mejor ajuste (**Log Pearson Tipo III**), el método más sencillo es a través de **Dick Peschke** que relaciona la duración de la tormenta con la **Precipitación Máxima de 24 horas**, en consecuencia, elaborar Intensidades máximas (**cada 10 minutos**) conlleva obtener los **Hietogramas de Diseño** para una cuenca en estudio (**Cuenca Socabaya**), el Método adecuado es del **Bloque Alterno o Bloques Alternados**.

14. Se modelo en el **Software HEC – HMS** y **el Método Racional Modificado** (**Temez**) con los **Hietogramas de salida obtenidos**, de los cuales los **Caudales Máximos de Diseño** para los periodos de retorno de **50, 100 y 200 años respectivamente.** Obteniendo los siguientes resultados:

Periodo	Software HEC – HMS	Met. Racional Modificado
T - 50 Años	**89.1 m³/s**	**63.7 m³/s**
T - 100 Años	**94.7 m³/s**	**87.1 m³/s**
T - 200 Años	**106.0 m³/s**	**111.3 m³/s**

15. Se obtuvo el resultado de **Coeficiente de Rugosidad de Manning** con el método de **Cowan para la simulación cuasi 2D**, como también para el modelo 2D que utiliza áreas de rugosidad de planicies con la formulación empírica.

16. Los caudales empleados para la **Simulación Hidráulica del rio Socabaya**, corresponden a los periodos de retorno de **50, 100, y 200 años**, calculados con información de **Precipitación Máxima de 24 horas** de las estaciones: **La Pampilla, Chiguata, Characato, Aguada Blanca y Las Salinas.**

17. **El Modelamiento Hidráulico** se realizó con la ayuda del **Software HEC – RAS,** obteniendo la profundidad de **Socavación Generalizada** en la zona de estudio para protección como mínimo de 0.2 y máximo de 0.91 m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

18. Se obtuvo los caudales por los diferentes métodos (**Software HEC – HMS, Método Racional Temez**) y diferentes periodos de retorno (**50, 100 y 200 años**). Se opta por tomar el caudal de **valor máximo**, siendo este el más crítico para un **periodo de retorno de 100 años**.

19. Para modelar los **tirantes hidráulicos** en diferentes secciones del rio Socabaya se realizaron mediante el **Software HEC – RAS 1D/2D**, y establecer los anchos inundables se utilizó como **Caudal Máximo de Diseño 94.7 m³/s** para un **periodo de retorno de 100 años** que corresponden al **Modelo Estadístico Probabilístico Pearson Tipo III** que es la que mejor se ajusta a la muestra. Como también se verifico que el tramo del rio Socabaya se encuentra cerca de la **zona de la campiña de la ciudad de Arequipa**, por ende, la presencia de **infraestructura vial** construida en el cauce del rio Socabaya sugiere modelar para un **periodo de retorno de 100 años** por tratarse de un **área urbano.**

20. En el presente proyecto se ha utilizado herramientas informáticas comúnmente aceptadas como son: **Software HEC – RAS 1D/2D, Software HEC – HMS, SIG** (**Sistema de Información Geográfica**) y **AutoCAD Civil 3D** que permitieron determinar los **niveles de la superficie de agua** y **áreas de inundación**.

21. Para obtener el tiempo de paso computacional se realizó varias iteraciones hasta conseguir un **Numero de Courant adecuado**, el cual con un **valor de $C = 1$**, es adecuado con el área de malla 2D planteada (**celdas de $Dx = 2m$ y $Dy = 2m$**) obteniendo resultados aceptables para el proceso de modelación.

22. La aplicación del **SIG** (**Sistema de Información Geográfica**) como herramienta de análisis hidráulico para el modelamiento de zonas de riesgo de inundación ahorran tiempo y recursos contra un trazado manual de inundación.

23. La integración del modelo hidráulico con los **Software HEC – RAS** con el **Arc GIS**, es una manera dinámica e interactiva de trabajar los parámetros **Hidrológicos e Hidráulicos** en un ambiente **SIG** (**Sistema de Información**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Geográfica) generando como resultado un **mapa de inundación espacialmente geo referenciado.**

24. Con los **tirantes obtenidos** y la información topográfica, se ha logrado obtener áreas de inundación. (**Ver Planos**). Para un evento de avenida de 100 años de periodo de retorno (**Q= 94.7 m³/s**). Lo que nos indica que deben de contar con una **protección en zonas vulnerables**.

25. Se propone establecer los anchos mínimos para **la Faja Marginal del río Socabaya** para una longitud total de **12.5 km**, señalados en los Planos adjuntos, por lo que cualquier plan de ocupación territorial debe contemplar las restricciones en el uso de las áreas donde se ubican la **Faja Marginal**, siendo responsabilidad de la **Autoridad Administrativa del Agua** (**AAA**), velar por su cumplimiento y conservación.

26. En el presente proyecto de tesis se han ubicado e identificado los puntos de señalización física y el diseño de diferentes alternativas de protección contra inundación en la zona más vulnerable a ella. Con su correspondiente delimitación de la **Faja Marginal con una longitud total de 12.5 km.**

27. **La Faja Marginal del rio Socabaya queda delimitada como terreno intangible de uso público en ambas márgenes**, cuyos anchos varían entre 5 metros mínimo, **10, 20, 25, 30** hasta **40 metros como máximo**. En el cual se tomó como un ancho de **25 metros** teniendo en cuenta las condiciones sociales y costumbres de las poblaciones que habitan en la zona.

28. Se ha inventariado y/o Identificado las propiedades en la **Faja Marginal** propuesta sobre la base de **COFOPRI**, según los planos en el **TOMO II**.

29. Tal como lo establece el **Reglamento de Fajas Marginales del Autoridad Nacional del Agua** (**art. 17.4**), para la determinación del régimen de propiedades de predios marginales, la **Autoridad Administrativa del Agua** debe establecer el **catastro ribereño**, mediante el empleo de registro de propiedades marginales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

30. A través del presente proyecto de tesis se llegó a la conclusión de que es necesario la construcción de una **Defensa Ribereña** por el **riesgo de inundación** que existe en la zona de estudio ya mencionada en el **Capítulo VIII** por los daños que producen tanto en actividades agrícolas como ganaderas.

31. De las alternativas planteadas para la **Protección en Máximas Avenidas** en la zona de estudio, (**Muro de Gaviones, Muro Diques Enrocados, Muros de Gravedad y Muros en voladizo de Concreto Armado**) se seleccionó esta última ya que una de las razones fundamentales son la **construcción y diseño de los mismos**, en función del **tirante de agua** en situ.

32. La zona de estudio para la Defensa **Ribereña** será de tipo **Rígido** ya que comprende un **cauce sinuoso**, con un ancho lleno de sedimentos**, gravas y vegetación arbórea**. Pero la razón más importante es el **tirante de agua** en situ que va de **3.5 a 4.5 m** calculado en la **Modelación Hidráulica** por medio del **Software HEC RAS**. Lo que conlleva en primer lugar a una **limpieza y des colmatación** para luego realizar la protección **vulnerable a inundación** con la alternativa seleccionada (**Muros en Voladizo de concreto Armado**).

33. Efectivamente, se verifico que colocar el **dentellon de pie en la base del muro de concreto armado en voladizo**, cumple satisfactoriamente contra factores de **Seguridad de Volcamiento**, **Deslizamiento y Presiones de Contacto con carga**. Analizándolo de manera **Sísmica** a través de un Empuje de Tierra más Sismo (**Incremento Dinámico**) ya que Arequipa (**Socabaya, Zona = 3**), se encuentra en una **Zona sísmica**.

34. El costo total de la obra es de **S/. 3, 452,096.82** con costos de mano de obra y maquinaria.

35. La evaluación de **Impacto Ambiental** nos indica que en la **etapa de construcción** se presentarán **impactos negativos**, pero estas serán contrarrestadas con los **efectos positivos en el proyecto**, elevando el nivel de empleo **Directo e Indirecto en la zona**. Además de ser evaluados a través de medidas de Mitigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

10.2 RECOMENDACIONES

1. Es sumamente importante contar con una buena información hidrológica, afín de obtener el **Caudal de Diseño** y otras informaciones necesarias para dimensionar las **Estructuras Hidráulicas.** Para la elaboración del proyecto se obtuvo información de las Instituciones como: **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología** (**SENAMHI**), **Autoridad Autónoma de Majes** (**AUTODEMA**).

2. Para el método del **U.S. Weather Bureau** se recomienda utilizar cuatro estaciones circundantes (**las más cercanas**) de manera que se pueda estimar los registros mensuales faltantes.

3. Para la correcta integración del modelo **HEC - RAS 4.1** con el **Arc GIS 10.1**, se requiere trabajar desde el inicio con información de detalle tanto a nivel **Hidrológico** y **Geométrico** como el caso del espaciamiento entre curvas de nivel de **0.5 a 2 m.** (**en el proyecto el espaciamiento entre curvas de nivel fue de 2m**).

4. Según el estudio se recomienda trazar **secciones transversales las más amplia posible**, para tener un mejor resultado sobre las **áreas inundables.**

5. Los más importantes parámetros es configurar el **tamaño de malla** y **el paso de tiempo de computo** en la simulación 2D. **El tamaño de malla Δx** nos permitirá que el modelo se adecue apropiadamente al terreno y **el paso de tiempo de computo Δt** está relacionado al nuero de Courant, que se obtiene de la relación entre espacio, velocidad y tiempo. Siendo conocido que dicha relación debe ser menor o igual que la unidad.

6. Una manera de protección que se realizó son las obras de encauzamiento y protección de riberas a lo largo del desbordamiento como Diseño de **Diques Enrocado, Gaviones, Muros de Gravedad y Muro de Concreto Armado** para proteger los taludes ribereños.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

7. La utilización del **SIG** (**Sistema de Información Geográfica**) permite a los profesionales mejorar su visión en un contexto espacial, ya que el **SIG** asiste al profesional en la toma de decisiones.

8. De presentarse una **Avenida Extraordinaria** trayendo consigo el transporte de solidos de una magnitud determinada, provocaría daños muy severos a la **zona de influencia**. Por lo que se recomienda a la **Municipalidad Distrital de Socabaya**, considerar como **ZONA DE ALTO RIESGO** y en lo posible la **EVACUACION INMEDIATA** de la población asentada en la zona de mayor riesgo. **Véase en los planos del Tomo II**.

9. Se recomienda realizar **trabajos de limpieza del cauce** y **Obras de Hidráulicas de Defensa Ribereña**, como parte del proyecto del rio Socabaya y protección de Estructuras hidráulicas para **evitar Socavación, desborde del rio y posibles accidentes.**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO XI

PANEL FOTOGRAFICO Y PLANOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO XI

11. PANEL FOTOGRAFICO Y PLANOS

11.1 PANEL FOTOGRÁFICO



Se aprecia el Puente Socaba ya, en un periodo de lluvia de febrero del año 2017 con un caudal relativamente considerable.



Se aprecia el punto crítico de inundación del lugar llamado el paso para la protección de muro de concreto armado seleccionado con la tubería existente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Se aprecia efectivamente en la margen derecha alturas considerables de 5 a 6 m. de inundación con respecto a la modelación hidráulica de inundación con HEC RAS.



Se aprecia efectivamente un cauce sinuoso con grava y vegetación arbórea.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Se puede observar la presencia de una canal de derivación antes de llegar al Puente Socaba ya aguas arriba.



Se puede apreciar de una infraestructura hidráulica existente: una pequeña Bocatoma aguas arriba del Puente Sabandia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Se puede apreciar una canal de derivación para la agricultura y ganadería del valle de Socabaya derivada a la bocatoma ya antes mencionada.



Se puede apreciar una infraestructura que deriva una tubería de desagüe en ambas márgenes del rio Socabya aguas arriba del puente Sabandia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Se puede apreciar áreas de agricultura y ganadería en la zona de protección por ser una zona vulnerable a la inundación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

11.2 RELACIÓN DE PLANOS

- Determinación de la ubicación departamental del Proyecto……..……(**M01**)

- Determinación de la ubicación Distrital del Proyecto…….……..……(**M02**)

- Determinación de las cuencas hidrográficas en el departamento de Arequipa……(**M03**)

- Determinación Hidrográfica de la cuenca Socabaya……...(**M04**)

- Determinación de los afluentes principales en el área del proyecto……(**M05**)

- Determinación de la ubicación del rio del proyecto…….....(**M06**)

- Determinación de la Pendiente Media en la cuenca Socabaya…….....(**M07**)

- Determinación de la Ubicación de las Estaciones del Proyecto……...(**M08**)

- Determinación de los Datos faltantes por medio del método del U.S. Weather Bureau……..……(**M09**)

- Determinación del Parámetro de Numero de Curva – Cuenca Socabaya……...……(**M10**)

- Determinación de la Precipitación Media – Método de Thiessen.……...……(**M11**)

- Determinación de la Precipitación Media – Método de Isoyetas……..……(**M12-I**)

- Determinación de la Precipitación Media – Método de Isoyetas……..……..…(**M12-II**)

- Determinación de la Precipitación Media – Método de Isoyetas……..……...…(**M12-III**)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Determinación de la Precipitación Media – Método de Isoyetas……..……....…(**M12-IV**)

- Determinación de la Precipitación Media – Método de Isoyetas……..……....…(**M12-V**)

- Determinación de las Unidades Hidrográficas en el Departamento de Arequipa..…..……(**M13**)

- Determinación de la Cuenca Quilca – Vitor – Chili……..……(**M14**)

- Determinación de las Unidades Hidrográficas en la Cuenca Quilca-Vitor-Chili...…..(**M15**)

- Análisis de pruebas de bondad y ajuste utilizando factores de frecuencia para las precipitaciones máximas de 24 horas de la Estación la Pampilla del periodo de 1954 - 2016……..……..(**M16**)

- Determinación de la Fisiografia en la Cuenca Quilca – Vitor – Chili…….(**M17**)

- Determinación de la Sub Cuenca Socabaya en la Unidad Hidrográfica Quilca – Vitor – Chili……...(**M18**)

- Determinación de parámetro Geomorfológicos con el Software Arc Gis……(**M19-I**)

- Determinación de parámetro Geomorfológicos con el Software Arc Gis……(**M19-II**)

- Determinación de la Geomorfología en la Cuenca Socabaya……...(**M20**)

- Determinación de la Elevación (MDT – Modelo Digital del Terreno) AAA I Caplina Ocoña……..(**M21**)

- Modelamiento Hidráulico con lo Softwares Hec Ra 2D e Iber……(**M22**)

- Inundación del rio Socabaya – Hidrograma – T=100 (Modelamiento hidráulico – Caudal Máximo de Diseño) ……(**M23**)

- Modelamiento Hidráulico del Puente Socabaya……(**M24**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)……..……..(**S01**)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S02**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S03**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S04**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S05**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S06**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S07**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S08**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S09**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S10**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S11**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S12**)

- Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)…….(**S13**)

- Topografía del Rio Socabaya (Tramo de Estudio)…….(**PT-01**)

- Muro de Gaviones (Planta y Perfil)……(**MGA-01**)

- Muro de Gaviones (Secciones)……...(**MGA-02**)

- Muro de Gaviones (Secciones)……...(**MGA-03**)

- Muro de Diques Enrocados (Planta y Perfil)...……...…(**MDE-01**)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Muro de Diques Enrocados (Secciones)…. ……..…(**MDE-02**)

- Muro de Diques Enrocados (Secciones)…. ……...(**MDE-03**)

- Muro de Gravedad (Planta y Perfil) …….……(**MG-01**)

- Muro de Gravedad (Secciones)……..……(**MG-02**)

- Muro de Gravedad (Secciones)……..……(**MG-03**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Planta y Perfil)..……(**MV-01**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Planta y Perfil)...…..…(**MV-02**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Planta y Perfil)...…..…(**MV-03**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Planta y Perfil)...…..…(**MV-04**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Planta y Perfil)...…..…(**MV-05**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Diseño)…..……..…(**MV-06**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Diseño)…..……..…(**MV-07**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Diseño)…..……..…(**MV-08**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Diseño)…..……..…(**MV-09**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Diseño)…..……..…(**MV-10**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Secciones)……..…(**MV-11**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Secciones)……..…(**MV-12**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Secciones)……...(**MV-13**)

- Muro en Voladizo de Concreto Armado (Secciones)……...(**MV-14**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal…..……(**UHF-01**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal…..……(**UHF-02**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal…..……(**UHF-03**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal…..……(**UHF-04**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal…..……(**UHF-05**)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal……(**UHF-06**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal……(**UHF-07**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal……(**UHF-08**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal……(**UHF-09**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal……(**UHF-10**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal……(**UHF-11**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal……(**UHF-12**)

- Ubicación de Hitos y Faja Marginal……(**UHF-13**)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXOS

ANÁLISIS DE FRECUENCIA ESTACIÓN LA PAMPILLA

Para el análisis de pruebas de bondad y ajuste se utilizó la Estación Pluviométrica LA PAMPILLA, que cuenta con 63 años de registro de precipitación máxima de 24 horas del año 1954 al 2013, los cuales son las siguientes:

Cuadro de precipitación máxima – Estación la Pampilla

ITEM	AÑO	PRECIP. MAX (mm)
1	1954	15.60
2	1955	25.00
3	1956	5.80
4	1957	19.90
5	1958	12.20
6	1959	12.20
7	1960	3.00
8	1961	22.20
9	1962	8.70
10	1963	14.90
11	1964	7.10
12	1965	7.60
13	1966	4.10
14	1967	25.20
15	1968	9.90
16	1969	6.60
17	1970	6.60
18	1971	10.40
19	1972	21.30
20	1973	22.10
21	1974	16.00
22	1975	46.70
23	1976	24.00
24	1977	9.00
25	1978	8.00
26	1979	10.90
27	1980	6.20
28	1981	5.40
29	1982	3.90
30	1983	1.50
31	1984	14.70
32	1985	15.60
33	1986	18.40
34	1987	19.00
35	1988	11.50
36	1989	22.90
37	1990	11.50
38	1991	7.70

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

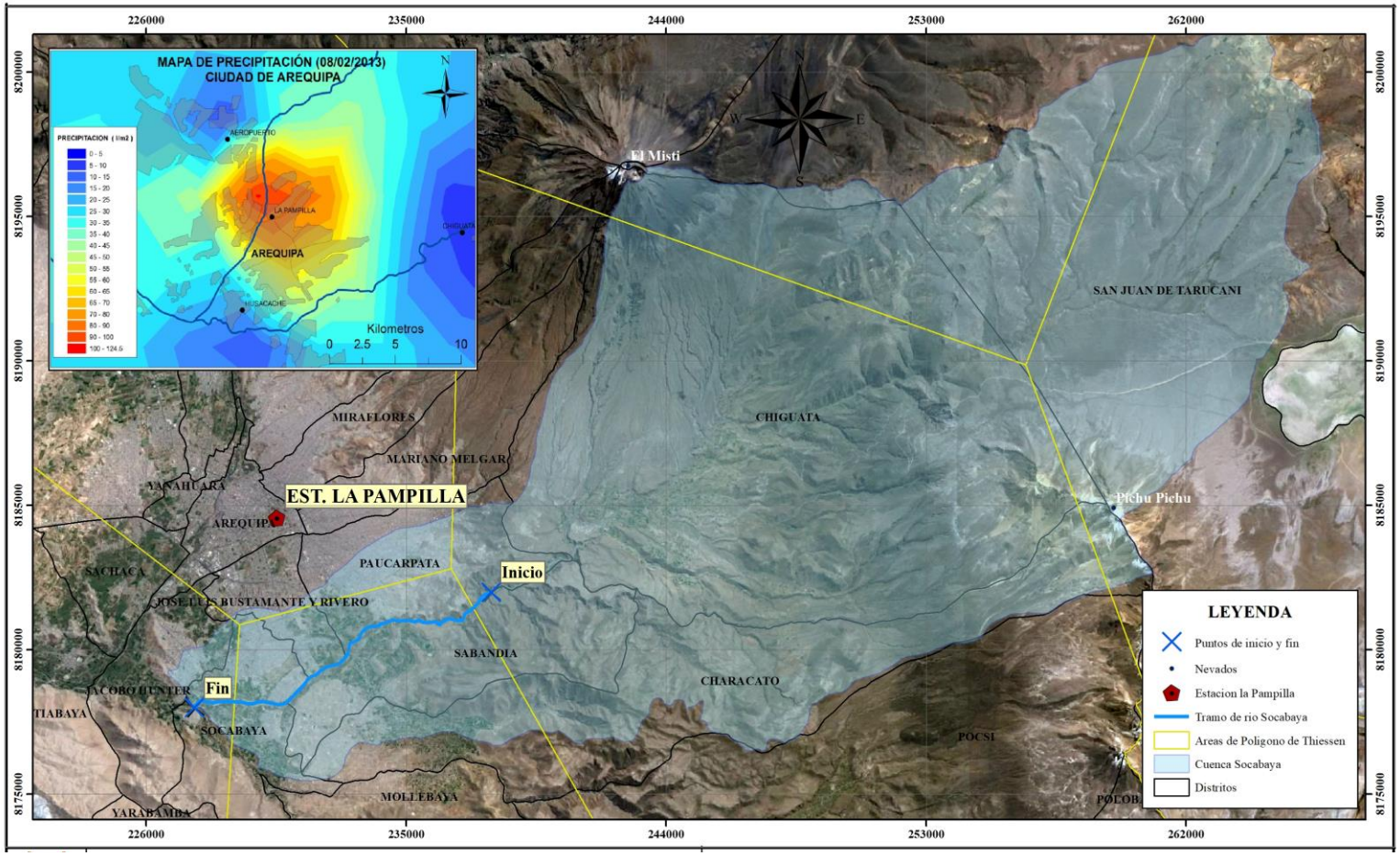
39	1992	3.40
40	1993	13.50
41	1994	13.60
42	1995	28.00
43	1996	12.10
44	1997	33.40
45	1998	9.50
46	1999	12.30
47	2000	23.70
48	2001	30.00
49	2002	15.40
50	2003	5.50
51	2004	8.40
52	2005	5.20
53	2006	14.90
54	2007	7.90
55	2008	25.50
56	2009	8.40
57	2010	4.70
58	2011	14.40
59	2012	12.70
60	2013	124.50
61	2014	16.00
62	2015	28.40
63	2016	28.00

Análisis Grafico

Este análisis se realiza en forma visual, graficándose los datos de precipitación con la finalidad de detectar posibles saltos y/o tendencias para determinar el periodo en el cual la información es incierta.

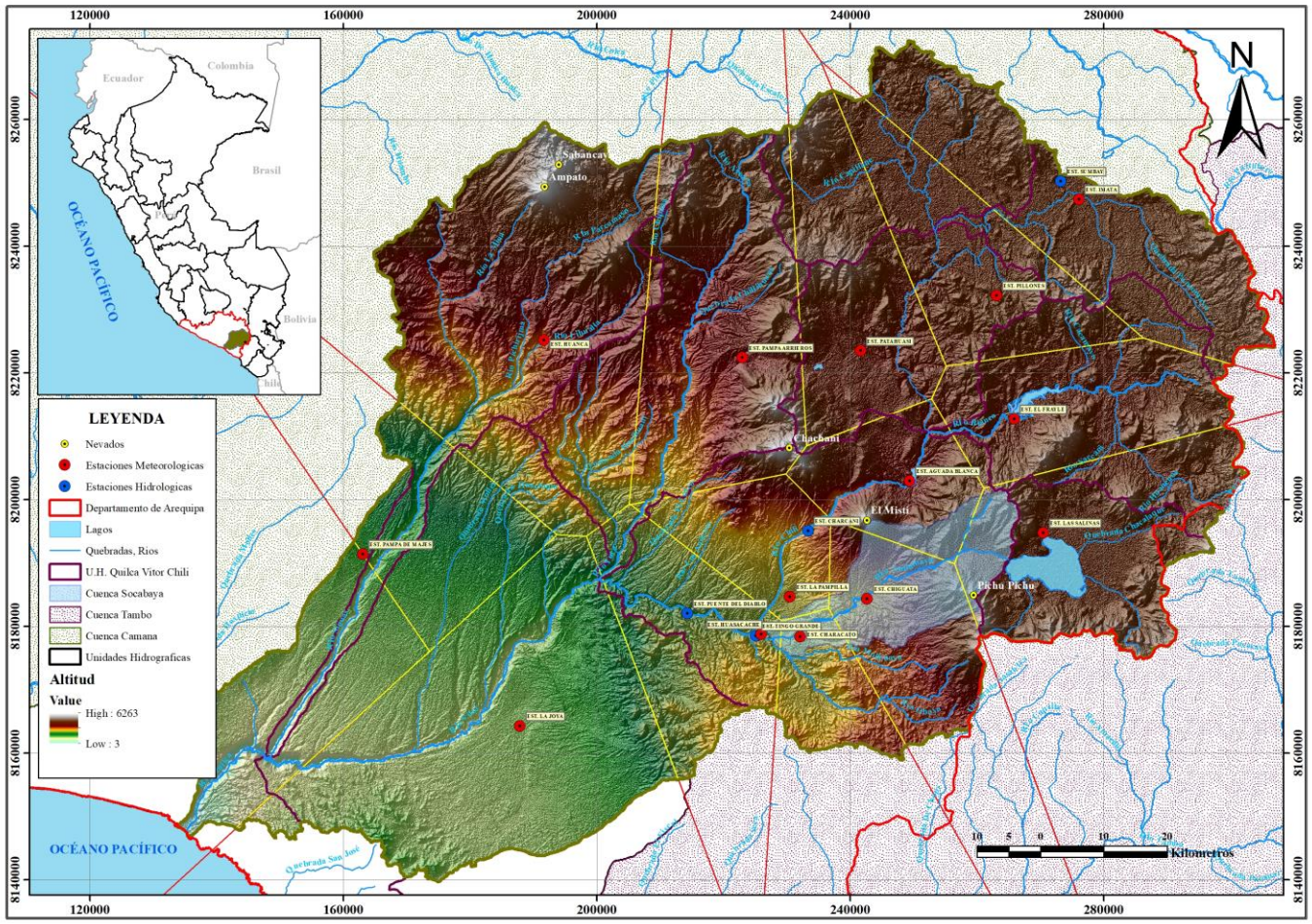
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura de la Ubicación de la Estación la Pampilla



Fuente: Elaboración Propia

Figura Thiessen en la Unidad Hidrográfica Quilca – Vitor - Chili

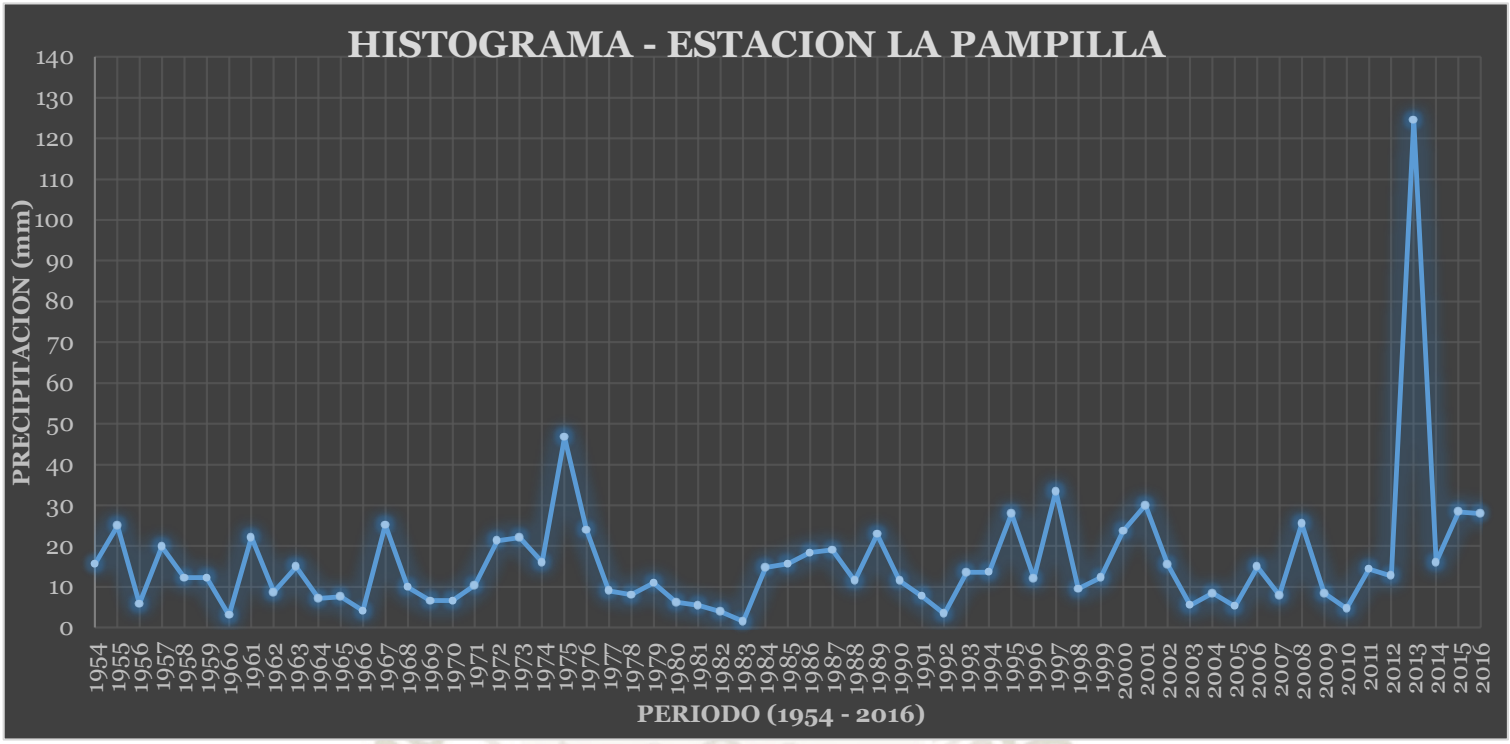


Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Histograma – Estación la Pampilla



Análisis de datos (OUTLIERS)

Cuadro de Valores de Kn para la prueba de Datos Dudosos

Tamaño de muestra	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n	Tamaño de la muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.7	80	2.94
15	2.247	29	2.549	43	2.71	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.76	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.65	55	2.804		

Fuente: U.S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de Kn de un lado con un nivel de significancia de 10% de la distribución normal.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Análisis de Datos Dudosos – Estación la Pampilla

ITEM	AÑO	PRECIP. MAX	Y=LOGX
1	1954	15.60	1.193
2	1955	25.00	1.398
3	1956	5.80	0.763
4	1957	19.90	1.299
5	1958	12.20	1.086
6	1959	12.20	1.086
7	1960	3.00	0.477
8	1961	22.20	1.346
9	1962	8.70	0.940
10	1963	14.90	1.173
11	1964	7.10	0.851
12	1965	7.60	0.881
13	1966	4.10	0.613
14	1967	25.20	1.401
15	1968	9.90	0.996
16	1969	6.60	0.820
17	1970	6.60	0.820
18	1971	10.40	1.017
19	1972	21.30	1.328
20	1973	22.10	1.344
21	1974	16.00	1.204
22	1975	46.70	1.669
23	1976	24.00	1.380
24	1977	9.00	0.954
25	1978	8.00	0.903
26	1979	10.90	1.037
27	1980	6.20	0.792
28	1981	5.40	0.732
29	1982	3.90	0.591
30	**1983**	**1.50**	**0.176**
31	1984	14.70	1.167
32	1985	15.60	1.193
33	1986	18.40	1.265
34	1987	19.00	1.279
35	1988	11.50	1.061
36	1989	22.90	1.360
37	1990	11.50	1.061
38	1991	7.70	0.886
39	1992	3.40	0.531
40	1993	13.50	1.130
41	1994	13.60	1.134
42	1995	28.00	1.447

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

43	1996	12.10	1.083
44	1997	33.40	1.524
45	1998	9.50	0.978
46	1999	12.30	1.090
47	2000	23.70	1.375
48	2001	30.00	1.477
49	2002	15.40	1.188
50	2003	5.50	0.740
51	2004	8.40	0.924
52	2005	5.20	0.716
53	2006	14.90	1.173
54	2007	7.90	0.898
55	2008	25.50	1.407
56	2009	8.40	0.924
57	2010	4.70	0.672
58	2011	14.40	1.158
59	2012	12.70	1.104
60	**2013**	**124.50**	**2.095**
61	2014	16.00	1.204
62	2015	28.40	1.453
63	2016	28.00	1.447

Cuadro de Resumen del Método de Water Resources Council

MEDIDAS DE VARIABILIDAD	METODO DE WATER RESOURCES COULCIL	
	ESTACIÓN LA PAMPILLA	
n	63	61
$\bar{Y}$	1.086	1.084
DES EST.	0.3170	0.2703
COEF. ASIM.	0.0106	-0.2032
Kn	2.8544	2.8428
YH	1.9908	1.8527
YL	0.1812	0.3160
QH	**97.90**	**71.24**
QL	**1.52**	**2.07**

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con **Wáter Resources Council** (**1981**), si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es tratado como información histórica de crecientes y es **EXCLUIDO DEL ANALISIS**.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

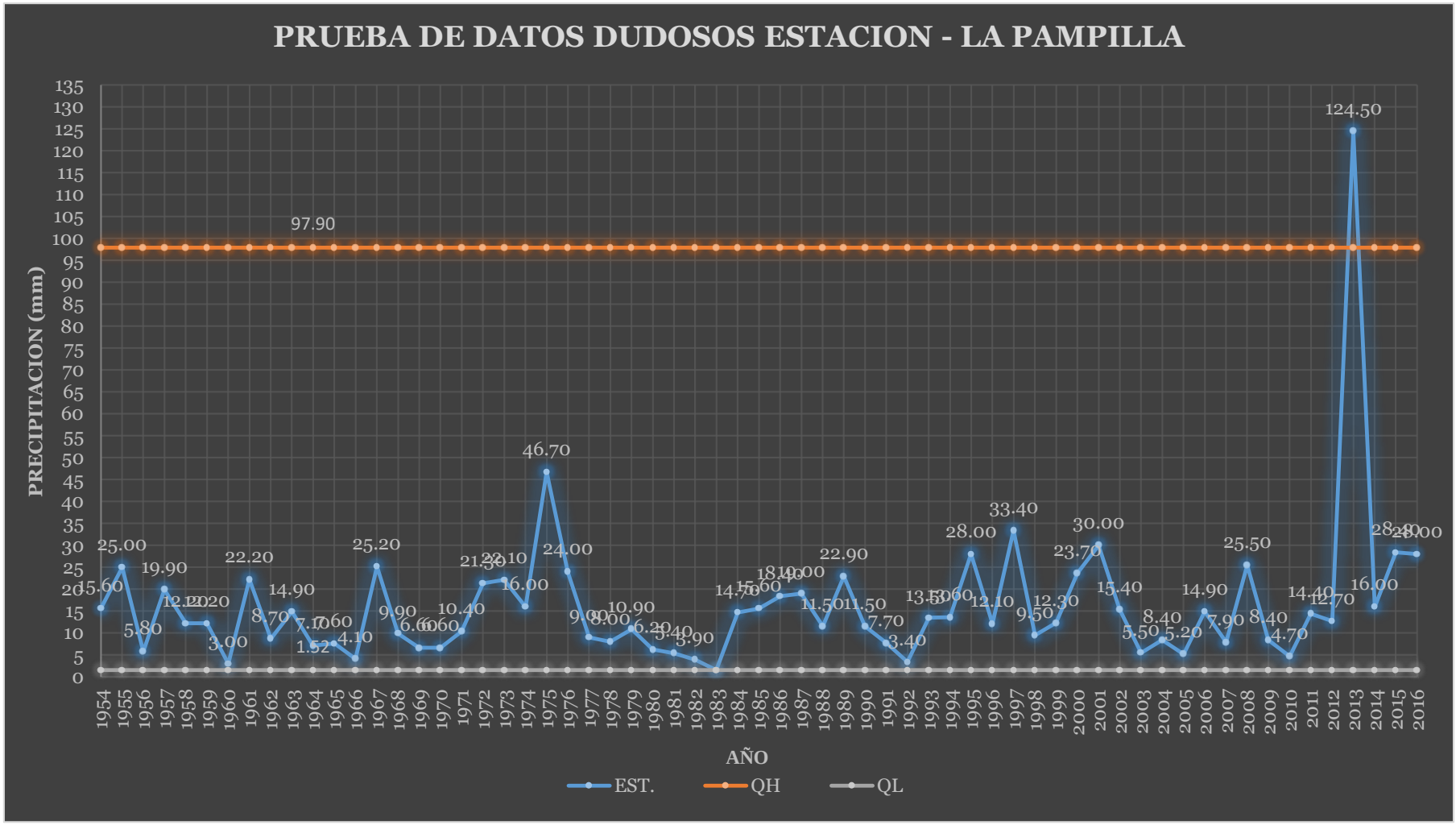
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En conclusión, en nuestros datos y resultados podemos observar que el umbral de dato dudoso alto es menor que la precipitación máxima en el año 2013 (**124.5 mm**) de la estación **LA PAMPILLA**, por consecuencia, según **Wáter Resources Council** el dato dudoso es tratado como información excepcional y es **EXCLUIDO DEL ANALISIS**. De la misma manera se puede observar que el umbral de dato dudoso bajo es menor que la precipitación máxima en el año 1983 (1.5 mm) de la estación **LA PAMPILLA**, por consecuencia, se según **Wáter Resources Council** el dato dudoso es tratado como información excepcional (Sequia) y es **EXCLUIDO DEL ANALISIS**.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Grafico Nro. Prueba de datos dudosos – Estación la Pampilla



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Riesgo de falla

Cuadro de Valores de Periodo de Retorno T (Años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.1	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.2	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.5	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: MONALVE, 1999

Cuadro de Valores Máximos Recomendados de Riesgo Admisible

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (%)
Puentes	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: Manual de Hidrología, Drenaje e Hidráulica, (MTC)

Vida útil considerado (n)

- Puentes y defensas ribereñas n=40 años
- Alcantarillas de quebradas importantes n=25 años
- Alcantarillas de quebradas menores n=15 años
- Drenaje de plataforma y sub drenes n=15 años

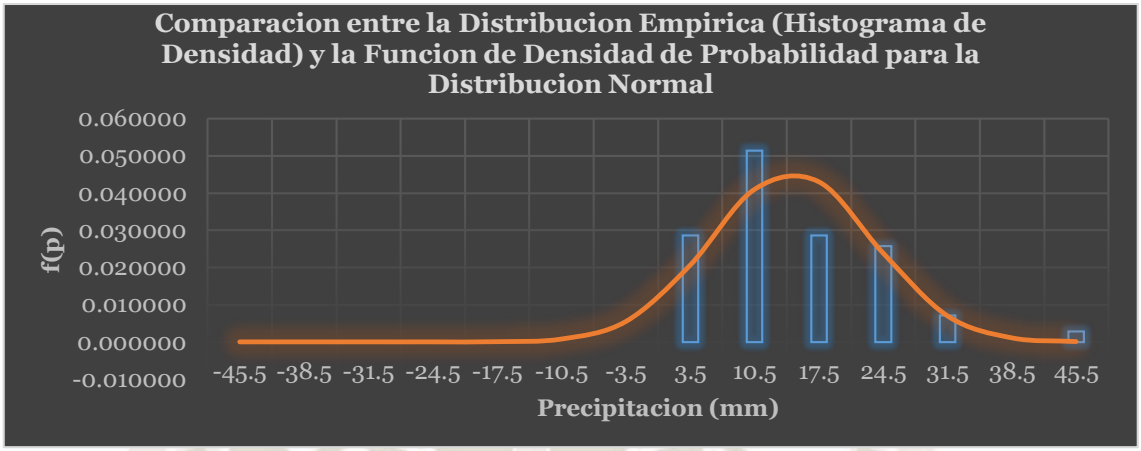
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Distribución Normal

Gráfico de Comparación entre la Distribución Empírica (Histograma de Densidad y la Función de Densidad de Probabilidad para la Distribución Normal



Por consiguiente, la media y desviación estándar de los datos de precipitación máxima de 24 horas sin el año 1983 y 2013 son las siguientes:

Nro. Datos =	61.000
Media =	14.536
Des. Est. =	8.760
Coef. Asim. =	1.152
Sumatoria =	886.700

De la ecuación

$$\boldsymbol{T = \frac{1}{P(X \geq x)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x)}}$$

Por lo tanto

$$\boldsymbol{P(X \leq x) = \frac{T - 1}{T}}$$

Entonces, para T = 100 años la función de distribución de probabilidad es:

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x)} = \frac{99}{100} = 0.99$$

Para resolver esta función se recurren a métodos numéricos para evaluarla, y para hacer esto más sencillo se le ha asignado una variable estandarizada (factor de frecuencia), cuya expresión es la siguiente:

$$\boldsymbol{z = \frac{x - \mu}{\sigma}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por consiguiente, de la Tabla 1 del apéndice A. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 284, 1992)*

$$\mathbf{Z} = 2.3267$$

La cual está normalmente distribuida con media cero y desviación estándar unitaria. Así, la función principal queda como:

$$\boldsymbol{F(x) = F(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz}$$

Por lo tanto, despejando $\boldsymbol{x}$ se tiene:

$$\boldsymbol{x = z\sigma + \mu}$$

$$\boldsymbol{x = 2.3267 * 8.760 + 14.536}$$

$$\boldsymbol{x = 34.9168\ mm}$$

Entonces, según la Distribución Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 34.9168 mm

Cuadro de Distribución Normal (Tabla) – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	0.0000	14.5361
2	5	0.8000	0.8415	21.9072
3	10	0.9000	1.2817	25.7631
4	25	0.9600	1.7511	29.8748
5	50	0.9800	2.0540	32.5281
6	100	0.9900	2.3267	34.9168
7	200	0.9950	2.5750	37.0918

El valor de z correspondiente a una probabilidad de excedencia de p(p=1/T) puede calcularse también encontrando el valor de una variable intermedia w.

$$\boldsymbol{w = \left[ln(\frac{1}{p^2}) \right]^{1/2}}$$

Cuando (0 < P < = 0.5)

Cuando P > 0.5, entonces se sustituye P por 1 – P

Y luego calculado z, utilizando la aproximación:

$$\boldsymbol{Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El error de esta fórmula es menor que 0.00045 en z *(Abramowitz y Stegun, 1965)*

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99}$$

$$\boldsymbol{w = 3.0349}$$

$$\boldsymbol{Z = 2.3268}$$

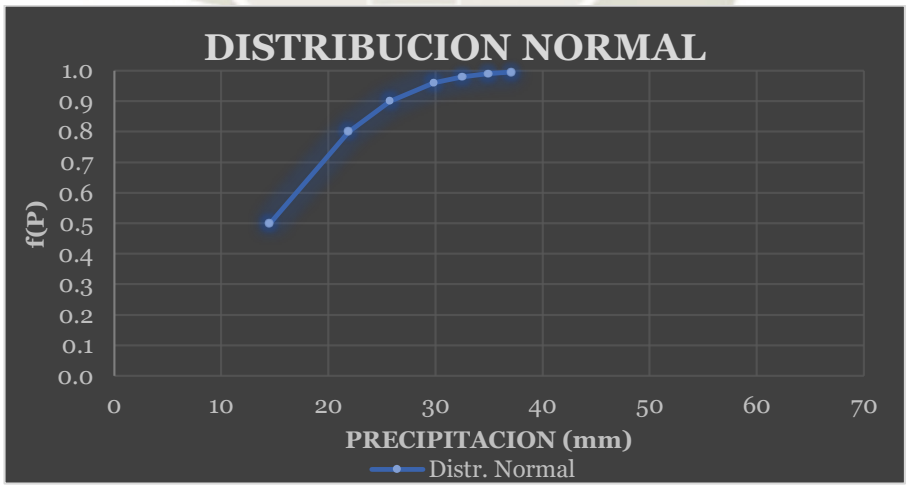
$$\boldsymbol{P = 34.9176\ mm}$$

Cuadro de Distribución Normal – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	14.5361
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	21.9068
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	25.7634
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	29.8746
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	32.5298
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	34.9176
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	37.1026

Entonces, según la Distribución Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 34.9176 mm

Gráfico de Distribución Normal



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

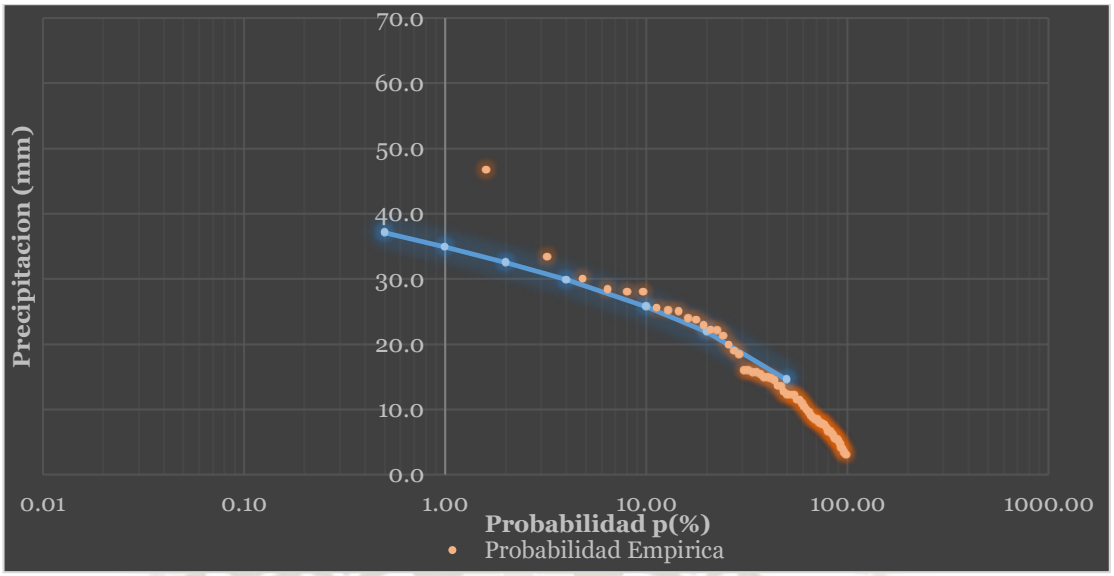
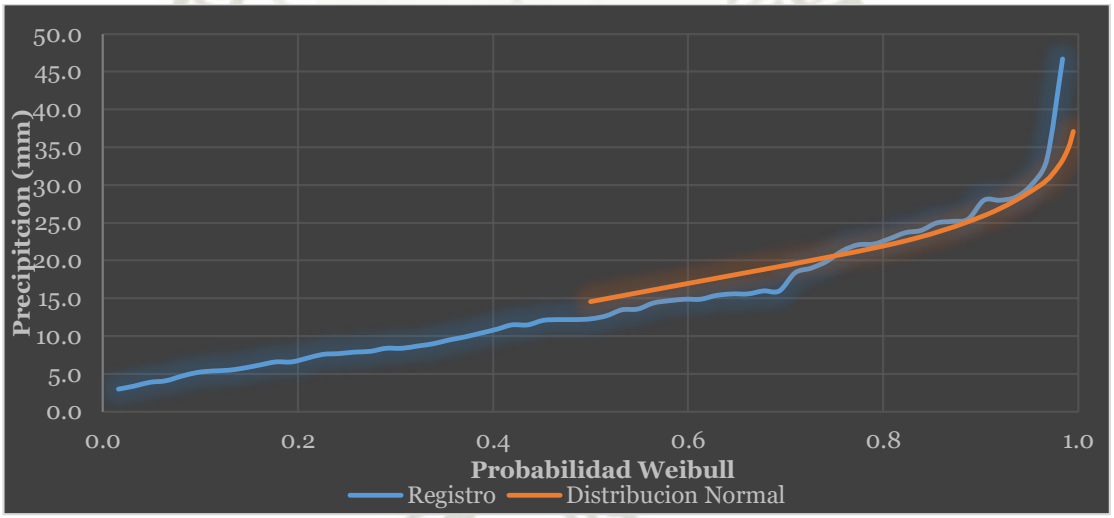


Gráfico de Curva de Probabilidad Weibul



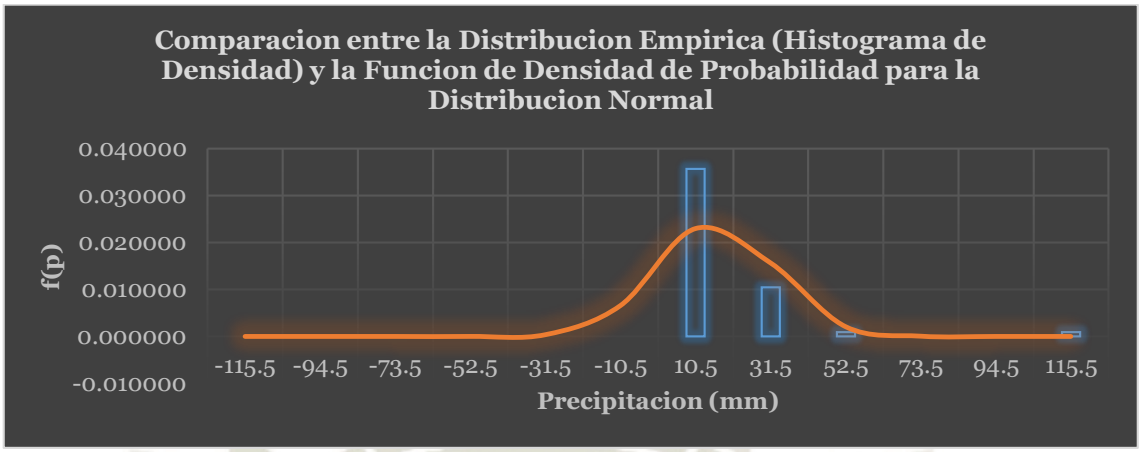
Ahora se analiza la distribución Normal con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (**1983 y 2013**). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Comparación entre la Distribución Empírica (Histograma de Densidad y la Función de Densidad de Probabilidad para la Distribución Normal (con datos Dudosos)

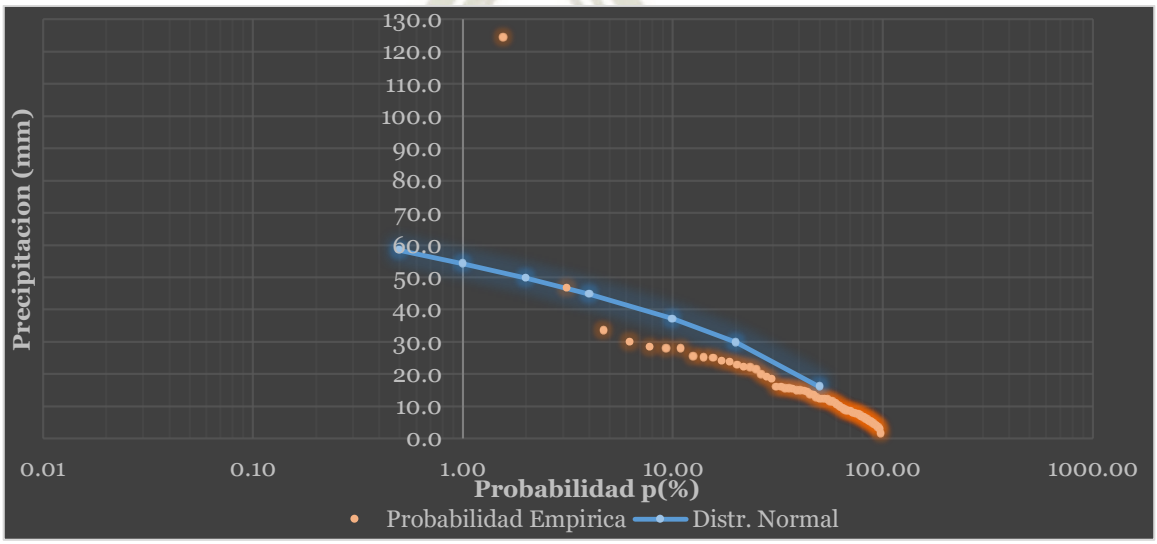


Cuadro de Distribución Normal – Método de Momentos (con el dato excepcional)

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	16.0746
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	29.8915
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	37.1208
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	44.8276
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	49.8048
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	54.2809
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	58.3769

Entonces, según la Distribución Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 54.2809 mm.

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



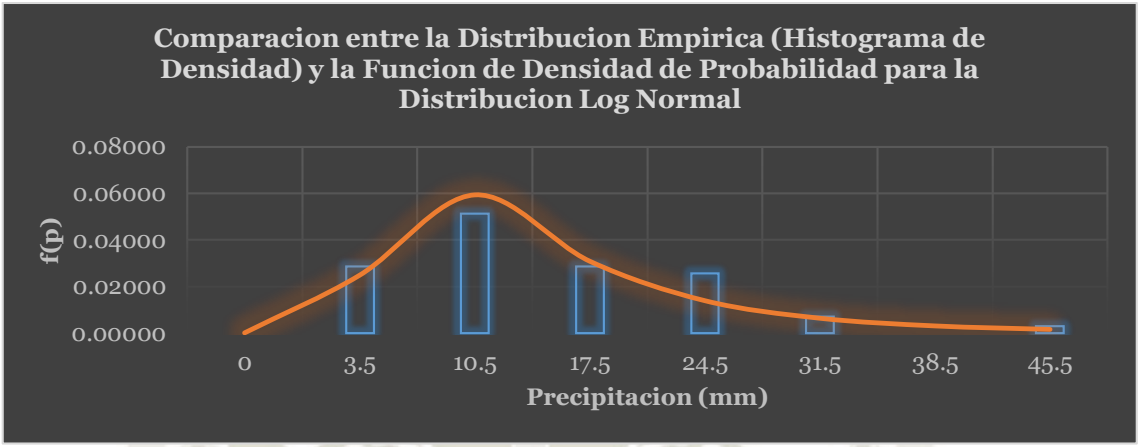
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Distribución Log Normal

Gráfico de Comparación entre la Distribución Empírica (Histograma de Densidad) y la Función de Densidad de Probabilidad para la Distribución Log Normal



Donde los parámetros de la función son α y β, que son la media y la desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria, y están definidos como sigue:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n} \frac{lnx_i}{n}$$

$$\beta = \left[\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{(lnx_i - \alpha)^2}{n}\right]^{1/2}\right.$$

Por consiguiente, la media y desviación estándar de los datos son:

Nro. Datos =	61.000
Media =	1.084
Des. Est. =	0.270
Coef. Asim. =	-0.203
Sumatoria =	66.146

Por consiguiente, de la tabla 1 del apéndice A. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 284, 1992)*

Z = 2.3267

Al igual que en la distribución normal, se le asigna a "z" los siguientes valores:

$$z = \frac{lnx - \alpha}{\beta}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Despejando:

$$x = e^{z\beta+\alpha}$$

$$x = e^{2.3267*0.617+2.497}$$

$$x = 51.0548\ mm$$

Entonces, según la Distribución Log Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 51.0548 mm.

Cuadro de Distribución Log Normal (Tabla) – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	0.0000	12.1441
2	5	0.8000	0.8415	20.4140
3	10	0.9000	1.2817	26.7870
4	25	0.9600	1.7511	35.7888
5	50	0.9800	2.0540	43.1459
6	100	0.9900	2.3267	51.0548
7	200	0.9950	2.5750	59.5105

Y luego calculado z, utilizando la aproximación:

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}$$

El error de esta fórmula es menor que 0.00045 en z *(Abramowitz y Stegun, 1965)*

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99$$

$$w = 3.0349$$

$$K_T = 2.3268$$

$$Y = \overline{Y} + K_T * S_Y$$

$$Y = 1.084 + 2.3268 * 0.270$$

$$Y = 1.7132$$

$$10^{1.7132} = 51.6697\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Log Normal – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	1.0844	12.1441
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	1.3118	20.5016
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	1.4308	26.9639
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	1.5576	36.1107
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	1.6396	43.6073
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	1.7132	51.6697
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	1.7807	60.3470

Entonces, según la Distribución Log Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 51.6697 mm.

Gráfico de Distribución Log Normal

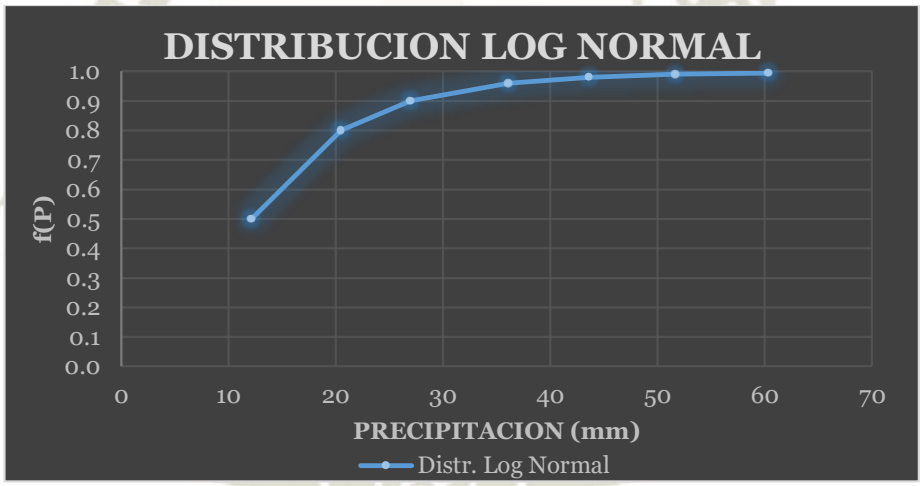
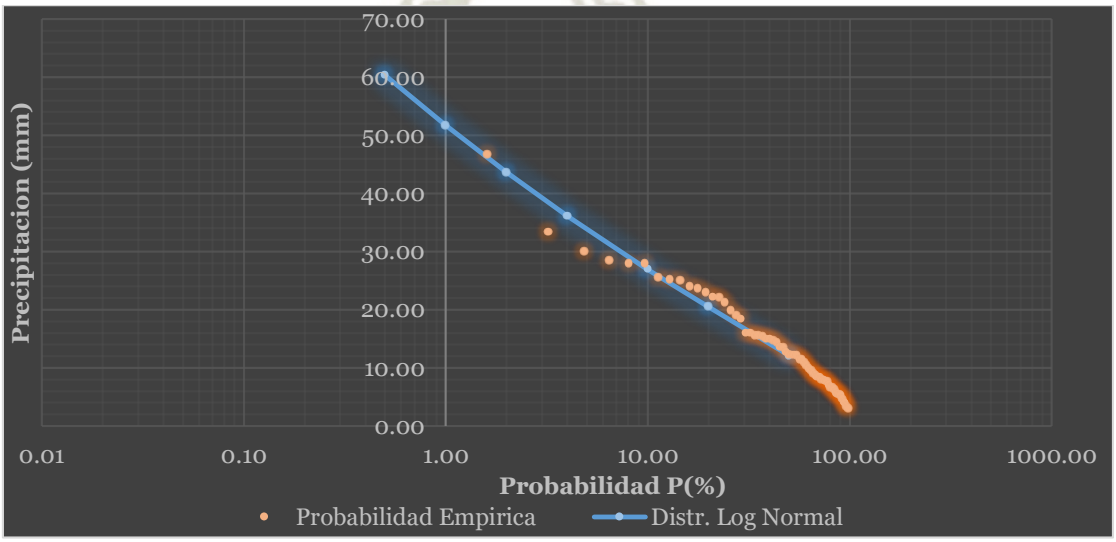


Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

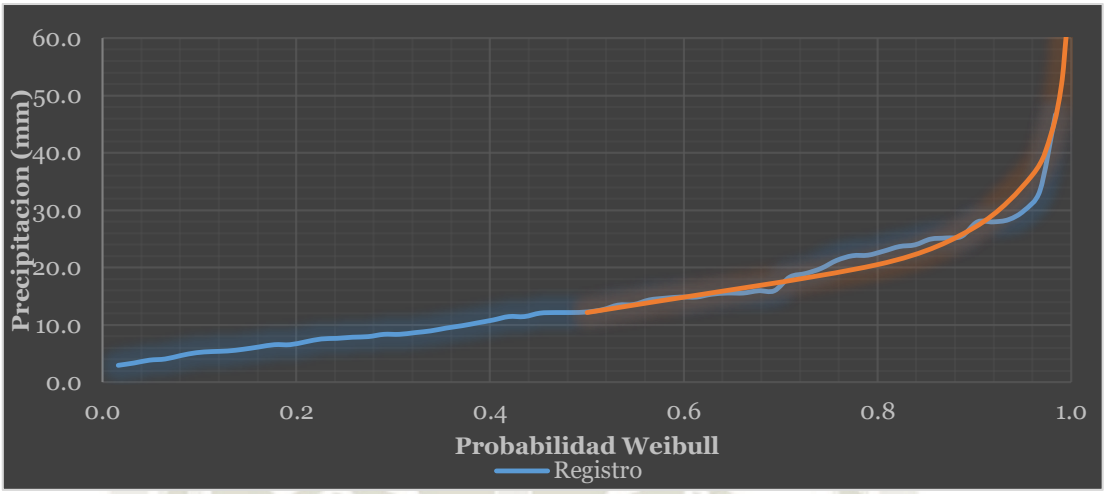


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

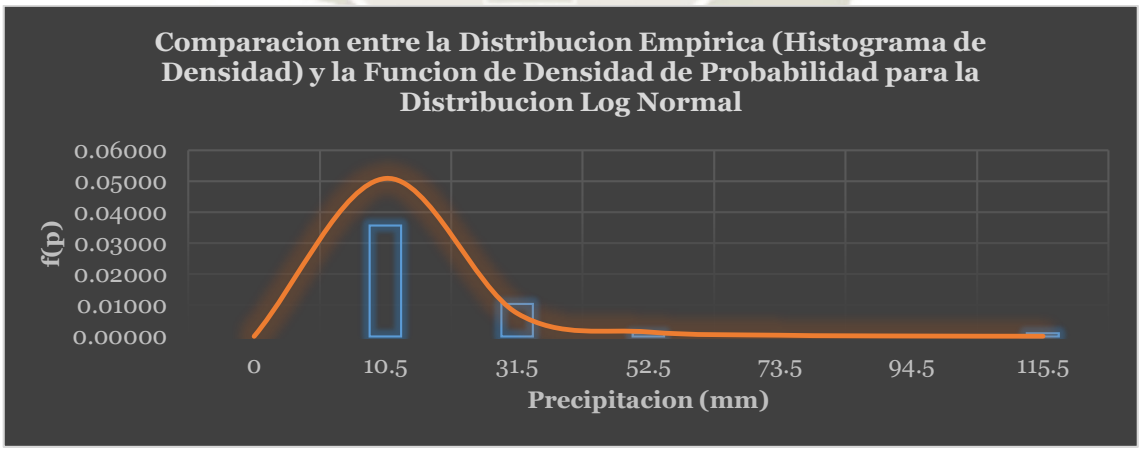
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Weibul



Ahora se analiza la distribución Log Normal con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (**1983 y 2013**). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Gráfico de Comparación entre la Distribución Empírica (Histograma de Densidad) y la Función de Densidad de Probabilidad para la Distribución Log Normal (con datos Dudosos)



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

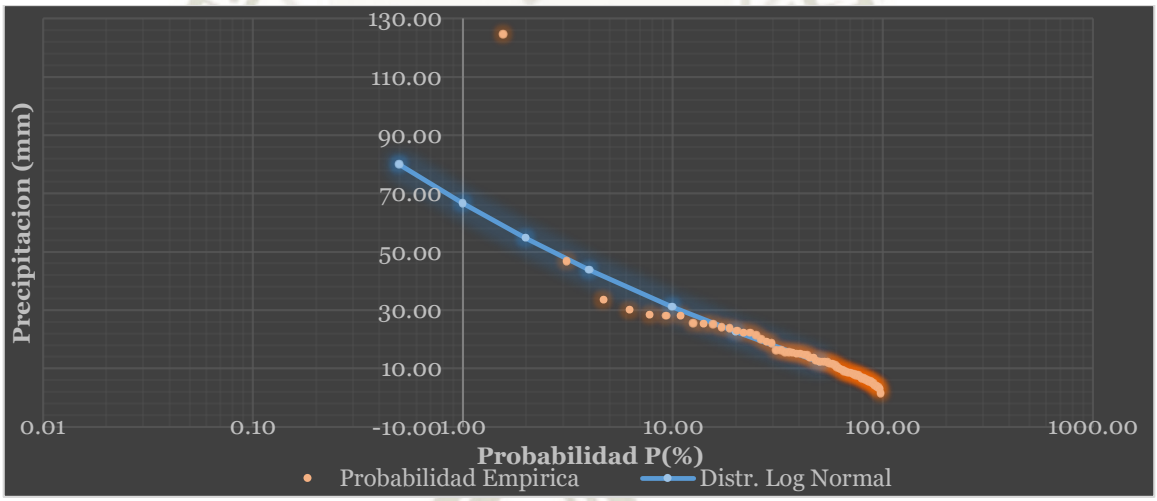
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Log Normal – Método de Momentos (con el dato excepcional)

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	1.0860	12.1897
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	1.3527	22.5276
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	1.4923	31.0650
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	1.6410	43.7566
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	1.7371	54.5912
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	1.8235	66.6085
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	1.9026	79.9098

Entonces, según la Distribución Log Normal la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 66.6085 mm.

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



Distribución Log Normal II Parámetros

Las tablas de distribución normal estándar pueden ser usadas para evaluar la distribución Log Normal

Entonces la media y desviación estándar de los datos son:

Nro. Datos =	61.000
Media =	2.497
Des. Est. =	0.622
Coef. Asim. =	-0.203
Sumatoria =	152.307

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por consiguiente, de la tabla 1 del apéndice A. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 284, 1992)*

$$\mathbf{Z} = 2.3267$$

Si

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{lnx - \mu_y}{\sigma_y}$$

Entonces se obtiene, la distribución normal estándar:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

$$\mathbf{Z \sim N\ (0,1)}$$

$$Y = \mu + Z * \sigma$$

$$Y = 2.4968 + 2.3267 * 0.6223$$

$$Y = 3.9448$$

$$Y = lnx \Rightarrow P = e^{y}$$

$$Y = e^{3.9448}$$

$$Y = 51.6669\ mm$$

Entonces, según la Distribución Log Normal de II Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 51.6669 mm.

Cuadro de Distribución Log Normal II Parámetros (Tabla) – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	0.0000	2.4968	12.1441
2	5	0.8000	0.8415	3.0205	20.5022
3	10	0.9000	1.2817	3.2945	26.9634
4	25	0.9600	1.7511	3.5866	36.1112
5	50	0.9800	2.0540	3.7751	43.6022
6	100	0.9900	2.3267	3.9448	51.6669
7	200	0.9950	2.5750	4.0993	60.3006

Y luego calculado z, utilizando la aproximación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}$$

El error de esta fórmula es menor que 0.00045 en z *(Abramowitz y Stegun, 1965)*

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99$$

$$w = 3.0349$$

$$K_T = 2.3268$$

$$Y = \overline{Y} + K_T * S_Y$$

$$Y = 2.4968 + 2.3268 * 0.6223$$

$$Y = 3.9449$$

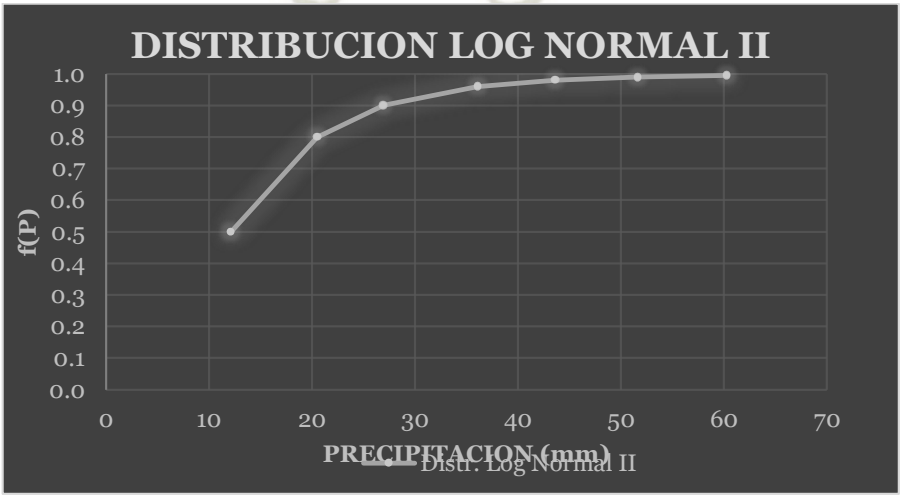
$$10^{3.9449} = 51.6697\ mm$$

Cuadro de Distribución Log Normal II Parámetros – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	2.4968	12.1441
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	3.0205	20.5016
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	3.2945	26.9639
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	3.5866	36.1107
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	3.7752	43.6073
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	3.9449	51.6697
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	4.1001	60.3470

Entonces, según la Distribución Log Normal de II Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 51.6697 mm.

Gráfico de Distribución Log Normal II Parámetros



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

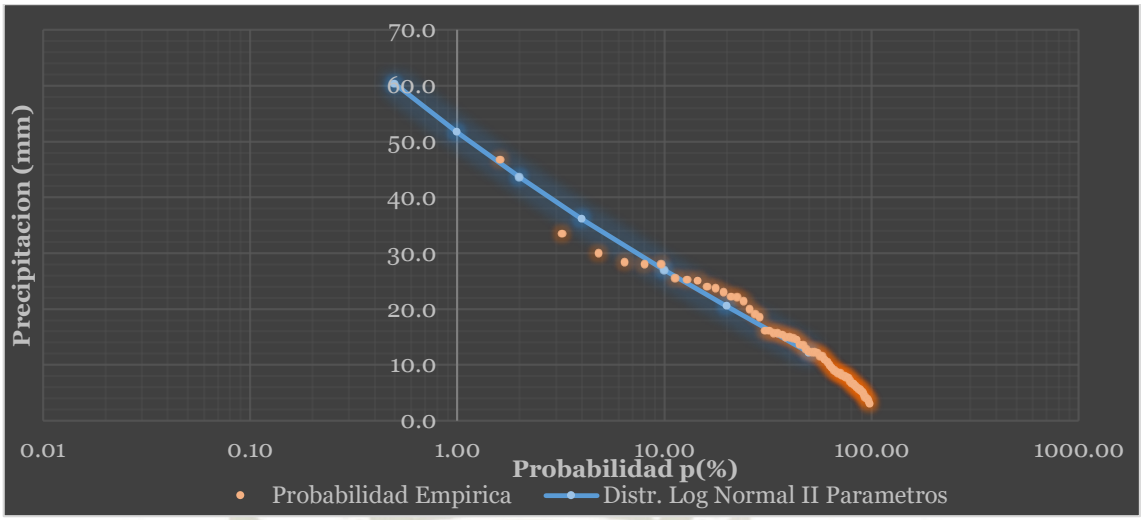
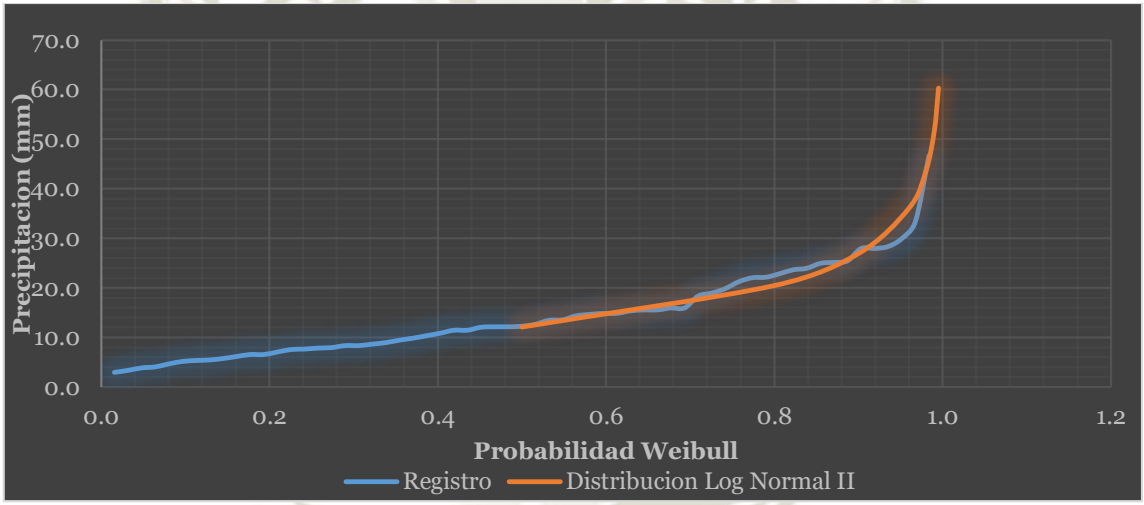


Gráfico de Curva de Probabilidad Weibul



Ahora se analiza la distribución Log Normal II Parmetros con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (**1983 y 2013**). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

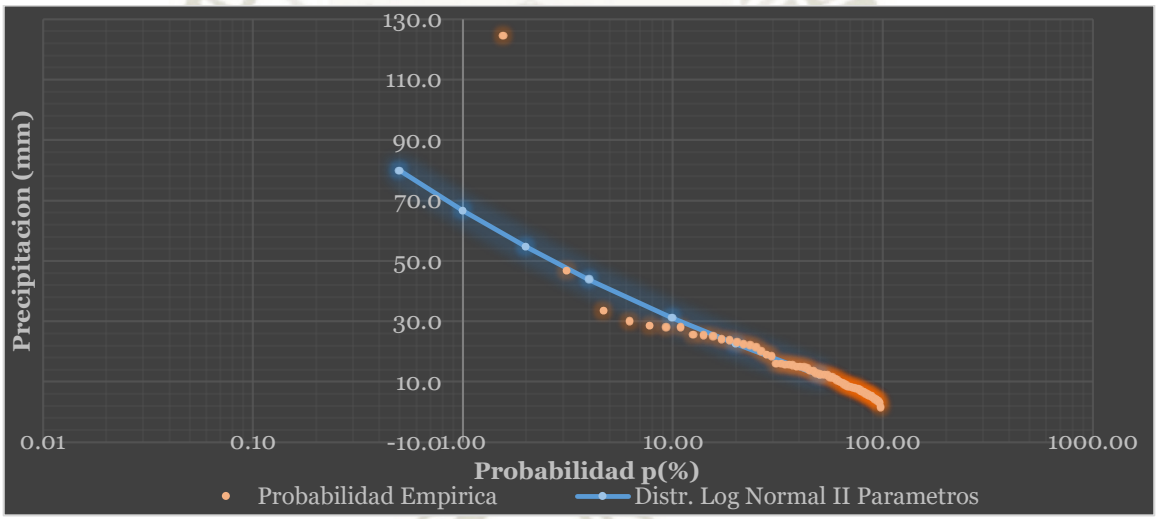
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Log Normal II Parámetros – Método de Momentos (con el dato excepcional)

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	2.5006	12.1897
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	3.1147	22.5276
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	3.4361	31.0650
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	3.7786	43.7566
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	3.9999	54.5912
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	4.1988	66.6085
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	4.3809	79.9098

Entonces, según la Distribución Log Normal de II Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 66.6085 mm.

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



Distribución Log Normal III Parámetros

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los datos son:

Nro. Datos =	61.000
Media =	14.536
Des. Est. =	8.760
Coef. Asim. =	1.152
Sumatoria =	886.700

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por consiguiente, de la tabla 1 del apéndice A. *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 284, 1992)*

$$\mathbf{Z} = 2.3267$$

Se deduce lo siguiente:

$$\boldsymbol{\sigma_y} = \sqrt{\frac{\mathrm{g} - \mathbf{0.52}}{\mathbf{4.85}}}$$

$$\boldsymbol{\sigma_y} = 0.361$$

$$\boldsymbol{\sigma^2{}_y} = 0.130$$

$$\boldsymbol{\sigma^2{}_x} = 76.729$$

$$\mu_y = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\left[\boldsymbol{ln}\left(\frac{\boldsymbol{\sigma^2{}_x}}{\boldsymbol{e^{\sigma^2{}_y}} - \mathbf{1}}\right) - \boldsymbol{\sigma^2{}_y}\right]$$

$$\mu_y = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\left[\boldsymbol{ln}\left(\frac{\mathbf{76.729}}{\boldsymbol{e^{0.13}} - \mathbf{1}}\right) - \mathbf{0.13}\right]$$

$$\mu_y = 3.156$$

$$\boldsymbol{X_o} = \mu_x - \boldsymbol{e}^{(\mu_y + \frac{\boldsymbol{\sigma_y^2}}{\mathbf{2}})}$$

$$\boldsymbol{X_o} = \mathbf{14.536} - \boldsymbol{e}^{(\mathbf{3.156} + \frac{\mathbf{0.13}}{\mathbf{2}})}$$

$$\boldsymbol{X_o} = -10.529$$

$$\boldsymbol{Y} = \mu_y + \boldsymbol{Z} * \boldsymbol{\sigma_y}$$

$$\boldsymbol{Y} = \mathbf{3.156} + \mathbf{2.3267} * \mathbf{0.361}$$

$$\boldsymbol{Y} = 3.9960$$

$$\boldsymbol{y} = \mathbf{ln}(\boldsymbol{x} - \boldsymbol{x_o}) \Rightarrow \boldsymbol{x} = \boldsymbol{x_o} + \boldsymbol{e^y}$$

$$\boldsymbol{x} = -\mathbf{10.529} + \boldsymbol{e}^{\mathbf{3.9960}}$$

$$\boldsymbol{x} = 43.8507\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Log Normal III Parámetros (Tabla) – Métodos de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	0.0000	3.1564	12.9560
2	5	0.8000	0.8415	3.4600	21.2890
3	10	0.9000	1.2817	3.6189	26.7669
4	25	0.9600	1.7511	3.7883	33.6511
5	50	0.9800	2.0540	3.8976	38.7541
6	100	0.9900	2.3267	3.9960	43.8507
7	200	0.9950	2.5750	4.0856	48.9483

Entonces, según la Distribución Log Normal de III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 43.8507 mm.

Y luego calculado z, utilizando la aproximación:

$$\boldsymbol{Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}}$$

El error de esta fórmula es menor que 0.00045 en z *"Abramowitz y Stegun, 1965"*

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99}$$

$$\boldsymbol{w} = 3.0349$$

$$\boldsymbol{K_T} = 2.3268$$

$$\boldsymbol{Y = \overline{Y} + K_T * S_Y}$$

$$\boldsymbol{Y} = 3.156 + 2.3268 * 0.361$$

$$\boldsymbol{Y} = 3.9960$$

$$10^{3.9960} = 43.824\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Log Normal III Parámetros – Métodos de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	3.1564	12.9560
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	3.4600	21.2885
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	3.6189	26.7673
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	3.7883	33.6508
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	3.8976	38.7575
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	3.9960	43.8524
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	4.0860	48.9748

Entonces, según la Distribución Log Normal de III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 43.8524 mm.

Gráfico de Distribución Log Normal III Parámetros

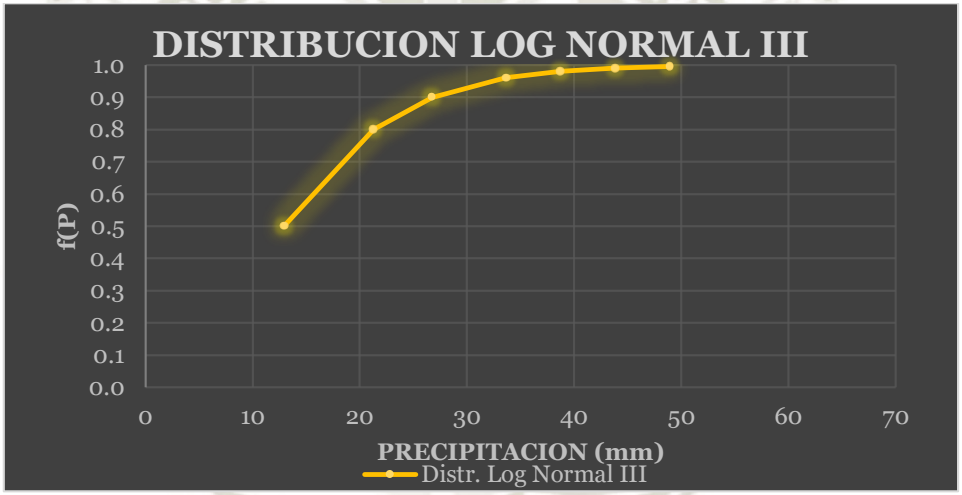
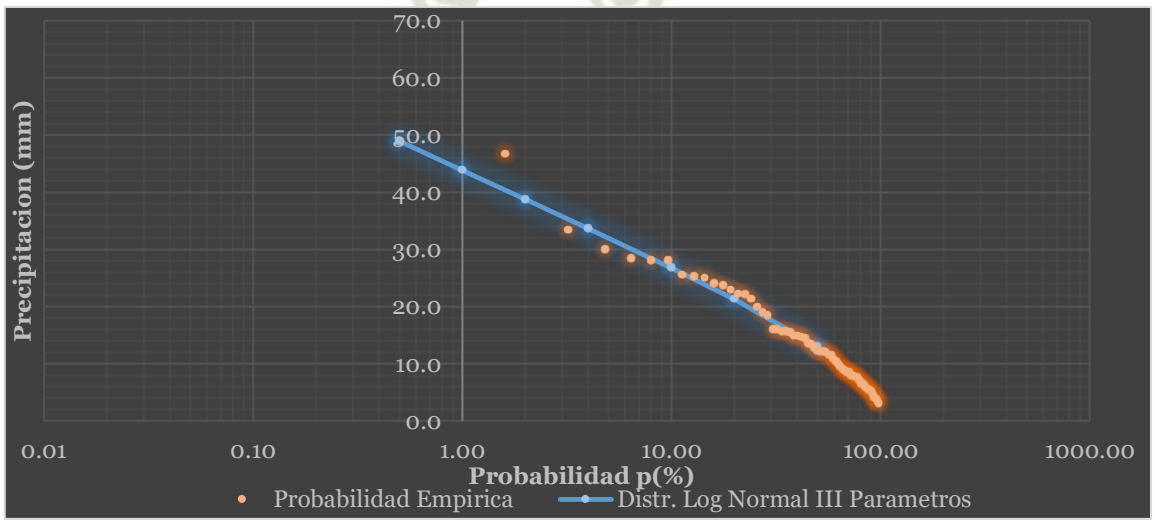


Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

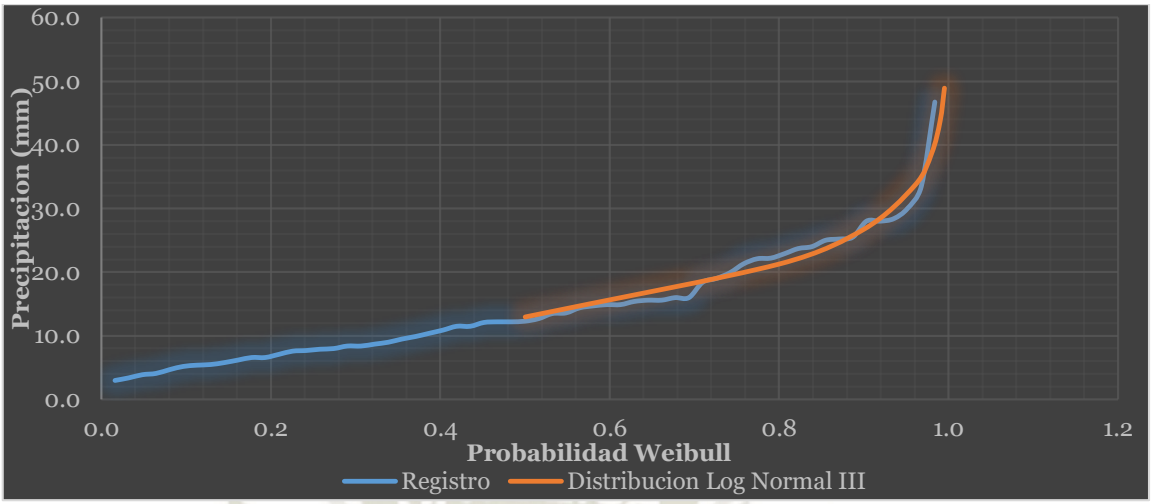


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Weibull



Ahora se analiza la distribución Log Normal III Parámetros con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (**1983 y 2013**). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Cuadro de Distribución Log Normal III Parámetros – Método de Momentos (con el dato excepcional)

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	2.6092	8.3798
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	3.4063	24.9458
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	3.8234	40.5511
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	4.2680	66.1720
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	4.5552	89.9143
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	4.8134	117.9419
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	5.0497	150.7699

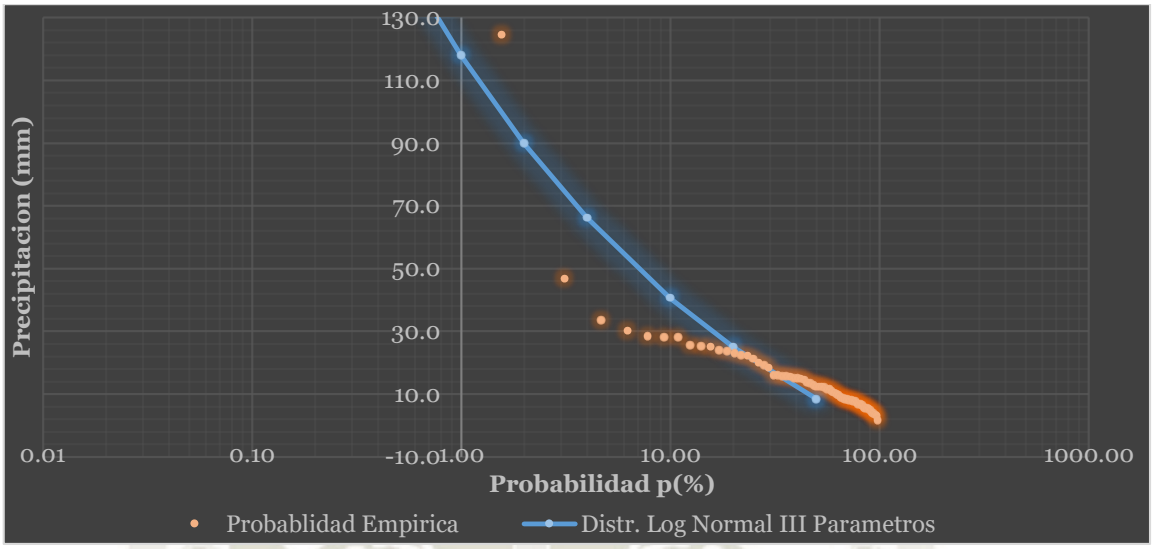
Entonces, según la Distribución Log Normal de III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 117.9419 mm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



Distribución Gumbel (Distribución Extrema Tipo I)

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los datos son:

Nro. Datos =	61.000
Media =	14.536
Des. Est. =	8.760
Coef. Asim. =	1.152
Sumatoria =	886.700

Para 100 años de registro, de la Tabla 9.6 *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 264, 1992)*

$$\boldsymbol{\sigma_y} = 1.1758$$

$$\mu_{\boldsymbol{y}} = 0.5524$$

$$\boldsymbol{\alpha} = \frac{1.1758}{8.760} \quad ; \quad \boldsymbol{\beta} = 14.536 - \frac{0.5524}{\boldsymbol{\alpha}}$$

$$\boldsymbol{\alpha} = 0.1342 \quad ; \quad \boldsymbol{\beta} = 10.4208$$

$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{\beta} - \frac{\mathbf{1}}{\alpha} * \mathbf{ln\ ln}\left(\frac{\boldsymbol{T}}{\boldsymbol{T-1}}\right)$$

$$\boldsymbol{Z} = -\mathbf{ln}\left(\mathbf{ln}\left(\frac{\boldsymbol{T-1}}{\boldsymbol{T}}\right)\right)$$

$$\boldsymbol{Z} = 4.6001$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Y = \beta + \frac{Z}{\alpha}$$

$$Y = 10.4208 + \frac{4.6001}{0.1342}$$

$$Y = 44.6911\ mm$$

Cuadro de Distribución Gumbel (Tabla) – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	0.3665	13.1512
2	5	0.8000	1.4999	21.5951
3	10	0.9000	2.2504	27.1856
4	25	0.9600	3.1985	34.2493
5	50	0.9800	3.9019	39.4896
6	**100**	**0.9900**	**4.6001**	**44.6911**
7	200	0.9950	5.2958	49.8737

Para la distribución de valor extremo Tipo I, *(Ven Te Chow,1953 pág. 402, 1994)* dedujo la siguiente expresión

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} * \left\{0.5772 + ln\left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}$$

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} * \left\{0.5772 + ln\left[ln\left(\frac{100}{100-1}\right)\right]\right\}$$

$$K_T = 3.1367$$

$$x_T = \bar{X} + K_T * S$$

$$x_T = 14.536 + 3.1367 * 8.760$$

$$x_T = 42.0119\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Gumbel - Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	-0.1643	13.0971
2	5	0.8000	0.7195	20.8382
3	10	0.9000	1.3046	25.9634
4	25	0.9600	2.0438	32.4392
5	50	0.9800	2.5923	37.2432
6	**100**	**0.9900**	**3.1367**	**42.0119**
7	200	0.9950	3.6791	46.7631

Entonces, según la distribución Gumbel (Valor Extremo Tipo I) la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 42.0119 mm.

Gráfico de Distribución Gumbel

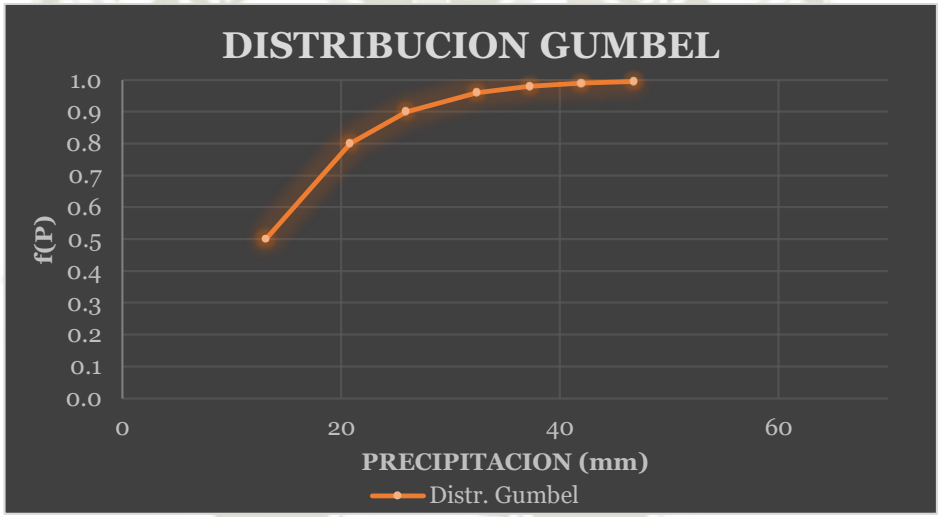
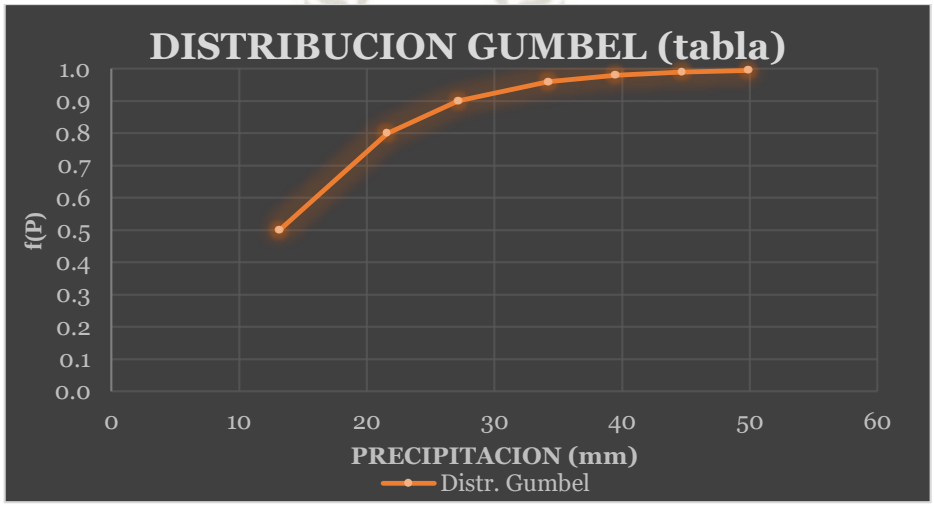


Gráfico de Distribución Gumbel (Tabla)



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

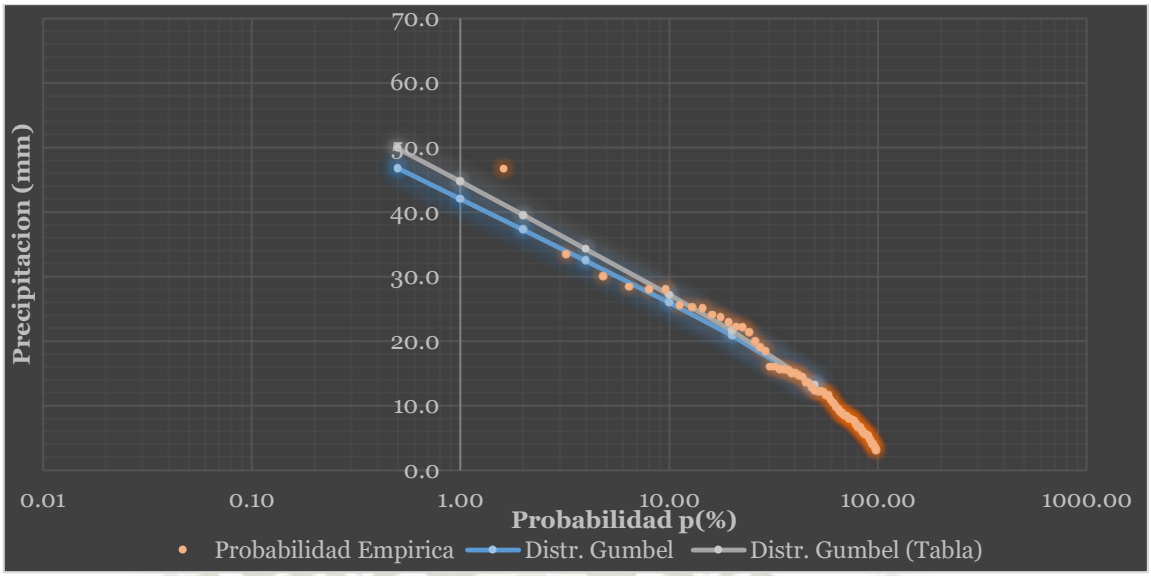
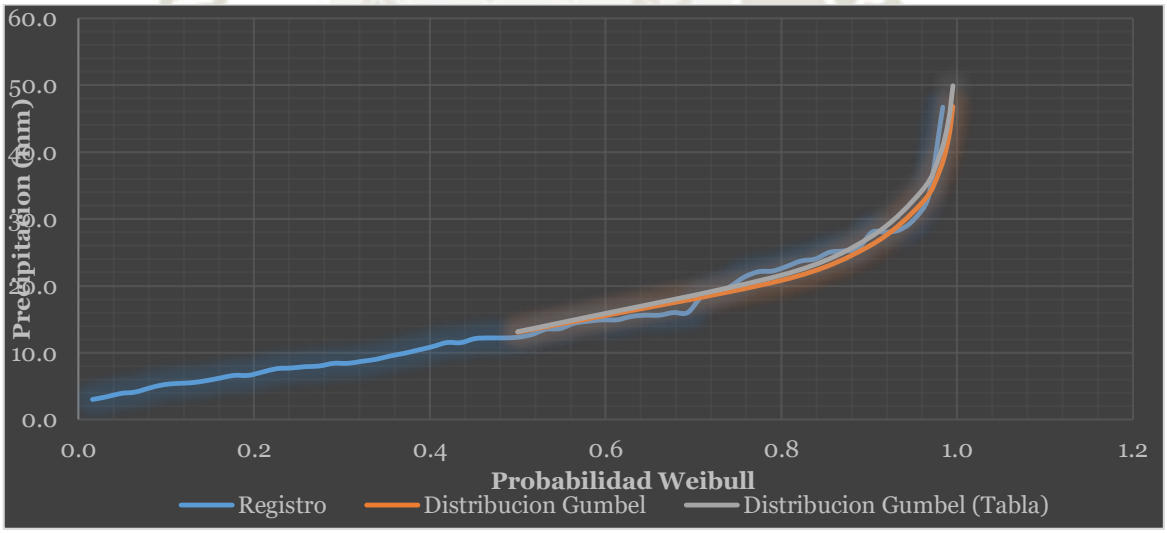


Gráfico de Curva de Probabilidad Weibull



Ahora se analiza la distribución Gumbel con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (**1983 y 2013**). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

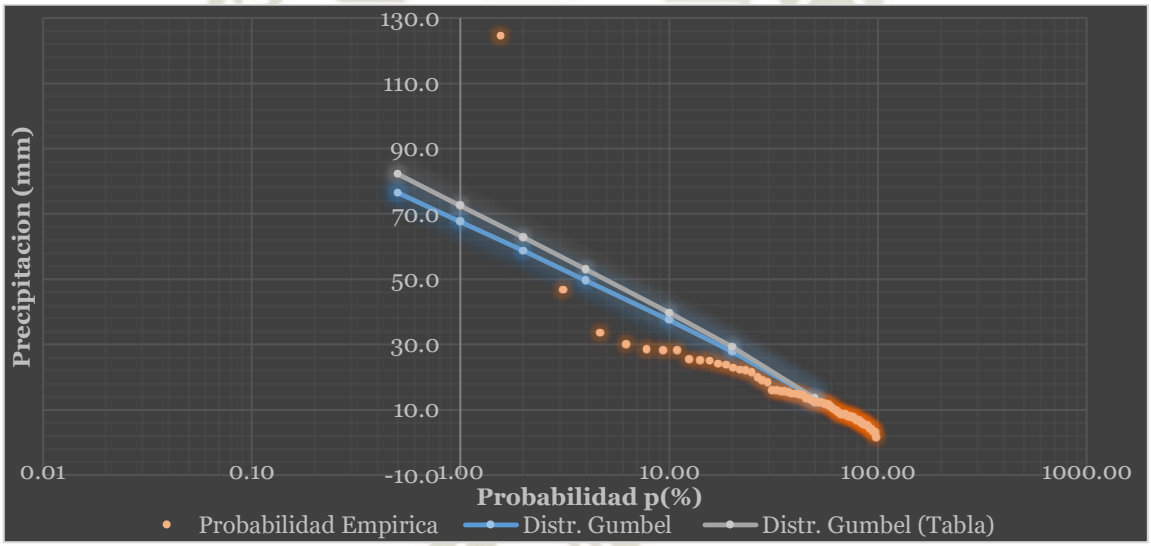
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Gumbel – Método de Momentos (con el dato excepcional)

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	P (mm)
1	2	0.5000	-0.1643	13.3772
2	5	0.8000	0.7195	27.8882
3	10	0.9000	1.3046	37.4958
4	25	0.9600	2.0438	49.6350
5	50	0.9800	2.5923	58.6405
6	100	0.9900	3.1367	67.5795
7	200	0.9950	3.6791	76.4859

Entonces, según la distribución Gumbel (Valor Extremo Tipo I) la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 67.5795 mm.

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



Distribución Log Gumbel

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los logaritmos naturales de los datos son:

Nro. Datos =	61.000
Media =	2.497
Des. Est. =	0.622
Coef. Asim. =	-0.203
Sumatoria =	152.307

Entonces, para T = 100 años la función de distribución de probabilidad es:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\boldsymbol{F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99}$$

Parámetros de la distribución Long Gumbel

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S}$$

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * 0.622}$$

$$\boldsymbol{\alpha} = 0.4852$$

$$\boldsymbol{\mu = \bar{X} - 0.45 * S}$$

$$\boldsymbol{\mu = 2.497 - 0.45 * 0.622}$$

$$\boldsymbol{\mu} = 2.2168$$

$$\boldsymbol{F(x) = e^{-e^{-(y)}} = 0.99}$$

$$\boldsymbol{F(x) = ln(e^{-e^{-(y)}}) = ln(0.99)}$$

$$\boldsymbol{F(x) = -e^{-y} = ln(0.99)}$$

$$\boldsymbol{F(x) = ln(-e^{-y}) = ln(ln(0.99))}$$

$$\boldsymbol{F(x) = -y = -4.6001}$$

$$\boldsymbol{F(x) = y} = 4.6001$$

$$\boldsymbol{y = \frac{lnx - \mu}{\alpha}}$$

$$\boldsymbol{lnx = 2.2168}$$

$$\boldsymbol{x = e^{4.4489}}$$

$$\boldsymbol{x} = 85.5344\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Log Gumbel

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	0.3665	2.3946	10.9642
2	5	0.8000	1.4999	2.9446	19.0032
3	10	0.9000	2.2504	3.3087	27.3505
4	25	0.9600	3.1985	3.7688	43.3287
5	50	0.9800	3.9019	4.1101	60.9544
6	100	0.9900	4.6001	4.4489	85.5344
7	200	0.9950	5.2958	4.7865	119.8780

Entonces, según la Distribución Log Gumbel la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 85.5344 mm.

Gráfico de Distribución Log Gumbel

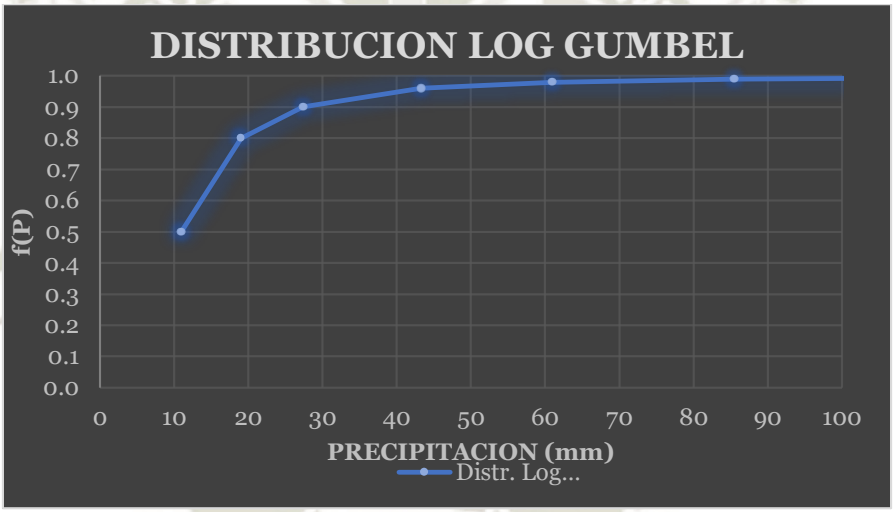
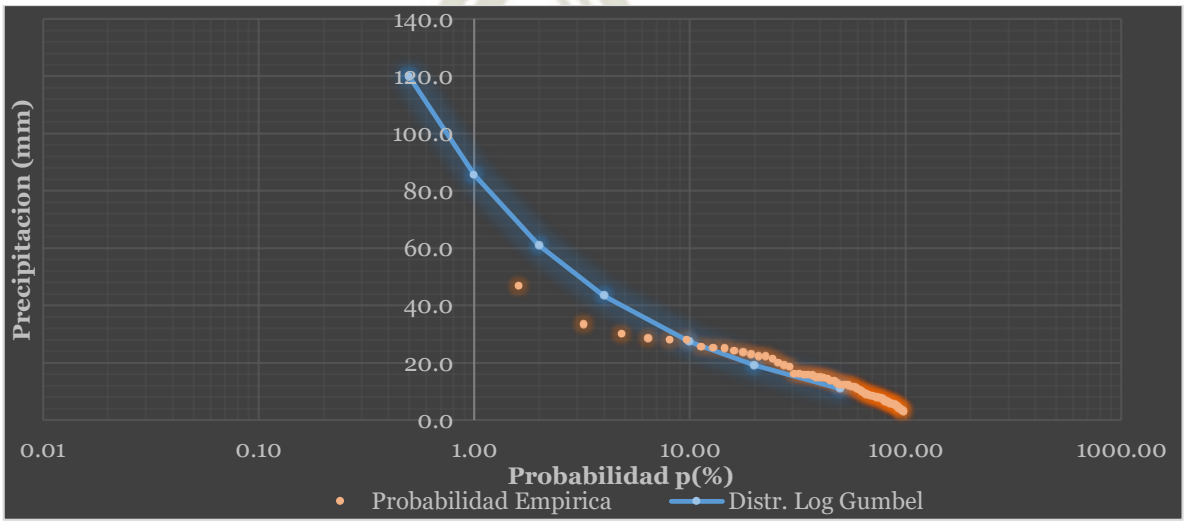


Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

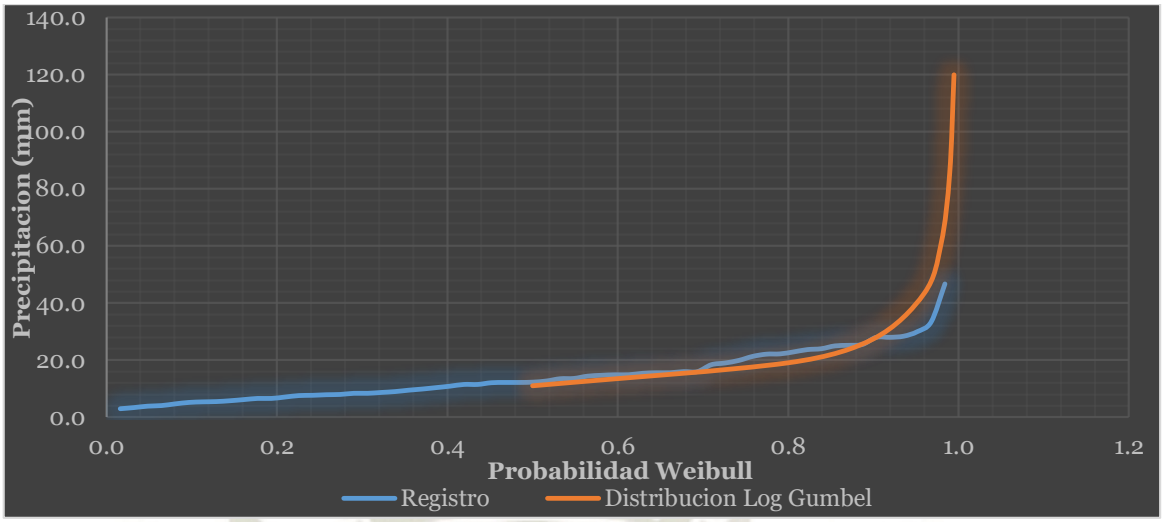


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Weibull



Ahora se analiza la distribución Log Gumbel con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (**1983 y 2013**). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Cuadro de Distribución Log Gumbel – Método de Momentos (con el dato excepcional)

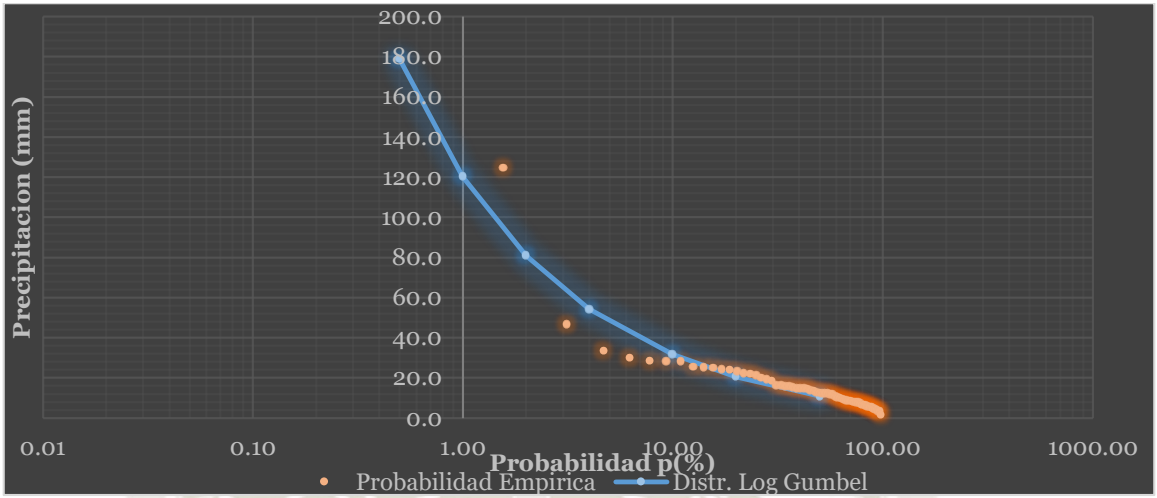
ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	Y	P (mm)
1	2	0.5000	0.3665	2.3807	10.813
2	5	0.8000	1.4999	3.0257	20.609
3	10	0.9000	2.2504	3.4528	31.588
4	25	0.9600	3.1985	3.9924	54.182
5	50	0.9800	3.9019	4.3926	80.854
6	100	0.9900	4.6001	4.7900	120.299
7	200	0.9950	5.2958	5.1859	178.728

Entonces, según la Distribución Log Gumbel la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 120.299 mm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



Distribución Gamma II Parámetros

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los logaritmos naturales de los datos son:

Nro. Datos =	61.000
Media =	2.497
Des. Est. =	0.622
Coef. Asim. =	-0.203
Sumatoria =	152.307

Parámetros de la distribución Gamma:

$$\boldsymbol{y = ln\bar{X} - \overline{lnX}}$$

$$\boldsymbol{y = ln(14.536) - 2.497}$$

$$\boldsymbol{y} = 0.1798$$

(Greenwood y Durand, 1960), presentan las siguientes relaciones aproximadas:

$$\boldsymbol{0 \leq y \leq 0.5772}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{0.5000876 + 0.1648852 * y - 0.0544274 * y^2}{y}}$$

$$\boldsymbol{0.5772 < y \leq 17}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{8.898919 + 9.05995 * y + 0.9775373 * y^2}{y * (17.79728 + 11.968477 * y + y^2)}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Como y = 0.1798 < 0.5772, se utiliza para el cálculo de γ la ecuación:

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{0.5000876 + 0.1648852 * y - 0.0544274 * y^2}{y}}$$

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{0.5000876 + 0.1648852 * 0.1798 - 0.0544274 * 0.1798^2}{0.1798}}$$

$$\boldsymbol{\gamma} = 2.9366$$

de la ecuación se tiene

$$\boldsymbol{\beta = \frac{\overline{X}}{\gamma}}$$

$$\boldsymbol{\beta = \frac{14.536}{2.9366}}$$

$$\boldsymbol{\beta} = 4.9500$$

Grado de libertad ν, para determinar la probabilidad de excedencia

$$\boldsymbol{\nu = 2 * \gamma = 6}$$

De la tabla A.7 del apéndice *(Hidrología Estadística, Máximo Villon Bejar. Pág. 422, 2005)*

Para ν = 6, y 1 - F(x) = 0.01, se obtiene : $X^2 = 16.812$

$$\boldsymbol{x^2 = \frac{2x}{\beta} = \frac{2q}{\beta} \rightarrow q = \frac{\beta x^2}{2}}$$

$$\boldsymbol{q = \frac{4.9500 * 16.812}{2}}$$

$$\boldsymbol{q} = 41.6097\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución Gamma II Parámetros (Tabla) – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	X^2	P (mm)
1	2	0.5000	0.5000	5.348	13.2363
2	5	0.8000	0.2000	8.558	21.1810
3	10	0.9000	0.1000	10.645	26.3464
4	25	0.9600	0.0400	13.335	33.0036
5	50	0.9800	0.0200	15.033	37.2066
6	100	0.9900	0.0100	16.812	41.6097
7	200	0.9950	0.0050	18.548	45.9063

Entonces, según la Distribución Gamma II Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 41.9063 mm.

Gráfico de Distribución Gamma II Parámetros

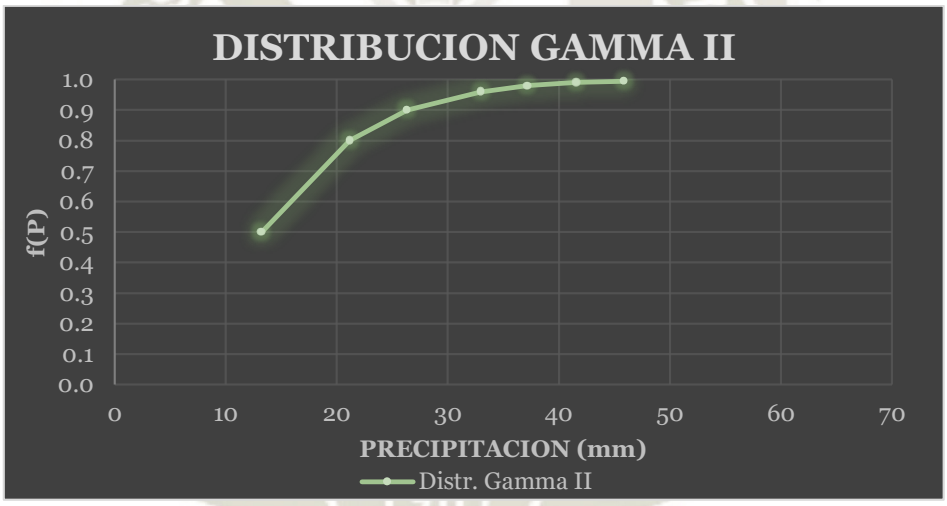
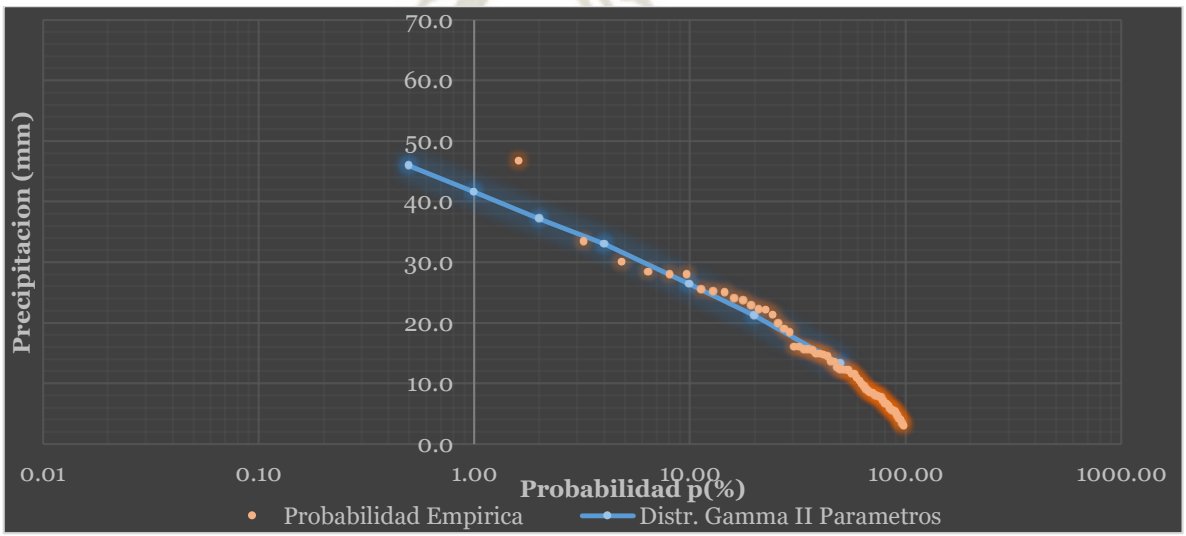


Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

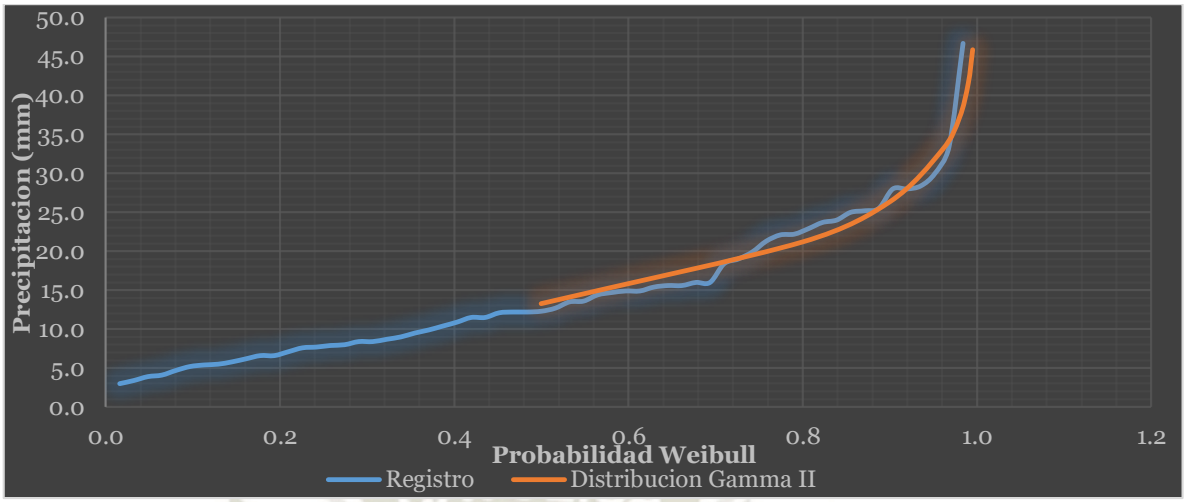


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Weibull



Ahora se analiza la distribución Gamma II Parámetros con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (**1983 y 2013**). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Cuadro de Distribución Gamma II Parámetros – Método de Momentos (con el dato excepcional)

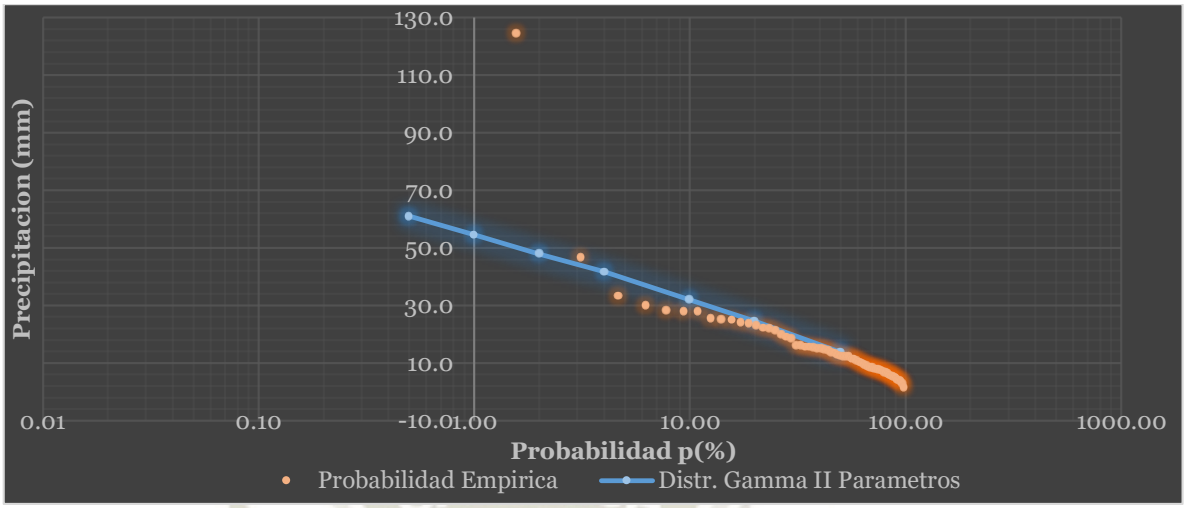
ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias Z	X^2	P (mm)
1	2	0.5000	0.5000	3.357	13.7837
2	5	0.8000	0.2000	5.989	24.5906
3	10	0.9000	0.1000	7.779	31.9403
4	25	0.9600	0.0400	10.150	41.6756
5	50	0.9800	0.0200	11.668	47.9084
6	100	0.9900	0.0100	13.277	54.5149
7	200	0.9950	0.0050	14.860	61.0147

Entonces, según la Distribución Gamma II Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 54.5149 mm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



Distribución Pearson Tipo III o Gamma III Parámetros

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los datos son:

Nro. Datos =	61.000
Media =	14.536
Des. Est. =	8.760
Coef. Asim. =	1.152
Sumatoria =	886.700

Calculando valores de α, β y δ

$$g = \frac{2}{\sqrt{\beta}}$$

$$\beta = 3.016$$

$$S^2 = \alpha^2 * \beta$$

$$\alpha = 5.044$$

El valor de x^2 y el número de grados de libertad son entonces:

$$\nu = 2\beta_1 = 2 * 3.016 = 6.0$$

De la tabla 4 del apéndice A (*Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 288, 1992)* se obtiene por interpolación para ν=6.0; $x^2_{0.99}$= 16.8120

Siendo la anterior una función ji cuadrada con $2\beta_1$ grados de libertad y $X^2 = 2y$.

$$F(y) = F(x^2\nu) = F_{x^2}(2y \mid 2\beta_1)$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$y = 8.4060$$

$$\boldsymbol{\delta} = \bar{\boldsymbol{x}} - \alpha * \boldsymbol{\beta}$$

$$\boldsymbol{\delta} = 14.536 - 5.044 * 3.016$$

$$\boldsymbol{\delta} = -0.677$$

$$\boldsymbol{Y} = \boldsymbol{X} * \alpha + \boldsymbol{\delta}$$

$$\boldsymbol{Y} = 8.4060 * 5.044 + (-0.677)$$

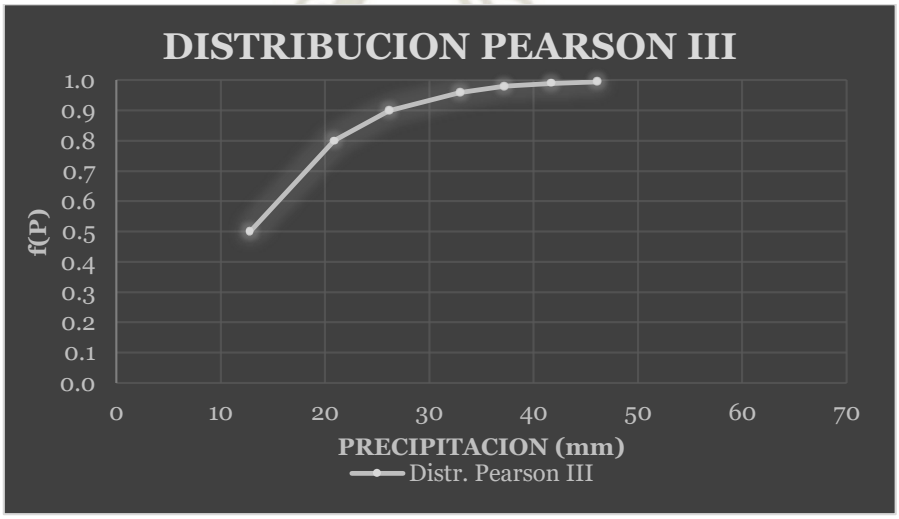
$$\boldsymbol{Y} = 41.7208\ mm$$

Cuadro de Distribución Pearson Tipo III (Tabla) – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias X^2	Y	P (mm)
1	2	0.5000	5.3480	2.6740	12.8102
2	5	0.8000	8.5580	4.2790	20.9053
3	10	0.9000	10.6450	5.3225	26.1685
4	25	0.9600	13.3350	6.6675	32.9523
5	50	0.9800	15.0330	7.5165	37.2344
6	100	0.9900	16.8120	8.4060	41.7208
7	200	0.9950	18.5480	9.2740	46.0987

Entonces, según la Distribución Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 41.7208 mm.

Gráfico de Distribución Pearson Tipo III



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

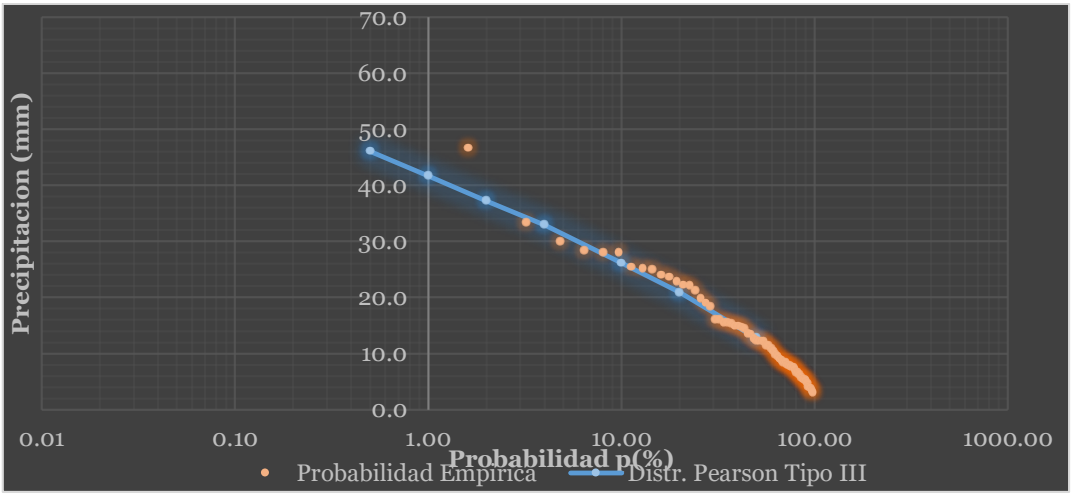
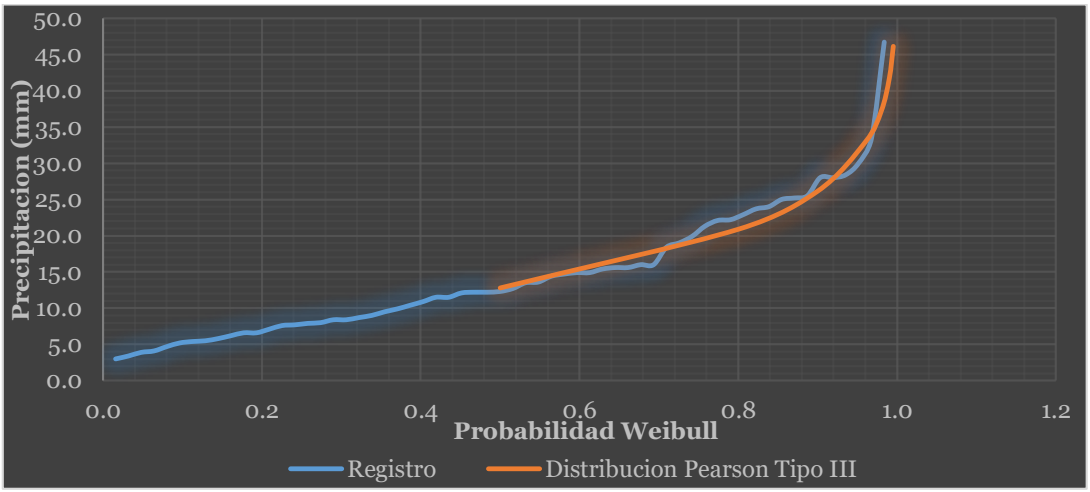


Gráfico de Curva de Probabilidad de Weibull



Según los *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 261, 1992)*

Entonces la media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de los datos son:

Nro. Datos =	61.000
Media =	14.536
Des. Est. =	8.760
Coef. Asim. =	1.152
Sumatoria =	886.700

Calculando valores de α, β y δ

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\gamma = \frac{(x_1^3 - \overline{x})^3/n}{S^3}$$

$$\gamma = 1.764$$

$$\beta = 1.286$$

$$S^2 = \alpha^2 * \beta$$

$$\alpha = 7.724$$

El valor de x^2 y el número de grados de libertad son entonces:

$$\nu = 2\beta_1 = 2 * 1.286 = 2.6$$

De la tabla 4 del apéndice A *(Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio. Pág. 288, 1992)* se obtiene por interpolación para ν=2.6; $x^2_{0.99}$= 10.4910

Siendo la anterior una función ji cuadrada con $2\beta_1$ grados de libertad y X² = 2y.

$$F(y) = F(x^2\nu) = F_{x^2}(2y \mid 2\beta_1)$$

$$y = 5.2455$$

$$\delta = \overline{x} - \alpha * \beta$$

$$\delta = 14.536 - 7.724 * 1.286$$

$$\delta = 4.603$$

$$Y = X * \alpha + \delta$$

$$Y = 5.2455 * 7.724 + 4.603$$

$$Y = 45.1211\ mm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Distribución (Tabla) Pearson Tipo III

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias X^2	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.9740	0.9870	12.2267
2	5	0.8000	4.0728	2.0364	20.3327
3	10	0.9000	5.5926	2.7963	26.2025
4	25	0.9600	7.6752	3.8376	34.2459
5	50	0.9800	9.0318	4.5159	39.4853
6	100	0.9900	10.4910	5.2455	45.1211
7	200	0.9950	11.9416	5.9708	50.7236

Entonces, según la Distribución Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 45.1211 mm.

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

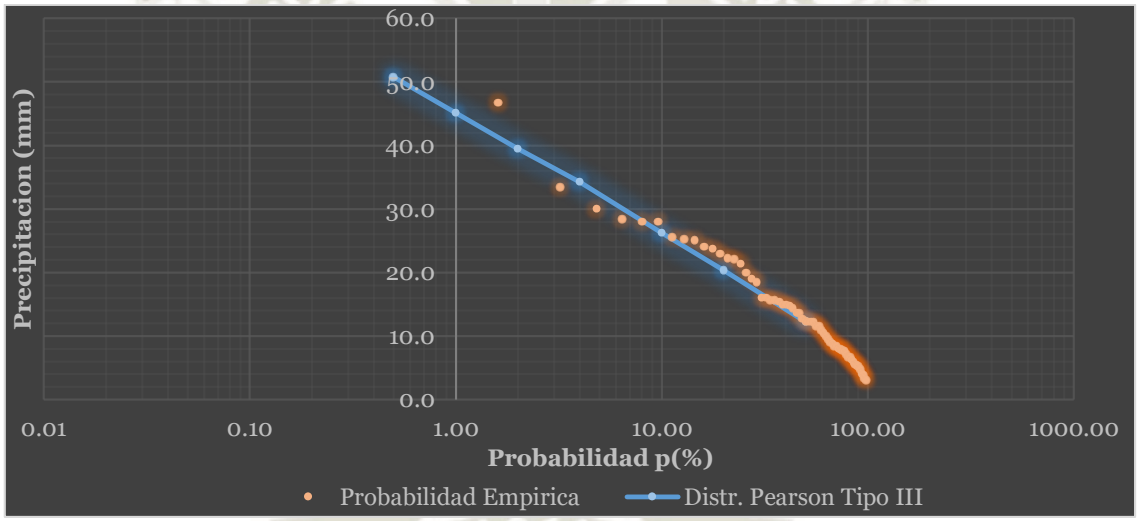
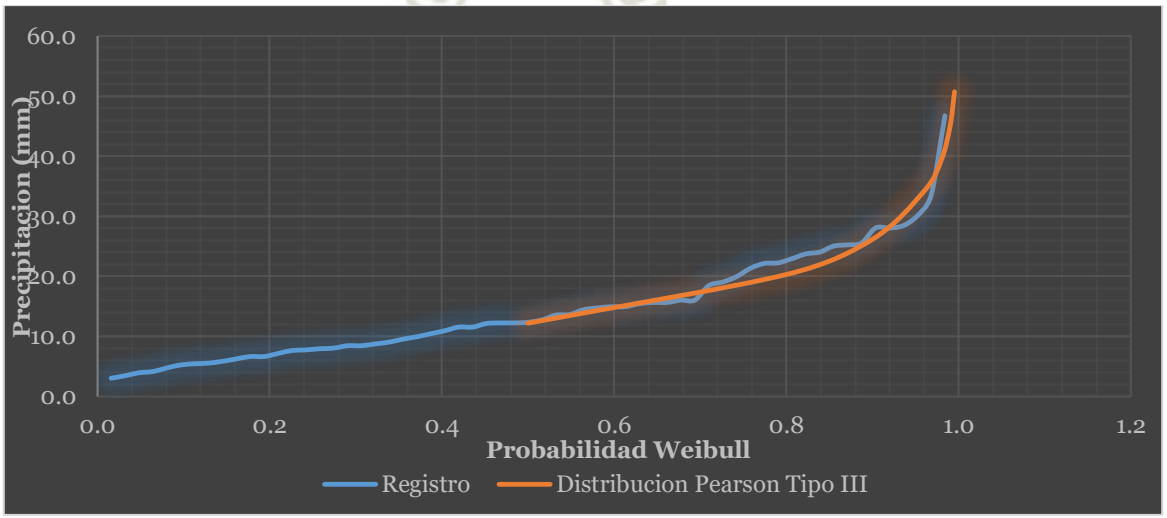


Gráfico de Curva de Probabilidad de Weibull



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

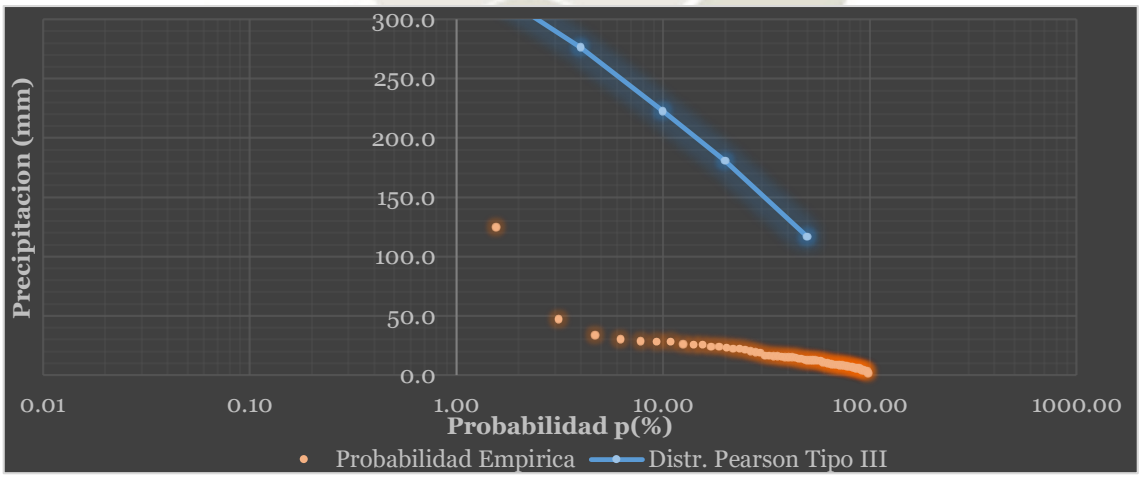
Ahora se analiza la distribución Pearson Tipo III con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (1983 y 2013). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Cuadro de Distribución Pearson Tipo III – Método de Momentos (con el dato excepcional)

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	Factor de frecuencias X^2	Y	P (mm)
1	2	0.5000	5.3480	2.6740	116.3056
2	5	0.8000	8.5580	4.2790	180.5121
3	10	0.9000	10.6450	5.3225	222.2564
4	25	0.9600	13.3350	6.6675	276.0618
5	50	0.9800	15.0330	7.5165	310.0253
6	100	0.9900	16.8120	8.4060	345.6089
7	200	0.9950	18.5480	9.2740	380.3324

Entonces, según la Distribución Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 345.6089 mm.

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



Distribución Log Pearson Tipo III

Se toman los logaritmos de los datos y = log x, logaritmos con base10, luego se calcula sus estadísticas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Nro. Datos =	61.000
Media =	1.084
Des. Est. =	0.270
Coef. Asim. =	-0.203
Sumatoria =	66.146

$$\overline{\boldsymbol{Logx}} = \frac{\sum \boldsymbol{logx}}{\boldsymbol{n}}$$

$$\overline{\boldsymbol{Logx}} = \frac{\mathbf{66.146}}{\mathbf{61}} = 1.0844$$

$$\boldsymbol{\sigma logx} = \sqrt{\frac{\sum(\boldsymbol{logx} - \overline{\boldsymbol{logx}})^{\mathbf{2}}}{\boldsymbol{n-1}}}$$

$$\boldsymbol{\sigma logx} = \sqrt{\frac{\mathbf{4.383}}{\mathbf{61-1}}} = 0.2703$$

Para Cs = 1.152, el valor de K_{100} se obtiene mediante interpolación en la tabla 12.3.1 *(Hidrologia Aplicada, Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, Pag. 404, 1894)*

$$K_{100} = 2.1756$$

$$\boldsymbol{Logx} = \overline{\boldsymbol{logx}} + \boldsymbol{K} * \boldsymbol{\sigma_{logx}}$$

$$\boldsymbol{Logx} = 1.0844 + 2.1756 * 0.2703$$

$$\boldsymbol{Logx} = 1.6724$$

$$\boldsymbol{x} = 10^{1.6724}$$

$$\boldsymbol{x} = 47.0209\ mm$$

Cuadro de Distribución Log Pearson Tipo III (Tabla) – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	KT	LOG X	P (mm)
1	2	0.5000	0.0335	1.0934	12.3999
2	5	0.8000	0.8501	1.3141	20.6122
3	10	0.9000	1.2576	1.4243	26.5621
4	25	0.9600	1.6788	1.5381	34.5224
5	50	0.9800	1.9432	1.6096	40.6970
6	100	0.9900	2.1756	1.6724	47.0299
7	200	0.9950	2.3850	1.7290	53.5759

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Entonces, según la Distribución Log Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 47.0209 mm.

el valor de z correspondiente a una probabilidad de excedencia de p(p=1/T) puede calcularse también encontrando el valor de una variable intermedia w.

$$w = \left[ln(\frac{1}{p^2})\right]^{1/2}$$

Cuando (0 < P < = 0.5)

Cuando P > 0.5, entonces se sustituye P por 1 – P

Y luego calculado z, utilizando la aproximación:

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}$$

El error de esta fórmula es menor que 0.00045 en z *(Abramowitz y Stegun, 1965)*

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{99}{100} = 0.99$$

$$w = 3.0349$$

$$Z = 2.3268$$

Cuando Cs ≠ 0, KT se aproxima por (*Kite, 1977*)como:

$$K_T = Z + (Z^2 - 1) * k + \frac{1}{3} * (Z^3 - 6 * Z) * k^2 - (Z^2 - 1) * k^3 + Z * k^4 + \frac{1}{3} * k^5$$

Donde:

$$k = \frac{C_S}{6}$$

$$K_T = 2.1770$$

$$Y = \overline{Y} + K_T * S_Y$$

$$Y = 1.084 + 2.1770 * 0.270$$

$$Y = 1.6727$$

Entonces

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$x_{100} = 10^{1.6727} = 47.0698\ mm$$

Cuadro de Distribución Log Pearson Tipo III – Método de Momentos

ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	KT	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	0.0338	1.0935	12.4024
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	0.8496	1.3140	20.6062
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	1.2579	1.4243	26.5662
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	1.6792	1.5382	34.5315
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	1.9439	1.6097	40.7144
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	2.1770	1.6727	47.0698
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	2.3862	1.7293	53.6157

Entonces, según la Distribución Log Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 47.0698 mm.

Gráfico de Distribución Log Pearson Tipo III

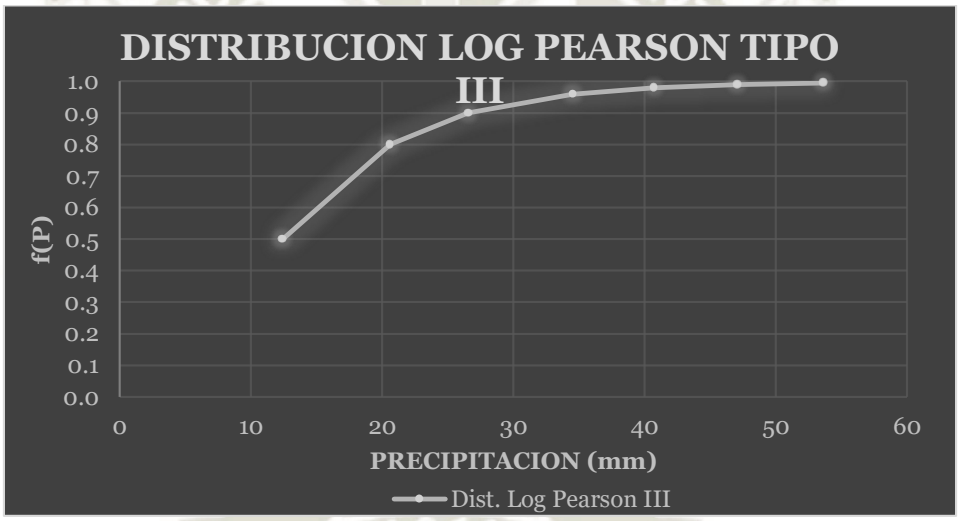
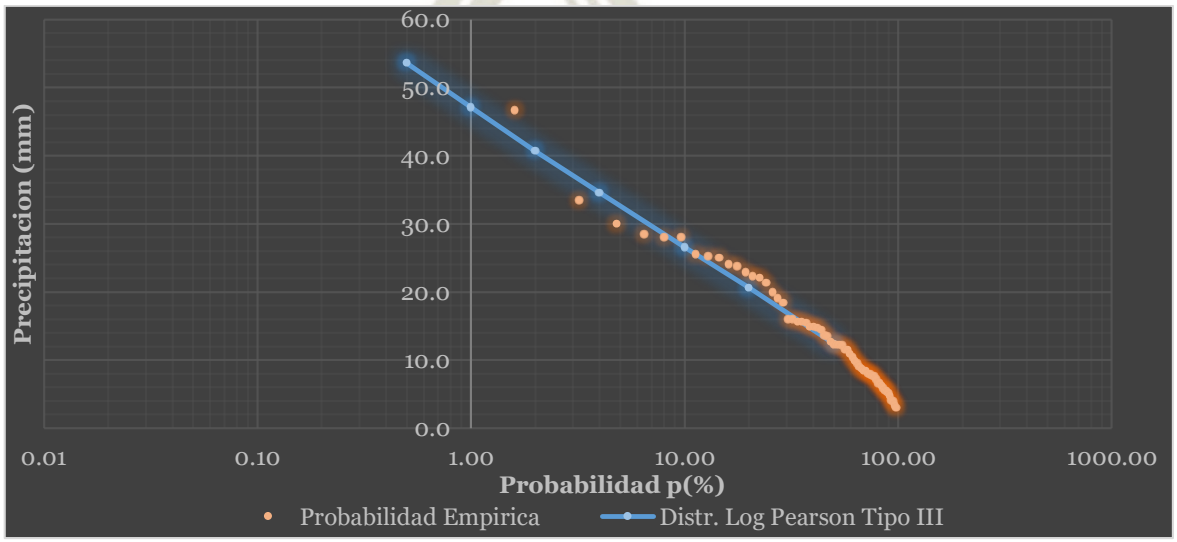


Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica

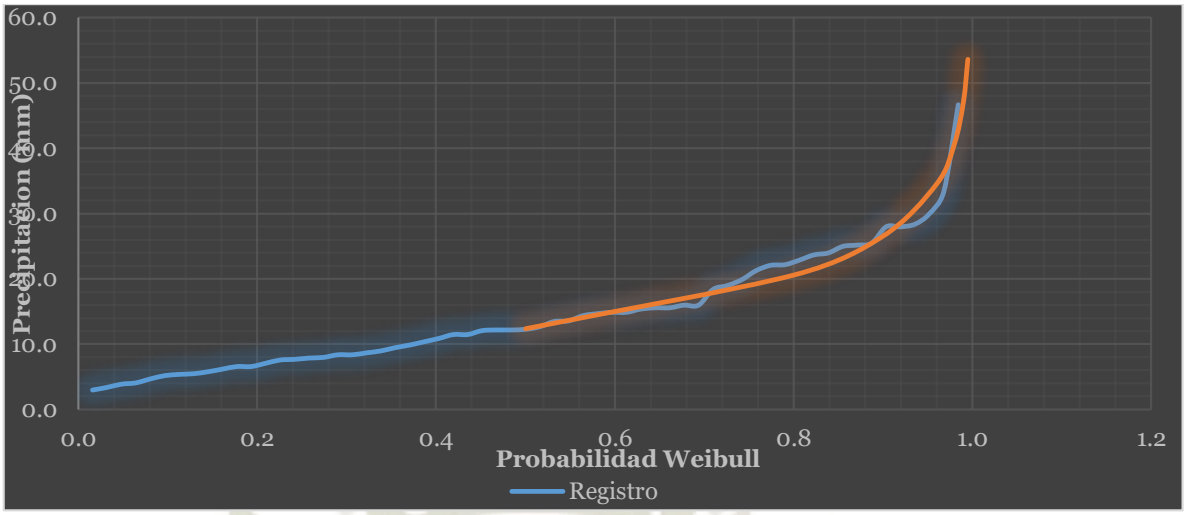


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad de Weibull



Ahora se analiza la distribución Log Pearson Tipo III con los datos dudosos excluidos en el análisis Outliers (1983 y 2013). Con lo cual las precipitaciones 1.5 mm y 124.5 mm respectivamente se incluyen en el registro de la Estación la Pampilla, ahora se evalúan los datos de precipitación máxima de 24 horas como se realizó anteriormente dando los siguientes resultados:

Cuadro de Distribución Log Pearson Tipo III – Método de Momentos (con el dato excepcional)

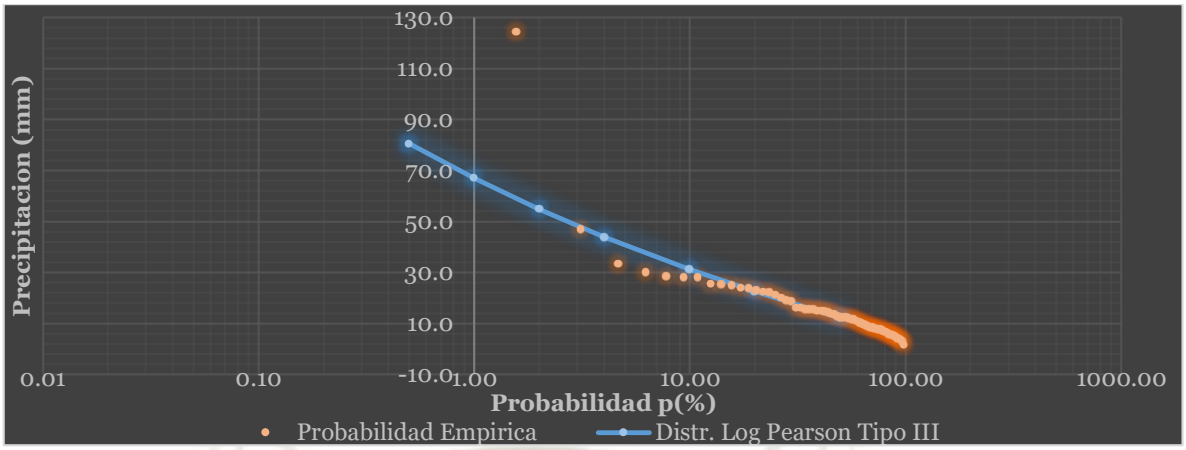
ITEM	Periodo de retorno T	Probabilidad P = 1-1/T	W	Factor de frecuencias Z	KT	Y	P (mm)
1	2	0.5000	1.1774	0.0000	-0.0018	1.0854	12.1740
2	5	0.8000	1.7941	0.8415	0.8409	1.3525	22.5190
3	10	0.9000	2.1460	1.2817	1.2829	1.4926	31.0906
4	25	0.9600	2.5373	1.7511	1.7547	1.6422	43.8731
5	50	0.9800	2.7971	2.0542	2.0599	1.7389	54.8182
6	100	0.9900	3.0349	2.3268	2.3346	1.8260	66.9886
7	200	0.9950	3.2552	2.5762	2.5862	1.9058	80.4928

Entonces, según la Distribución Log Pearson Tipo III Parámetros la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años es 66.9886 mm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Curva de Probabilidad Teórica y Empírica (con el dato excepcional)



Cuadro Resumen Software Hidroesta

Software Hidroesta	Periodo de Retorno						
	2	5	10	25	50	100	200
Distr. Normal	14.54	21.91	25.76	29.87	32.53	34.92	37.10
Distr. Log Normal	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Normal II	12.14	20.50	26.96	36.11	43.61	51.67	60.35
Distr. Log Normal III	12.23	20.40	26.60	35.24	42.24	49.70	57.66
Distr. Gumbel	13.10	20.84	25.96	32.44	37.24	42.01	46.76
Distr. Log Gumbel	10.96	19.00	27.35	43.33	60.95	85.53	119.87
Distr. Gamma II	12.92	20.79	25.91	32.18	36.68	41.05	45.29
Distr. Pearson Tipo III	12.89	21.01	26.28	32.72	37.35	41.83	46.18
Distr. Log Pearson Tipo III	11.76	20.50	27.93	39.41	49.63	61.37	74.80

Cuadro Resumen Software Hidroesta (con el dato excepcional)

Software Hidroesta	Periodo de Retorno						
	2	5	10	25	50	100	200
Distr. Normal	16.07	29.89	37.12	44.83	49.80	54.28	58.38
Distr. Log Normal	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Normal II	12.19	22.53	31.06	43.76	54.59	66.61	79.91
Distr. Log Normal III	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Gumbel	13.38	27.89	37.50	49.63	58.64	67.58	76.49
Distr. Log Gumbel	10.81	20.61	31.59	54.18	80.85	120.29	178.72
Distr. Gamma II	13.44	24.13	31.42	40.57	47.27	53.82	60.24
Distr. Pearson Tipo III	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Pearson Tipo III	-	-	-	-	-	-	-

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Resumen Software Hyfran

Software Hyfran (Momentos)	Periodo de Retorno						
	2	5	10	25	50	100	200
Distr. Normal	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Normal	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Normal II	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Normal III	13.074	20.886	26.006	32.400	37.176	41.911	46.664
Distr. Gumbel	13.097	20.838	25.963	32.400	37.243	42.012	46.763
Distr. Log Gumbel	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Gamma II	12.816	20.946	26.277	32.800	37.559	42.151	46.639
Distr. Pearson Tipo III	12.889	21.007	26.281	32.700	37.366	41.857	46.240
Distr. Log Pearson Tipo III	12.401	20.609	26.574	34.600	40.739	47.084	53.600

Cuadro Resumen Software Hyfran (con el dato excepcional)

Software Hyfran (Momentos)	Periodo de Retorno						
	2	5	10	25	50	100	200
Distr. Normal	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Normal	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Normal II	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Normal III	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Gumbel	20.242	27.888	37.496	49.600	58.640	67.579	76.486
Distr. Log Gumbel	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Gamma II	17.903	25.958	37.402	52.600	64.103	75.634	87.176
Distr. Pearson Tipo III	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Pearson Tipo III	12.166	22.518	31.084	43.900	54.792	66.950	80.437

Cuadro Resumen Calculo

CALCULO	Periodo de Retorno						
	2	5	10	25	50	100	200
Distr. Normal	14.5361	21.9068	25.7634	29.8746	32.5298	34.9176	37.1026
Distr. Log Normal	12.1441	20.5016	26.9639	36.1107	43.6073	51.6697	60.3470
Distr. Log Normal II	12.1441	20.5016	26.9639	36.1107	43.6073	51.6697	60.3470
Distr. Log Normal III	12.9560	21.2885	26.7673	33.6508	38.7575	43.8524	48.9748
Distr. Gumbel	13.0971	20.8382	25.9634	32.4392	37.2432	42.0119	46.7631
Distr. Log Gumbel	10.9642	19.0032	27.3505	43.3287	60.9544	85.5344	119.8780
Distr. Gamma II	13.2363	21.1810	26.3464	33.0036	37.2066	41.6097	45.9063
Distr. Pearson Tipo III	12.8102	20.9053	26.1685	32.9523	37.2344	41.7208	46.0987
Distr. Pearson Tipo III (S)	12.2267	20.3327	26.2025	34.2459	39.4853	45.1211	50.7236
Distr. Log Pearson Tipo III	12.4024	20.6062	26.5662	34.5315	40.7144	47.0698	53.6157

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro Resumen Calculo (con el dato excepcional)

CALCULO	Periodo de Retorno						
	2	5	10	25	50	100	200
Distr. Normal	16.0746	29.8915	37.1208	44.8276	49.8048	54.2809	58.3769
Distr. Log Normal	12.1897	22.5276	31.0650	43.7566	54.5912	66.6085	79.9098
Distr. Log Normal II	12.1897	22.5276	31.0650	43.7566	54.5912	66.6085	79.9098
Distr. Log Normal III	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Gumbel	13.3772	27.8882	37.4958	49.6350	58.6405	67.5795	76.4859
Distr. Log Gumbel	10.8127	20.6090	31.5880	54.1823	80.8540	120.2988	178.7277
Distr. Gamma II	13.7837	24.5906	31.9403	41.6756	47.9084	54.5149	61.0147
Distr. Pearson Tipo III	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Pearson Tipo III (S)	-	-	-	-	-	-	-
Distr. Log Pearson Tipo III	12.1740	22.5190	31.0906	43.8731	54.8182	66.9886	80.4928

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Grafico Resumen de Probabilidad Empírica y Teórica

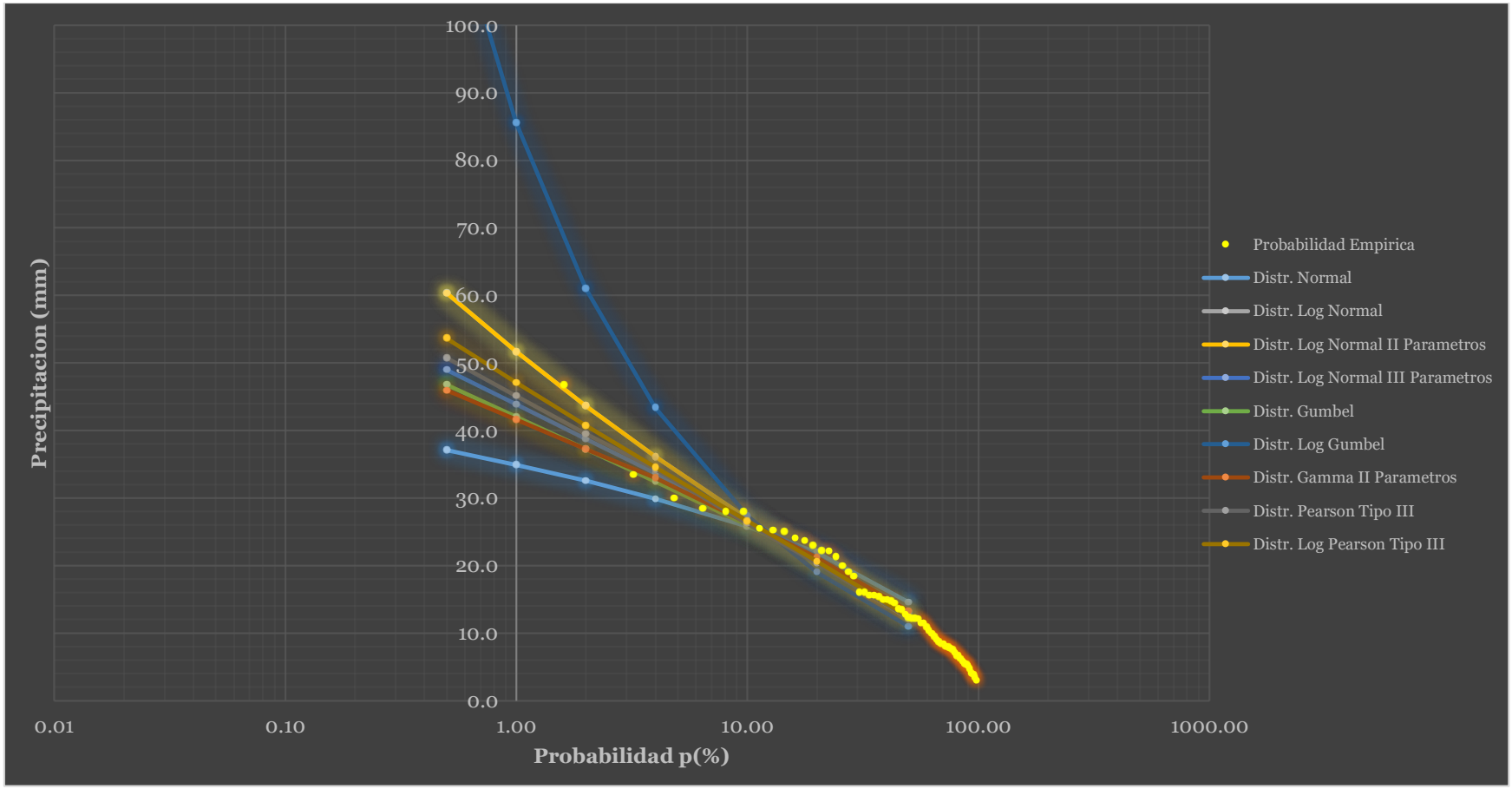


Grafico Resumen de Probabilidad Empírica y Teórica (con el dato excepcional)

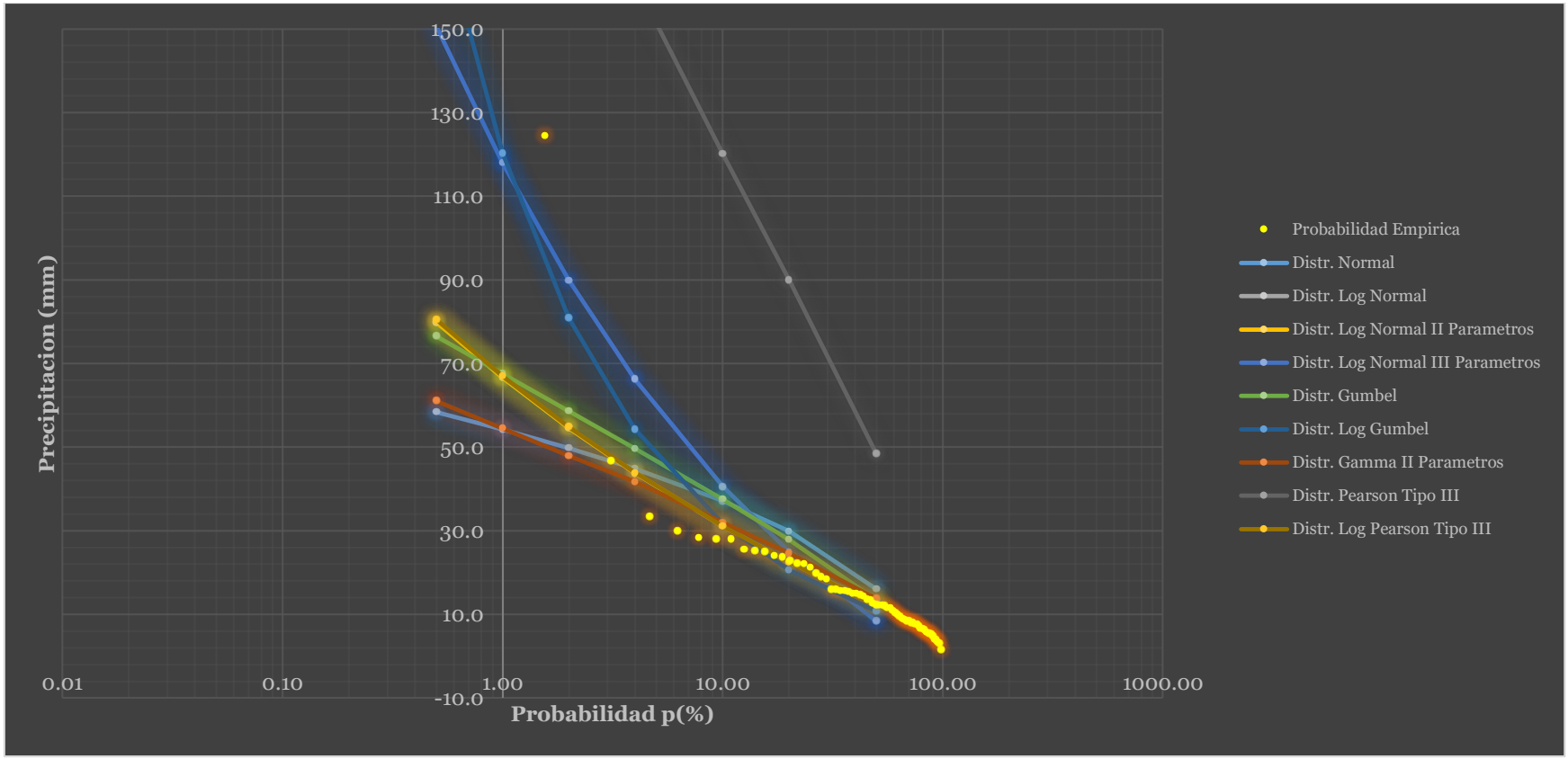


Grafico Resumen de Curva de Probabilidad Weibull

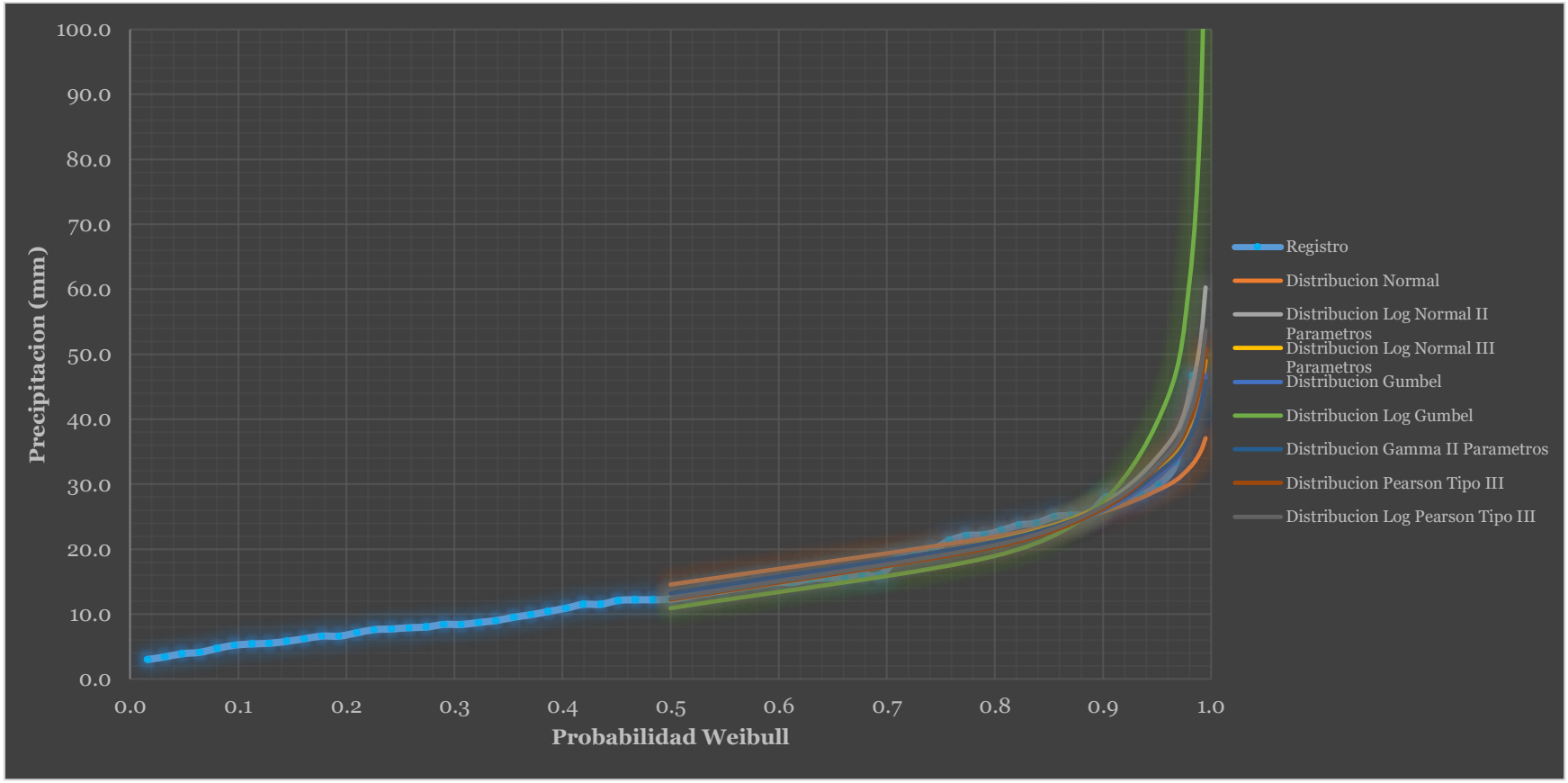
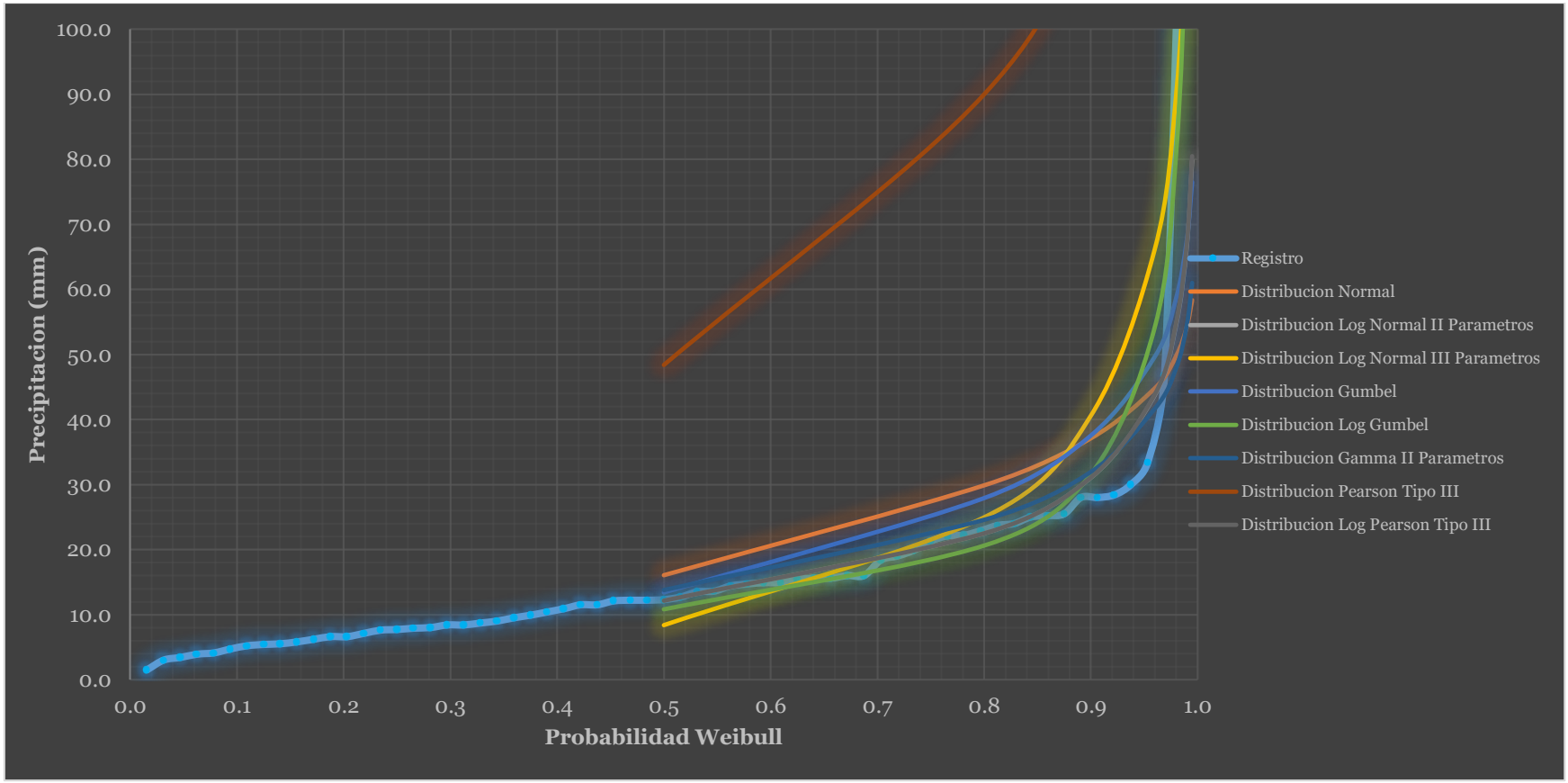


Grafico Resumen de Curva de Probabilidad Weibull (con el dato excepcional)



REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

VERIFICACION DE LAS DISTRIBUCIONES MODELOS

Para un mejor análisis de los datos hidrológicos es necesario conocer el tipo o forma de distribución teórica que puede representar aproximadamente a la distribución empírica (método estadístico) de estos datos. Para averiguar cuan aproximada es esta distribución empírica a la teórica, es necesario realizar algunas pruebas estadísticas conocidas como prueba de ajuste.

LAS PRUEBAS DE AJUSTE consisten en comprobar gráfica y estadísticamente si las frecuencias empíricas de la serie de registros analizados se ajustan a un determinado modelo probabilístico adoptado a priori, con los parámetros estimados en base a los valores muéstrales. Los ajustes más comunes son:

- Chi Cuadrado
- Smirnov – Kolmogorov
- Método del Error Cuadrático Mínimo

Cuadro de Distribución de Frecuencia

Intervalo de Clase			Marca de Clase	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Densidad	Frecuencia Relativa Acumulada
Limites	Inferior	Superior					
0-7	0	7	3.50	12	0.2	0.028571	0.2
7-14	7	14	10.50	22	0.36	0.051429	0.56
14-21	14	21	17.50	12	0.2	0.028571	0.76
21-28	21	28	24.50	11	0.18	0.025714	0.94
28-35	28	35	31.50	3	0.05	0.007143	0.99
35-42	35	42	38.50	0	0	0.000000	0.99
42-49	42	49	45.50	1	0.02	0.002857	1.0

Cuadro de Distribución de Frecuencia (con el dato excepcional)

Intervalo de Clase			Marca de Clase	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Densidad	Frecuencia Relativa Acumulada
Limites	Inferior	Superior					
0-21	0	21	10.50	47	0.75	0.035714	0.75
21-42	21	42	31.50	14	0.22	0.010476	0.97
42-63	42	63	52.50	1	0.02	0.000952	0.99
63-84	63	84	73.50	0	0	0.000000	0.99
84-105	84	105	94.50	0	0	0.000000	0.99
105-126	105	126	115.50	1	0.02	0.000952	1.0

Una manera de discretizar los datos seria asignar una variable discreta aleatoria a cada intervalo de clase. El valor dentro de un intervalo de clase es asignado al valor discreto correspondiente al intervalo, generalmente al punto medio, el cual denomina marca de clase. *(Ing. David Cedeño B. Apuntes de Hidrología, 1997)*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Si las ordenadas del histograma se dividen por el número total de observaciones, el resultado e denomina **frecuencia relativa** (Probabilidad) de cada intervalo de clase, de tal forma que la suma de las ordenadas sea igual a 1.

Gráfico de Histograma de Frecuencia Relativa

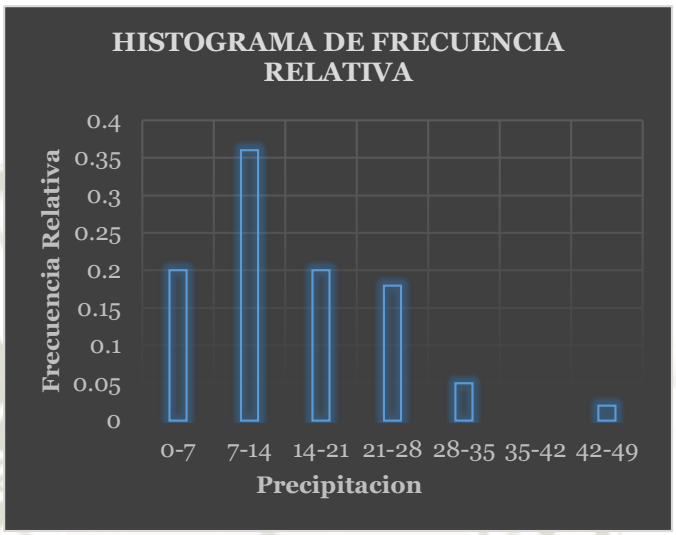
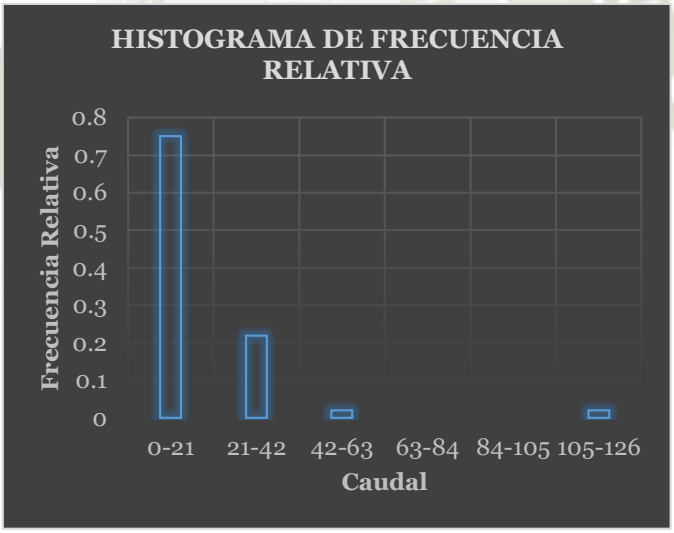


Gráfico de Histograma de Frecuencia Relativa (con el dato excepcional)



Para comparar el ajuste de una distribución teórica a la distribución empírica, hay que normalizar los datos, es decir dividir la frecuencia relativa entre la amplitud del intervalo de clase y resultado recibe el nombre de **frecuencia relativa normalizada o simplemente densidad.**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Gráfico de Histograma de Densidad

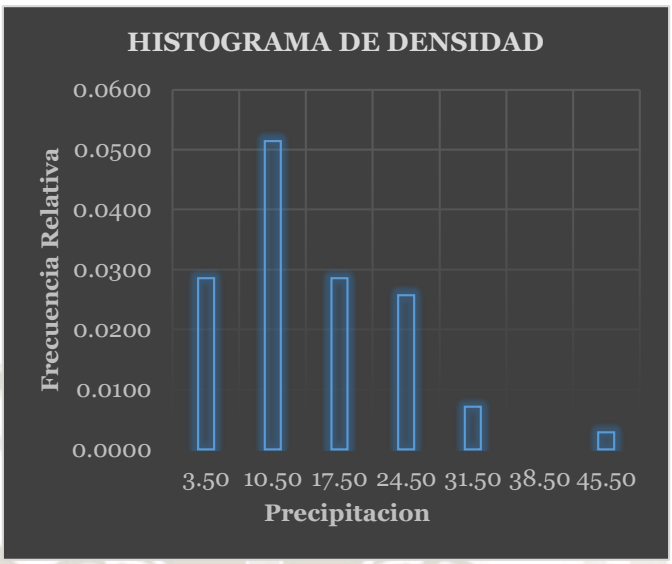
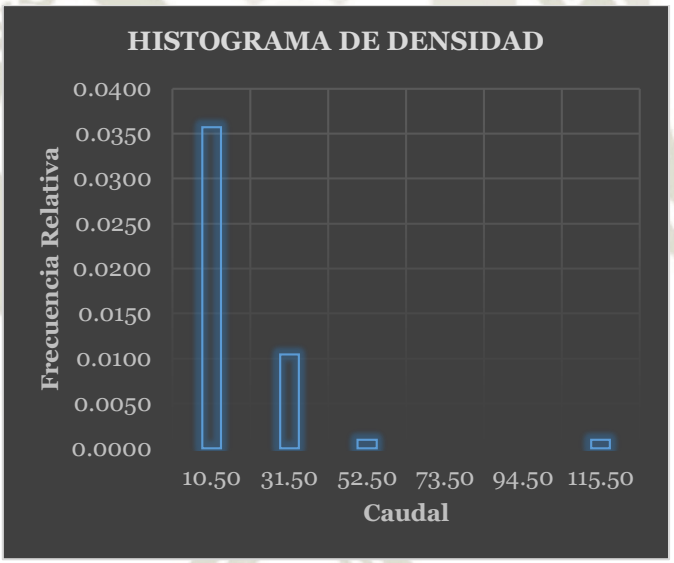


Gráfico de Histograma de Densidad (con el dato excepcional)



En el histograma de densidad, el área total de la gráfica es igual a 1, lo cual corresponde al caso teórico. Otra manera de presentar los datos es la distribución de la **frecuencia acumulada**, lo cual representa la suma de las frecuencias relativas del histograma hasta un intervalo dado es la probabilidad de que un valor cualquiera a lo largo de las abscisas sea menor o igual a la magnitud de ese dato.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Histograma de Frecuencia Relativa Acumulada

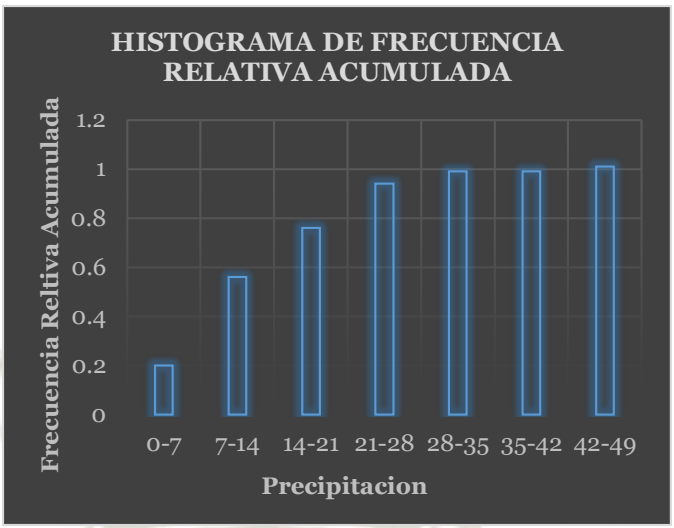
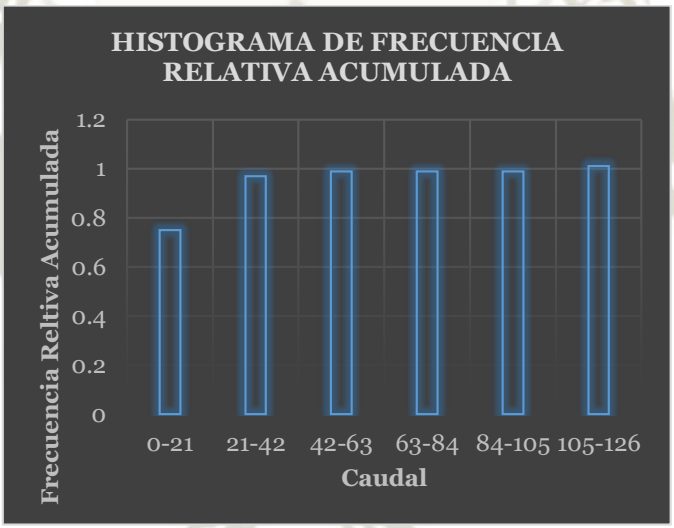


Gráfico de Histograma de Frecuencia Relativa Acumulada (con el dato excepcional)



Kite (1988) y *Mahou (1993)* afirma que no existe consistencia sobre cuál es la distribución que mejor se ajusta a precipitaciones máximas y recomienda seleccionar el mejor ajuste a criterio del modelador, basado en el comportamiento de las pruebas estadísticas de bondad y ajuste (**Smirnov – Kolmogorov** o **Chi Cuadrado**) en las que se calcula un estimador y se compara con un valor tabulado para determinar si el ajuste es adecuado o no.

No se considera la prueba Chi Cuadrado, pues es una distribución derivada de la distribución normal, por lo cual los datos tienen que estar distribuidos normalmente, algo inusual para precipitaciones extremas *"Drenaje Fluvial Ciudad de Arequipa, Ing. Víctor Oscar Rendón Dávila. Pág. 19, 2013"*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Prueba de Chi Cuadrado Xc²

Cuadro de Ajuste a una Distribución Normal

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
NORMAL	1	0.302	0.094	12.690	8.376
	2	0.611	0.302	18.832	0.072
	3	0.860	0.611	15.190	2.522
	4	0.970	0.860	6.732	0.011
	5	0.996	0.970	1.584	0.215
	6	1.000	0.996	0.213	0.213
	7	1.000	1.000	0.022	43.787
				55.262	55.20

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 55.20 > 7.81$$

Cuadro de Ajuste a una Distribución Log Normal

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
LOG NORMAL	1	0.377	0.012	22.271	0.024
	2	0.706	0.377	20.033	0.000
	3	0.863	0.706	9.585	0.036
	4	0.934	0.863	4.337	1.634
	5	0.967	0.934	2.001	0.501
	6	0.982	0.967	0.954	0.954
	7	0.990	0.982	0.475	0.582
				59.655	3.73

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 3.33 < 7.81$$

Cuadro de Ajuste a una Distribución Log Normal II Parámetros

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
LOG NORMAL II	1	0.377	0.012	22.271	0.024
	2	0.706	0.377	20.033	0.000
	3	0.863	0.706	9.585	0.036
	4	0.934	0.863	4.337	1.634
	5	0.967	0.934	2.001	0.501
	6	0.982	0.967	0.954	0.954
	7	0.990	0.982	0.475	0.582
				59.655	3.73

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 3.73 < 7.81$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Ajuste a una Distribución Log Normal III Parámetros

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
LOG NORMAL III	1	0.339	0.045	17.935	1.430
	2	0.676	0.339	20.569	0.016
	3	0.868	0.676	11.698	0.622
	4	0.951	0.868	5.053	0.750
	5	0.982	0.951	1.909	0.433
	6	0.993	0.982	0.680	0.680
	7	0.997	0.993	0.244	2.349
				58.088	6.28

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 6.28 > 5.99$$

Cuadro de Ajuste a una Distribución Gumbel

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
GUMBEL	1	0.347	0.067	17.106	2.031
	2	0.661	0.347	19.168	0.036
	3	0.851	0.661	11.557	0.566
	4	0.939	0.851	5.369	0.496
	5	0.976	0.939	2.246	0.691
	6	0.990	0.976	0.901	0.901
	7	0.996	0.990	0.356	1.165
				56.703	5.89

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 5.89 < 7.81$$

Cuadro de Ajuste a una Distribución Log Gumbel

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
LOG GUMBEL	1	0.433	0.000	26.386	0.434
	2	0.755	0.433	19.681	0.005
	3	0.871	0.755	7.072	0.526
	4	0.922	0.871	3.091	4.944
	5	0.948	0.922	1.590	0.219
	6	0.963	0.948	0.917	0.917
	7	0.972	0.963	0.574	0.316
				59.311	7.36

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 7.36 < 7.81$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Ajuste a una Distribución Gamma II Parámetros

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
GAMMA II	1	0.329	0.024	18.593	1.045
	2	0.665	0.329	20.490	0.012
	3	0.855	0.665	11.596	0.581
	4	0.949	0.855	5.765	0.265
	5	0.982	0.949	1.995	0.496
	6	0.994	0.982	0.738	0.738
	7	0.9981	0.9939	0.256	2.159
				59.432	5.30

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 5.30 < 7.81$$

Cuadro de Ajuste a una Distribución Pearson Tipo III

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
PEARSON TIPO III	1	0.355	0.039	19.264	0.725
	2	0.678	0.355	19.734	0.004
	3	0.859	0.678	11.017	0.369
	4	0.950	0.859	5.539	0.385
	5	0.982	0.950	1.958	0.469
	6	0.994	0.982	0.732	0.732
	7	0.9981	0.9937	0.268	1.994
				58.243	2.68

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 2.68 < 5.99$$

Cuadro de Ajuste a una Distribución Log Pearson Tipo III

Función de distribución	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	$\in_i$	$(\theta_i - \in_i)^2/\in_i$
LOG PEARSON TIPO III	1	0.377	0.012	22.271	0.024
	2	0.706	0.377	20.033	0.000
	3	0.863	0.706	9.585	0.036
	4	0.934	0.863	4.337	1.634
	5	0.967	0.934	2.001	0.501
	6	0.982	0.967	0.954	0.954
	7	0.990	0.982	0.475	0.582
				59.655	3.73

$$X_c^2 < X_t^2 \Rightarrow 3.73 < 5.99$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSION:

Luego de verificar la condición $\mathbf{X_c^2 < X_t^2}$ para cada función de distribución de probabilidad propuesta se tiene que:

Cuadro de Verificación de la función de Distribución de Probabilidad

METODO ESTADISTICO	PRUEBA ESTANDAR DE AJUSTE Xc²		AJUSTE
	Xc²	Xt²	
Distr. Normal	55.20	7.81	AJUSTE INADECUADO
Distr. Log Normal	3.73	7.81	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal II	3.73	7.81	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal III	**6.28**	**5.99**	**AJUSTE INADECUADO**
Distr. Gumbel	5.89	7.81	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Gumbel	7.36	7.81	AJUSTE ADECUADO
Distr. Gamma II	5.30	7.81	AJUSTE ADECUADO
Distr. Pearson Tipo III	**2.68**	**5.99**	**AJUSTE ADECUADO**
Distr. Log Pearson Tipo III	**3.73**	**5.99**	**AJUSTE ADECUADO**

Cuadro de Verificación de la función de Distribución de Probabilidad (con el dato excepcional)

METODO ESTADISTICO	PRUEBA ESTANDAR DE AJUSTE Xc²		AJUSTE
	Xc²	Xt²	
Distr. Normal	7290.01	9.49	AJUSTE INADECUADO
Distr. Log Normal	16.57	9.49	AJUSTE INADECUADO
Distr. Log Normal II	16.57	9.49	AJUSTE INADECUADO
Distr. Log Normal III	-	-	-
Distr. Gumbel	30.75	9.49	AJUSTE INADECUADO
Distr. Log Gumbel	8.56	9.49	AJUSTE ADECUADO
Distr. Gamma II	-	-	-
Distr. Pearson Tipo III	-	-	-
Distr. Log Pearson Tipo III	**16.57**	**7.81**	**AJUSTE INADECUADO**

Algunas consideraciones que hay que tener en cuenta con respecto a la aplicación de esta prueba son las siguientes:

- El análisis debe efectuarse con datos agrupados en intervalos de clase.
- El número de intervalos de clase debe ser por lo menos 5, se recomienda también que, para facilidad de los cálculos, el número de intervalos de clase no sea mayor a 20.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro de Método del Error Cuadrático Mínimo - I

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO						DISTRIBUCION NORMAL						DISTRIBUCION LOG NORMAL								DISTRIBUCION LOG NORMAL II PARAMETROS							
ITEM	AÑO	P (mm)	m	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	W	Z	x_e	$(x_e - x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN X	W	Z	y	x_e	$(x_e - x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	W	Z	y	x_e	$(x_e - x_0)^2$
1	1954	15.60	1	0.0161	62.0000	46.70	0.9839	2.8730	2.1416	33.2958	179.6728	46.70	0.9839	3.8437	2.8730	2.1416	3.8296	46.0464	0.4272	46.70	0.9839	3.8437	2.8730	2.1416	3.8296	46.0464	0.4272
2	1955	25.00	2	0.0323	31.0000	33.40	0.9677	2.6207	1.8490	30.7325	7.1157	33.40	0.9677	3.5086	2.6207	1.8490	3.6475	38.3800	24.8003	33.40	0.9677	3.5086	2.6207	1.8490	3.6475	38.3800	24.8003
3	1956	5.80	3	0.0484	20.6667	30.00	0.9516	2.4611	1.6611	29.0861	0.8351	30.00	0.9516	3.4012	2.4611	1.6611	3.5306	34.1434	17.1680	30.00	0.9516	3.4012	2.4611	1.6611	3.5306	34.1434	17.1680
4	1957	19.90	4	0.0645	15.5000	28.40	0.9355	2.3413	1.5182	27.8351	0.3191	28.40	0.9355	3.3464	2.3413	1.5182	3.4417	31.2396	8.0632	28.40	0.9355	3.3464	2.3413	1.5182	3.4417	31.2396	8.0632
5	1958	12.20	5	0.0806	12.4000	28.00	0.9194	2.2440	1.4010	26.8081	1.4207	28.00	0.9194	3.3322	2.2440	1.4010	3.3687	29.0414	1.0845	28.00	0.9194	3.3322	2.2440	1.4010	3.3687	29.0414	1.0845
6	1959	12.20	6	0.0968	10.3333	28.00	0.9032	2.1612	1.3003	25.9264	4.2997	28.00	0.9032	3.3322	2.1612	1.3003	3.3061	27.2781	0.5211	28.00	0.9032	3.3322	2.1612	1.3003	3.3061	27.2781	0.5211
7	1960	3.00	7	0.1129	8.8571	25.50	0.8871	2.0886	1.2114	25.1470	0.1246	25.50	0.8871	3.2387	2.0886	1.2114	3.2507	25.8086	0.0953	25.50	0.8871	3.2387	2.0886	1.2114	3.2507	25.8086	0.0953
8	1961	22.20	8	0.1290	7.7500	25.20	0.8710	2.0237	1.1310	24.4435	0.5723	25.20	0.8710	3.2268	2.0237	1.1310	3.2007	24.5504	0.4220	25.20	0.8710	3.2268	2.0237	1.1310	3.2007	24.5504	0.4220
9	1962	8.70	9	0.1452	6.8889	25.00	0.8548	1.9646	1.0574	23.7986	1.4433	25.00	0.8548	3.2189	1.9646	1.0574	3.1549	23.4510	2.3995	25.00	0.8548	3.2189	1.9646	1.0574	3.1549	23.4510	2.3995
10	1963	14.90	10	0.1613	6.2000	24.00	0.8387	1.9103	0.9891	23.2003	0.6395	24.00	0.8387	3.1781	1.9103	0.9891	3.1124	22.4750	2.3255	24.00	0.8387	3.1781	1.9103	0.9891	3.1124	22.4750	2.3255
11	1964	7.10	11	0.1774	5.6364	23.70	0.8226	1.8597	0.9252	22.6399	1.1237	23.70	0.8226	3.1655	1.8597	0.9252	3.0726	21.5978	4.4193	23.70	0.8226	3.1655	1.8597	0.9252	3.0726	21.5978	4.4193
12	1965	7.60	12	0.1935	5.1667	22.90	0.8065	1.8123	0.8647	22.1108	0.6228	22.90	0.8065	3.1311	1.8123	0.8647	3.0350	20.8010	4.4058	22.90	0.8065	3.1311	1.8123	0.8647	3.0350	20.8010	4.4058
13	1966	4.10	13	0.2097	4.7692	22.20	0.7903	1.7676	0.8073	21.6080	0.3504	22.20	0.7903	3.1001	1.7676	0.8073	2.9993	20.0710	4.5324	22.20	0.7903	3.1001	1.7676	0.8073	2.9993	20.0710	4.5324
14	1967	25.20	14	0.2258	4.4286	22.10	0.7742	1.7252	0.7525	21.1275	0.9457	22.10	0.7742	3.0956	1.7252	0.7525	2.9651	19.3974	7.3041	22.10	0.7742	3.0956	1.7252	0.7525	2.9651	19.3974	7.3041
15	1968	9.90	15	0.2419	4.1333	21.30	0.7581	1.6847	0.6998	20.6661	0.4019	21.30	0.7581	3.0587	1.6847	0.6998	2.9324	18.7718	6.3920	21.30	0.7581	3.0587	1.6847	0.6998	2.9324	18.7718	6.3920
16	1969	6.60	16	0.2581	3.8750	19.90	0.7419	1.6459	0.6490	20.2210	0.1031	19.90	0.7419	2.9907	1.6459	0.6490	2.9007	18.1875	2.9325	19.90	0.7419	2.9907	1.6459	0.6490	2.9007	18.1875	2.9325
17	1970	6.60	17	0.2742	3.6471	19.00	0.7258	1.6087	0.5998	19.7902	0.6245	19.00	0.7258	2.9444	1.6087	0.5998	2.8701	17.6393	1.8514	19.00	0.7258	2.9444	1.6087	0.5998	2.8701	17.6393	1.8514
18	1971	10.40	18	0.2903	3.4444	18.40	0.7097	1.5727	0.5521	19.3718	0.9445	18.40	0.7097	2.9124	1.5727	0.5521	2.8404	17.1227	1.6315	18.40	0.7097	2.9124	1.5727	0.5521	2.8404	17.1227	1.6315
19	1972	21.30	19	0.3065	3.2632	16.00	0.6935	1.5380	0.5055	18.9642	8.7866	16.00	0.6935	2.7726	1.5380	0.5055	2.8114	16.6339	0.4019	16.00	0.6935	2.7726	1.5380	0.5055	2.8114	16.6339	0.4019
20	1973	22.10	20	0.3226	3.1000	16.00	0.6774	1.5043	0.4601	18.5660	6.5845	16.00	0.6774	2.7726	1.5043	0.4601	2.7832	16.1700	0.0289	16.00	0.6774	2.7726	1.5043	0.4601	2.7832	16.1700	0.0289
21	1974	16.00	21	0.3387	2.9524	15.60	0.6613	1.4715	0.4155	18.1761	6.6361	15.60	0.6613	2.7473	1.4715	0.4155	2.7554	15.7281	0.0164	15.60	0.6613	2.7473	1.4715	0.4155	2.7554	15.7281	0.0164
22	1975	46.70	22	0.3548	2.8182	15.60	0.6452	1.4395	0.3718	17.7932	4.8103	15.60	0.6452	2.7473	1.4395	0.3718	2.7283	15.3061	0.0864	15.60	0.6452	2.7473	1.4395	0.3718	2.7283	15.3061	0.0864
23	1976	24.00	23	0.3710	2.6957	15.40	0.6290	1.4083	0.3288	17.4166	4.0668	15.40	0.6290	2.7344	1.4083	0.3288	2.7015	14.9020	0.2480	15.40	0.6290	2.7344	1.4083	0.3288	2.7015	14.9020	0.2480
24	1977	9.00	24	0.3871	2.5833	14.90	0.6129	1.3777	0.2865	17.0453	4.6025	14.90	0.6129	2.7014	1.3777	0.2865	2.6751	14.5140	0.1490	14.90	0.6129	2.7014	1.3777	0.2865	2.6751	14.5140	0.1490
25	1978	8.00	25	0.4032	2.4800	14.90	0.5968	1.3478	0.2446	16.6786	3.1635	14.90	0.5968	2.7014	1.3478	0.2446	2.6491	14.1408	0.5764	14.90	0.5968	2.7014	1.3478	0.2446	2.6491	14.1408	0.5764
26	1979	10.90	26	0.4194	2.3846	14.70	0.5806	1.3184	0.2032	16.3157	2.6105	14.70	0.5806	2.6878	1.3184	0.2032	2.6233	13.7808	0.8449	14.70	0.5806	2.6878	1.3184	0.2032	2.6233	13.7808	0.8449
27	1980	6.20	27	0.4355	2.2963	14.40	0.5645	1.2894	0.1621	15.9560	2.4210	14.40	0.5645	2.6672	1.2894	0.1621	2.5977	13.4331	0.9350	14.40	0.5645	2.6672	1.2894	0.1621	2.5977	13.4331	0.9350
28	1981	5.40	28	0.4516	2.2143	13.60	0.5484	1.2609	0.1213	15.5987	3.9949	13.60	0.5484	2.6101	1.2609	0.1213	2.5723	13.0964	0.2536	13.60	0.5484	2.6101	1.2609	0.1213	2.5723	13.0964	0.2536
29	1982	3.90	29	0.4677	2.1379	13.50	0.5323	1.2328	0.0807	15.2434	3.0393	13.50	0.5323	2.6027	1.2328	0.0807	2.5471	12.7699	0.5330	13.50	0.5323	2.6027	1.2328	0.0807	2.5471	12.7699	0.5330
30	1984	14.70	30	0.4839	2.0667	12.70	0.5161	1.2049	**0.0403**	14.8893	4.7932	12.70	0.5161	2.5416	1.2049	**0.0403**	2.5219	12.4527	0.0611	12.70	0.5161	2.5416	1.2049	**0.0403**	2.5219	12.4527	0.0611
31	1985	15.60	31	0.5000	2.0000	12.30	0.5000	1.1774	0.0000	14.5361	5.0000	12.30	0.5000	2.5096	1.1774	0.0000	2.4968	12.1441	0.0243	12.30	0.5000	2.5096	1.1774	0.0000	2.4968	12.1441	0.0243
32	1986	18.40	32	0.5161	1.9375	12.20	0.4839	1.2049	**-0.0403**	14.1828	3.9315	12.20	0.4839	2.5014	1.2049	**-0.0403**	2.4717	11.8431	0.1274	12.20	0.4839	2.5014	1.2049	**-0.0403**	2.4717	11.8431	0.1274
33	1987	19.00	33	0.5323	1.8788	12.20	0.4677	1.2328	-0.0807	13.8288	2.6529	12.20	0.4677	2.5014	1.2328	-0.0807	2.4466	11.5489	0.4239	12.20	0.4677	2.5014	1.2328	-0.0807	2.4466	11.5489	0.4239
34	1988	11.50	34	0.5484	1.8235	12.10	0.4516	1.2609	-0.1213	13.4734	1.8863	12.10	0.4516	2.4932	1.2609	-0.1213	2.4213	11.2610	0.7039	12.10	0.4516	2.4932	1.2609	-0.1213	2.4213	11.2610	0.7039
35	1989	22.90	35	0.5645	1.7714	11.50	0.4355	1.2894	-0.1621	13.1162	2.6120	11.50	0.4355	2.4423	1.2894	-0.1621	2.3960	10.9788	0.2717	11.50	0.4355	2.4423	1.2894	-0.1621	2.3960	10.9788	0.2717
36	1990	11.50	36	0.5806	1.7222	11.50	0.4194	1.3184	-0.2032	12.7564	1.5786	11.50	0.4194	2.4423	1.3184	-0.2032	2.3704	10.7017	0.6373	11.50	0.4194	2.4423	1.3184	-0.2032	2.3704	10.7017	0.6373
37	1991	7.70	37	0.5968	1.6757	10.90	0.4032	1.3478	-0.2446	12.3935	2.2306	10.90	0.4032	2.3888	1.3478	-0.2446	2.3446	10.4293	0.2215	10.90	0.4032	2.3888	1.3478	-0.2446	2.3446	10.4293	0.2215
38	1992	3.40	38	0.6129	1.6316	10.40	0.3871	1.3777	-0.2865	12.0268	2.6464	10.40	0.3871	2.3418	1.3777	-0.2865	2.3186	10.1611	0.0571	10.40	0.3871	2.3418	1.3777	-0.2865	2.3186	10.1611	0.0571
39	1993	13.50	39	0.6290	1.5897	9.90	0.3710	1.4083	-0.3288	11.6555	3.0818	9.90	0.3710	2.2925	1.4083	-0.3288	2.2922	9.8966	0.0000	9.90	0.3710	2.2925	1.4083	-0.3288	2.2922	9.8966	0.0000
40	1994	13.60	40	0.6452	1.5500	9.50	0.3548	1.4395	-0.3718	11.2789	3.1644	9.50	0.3548	2.2513	1.4395	-0.3718	2.2654	9.6353	0.0183	9.50	0.3548	2.2513	1.4395	-0.3718	2.2654	9.6353	0.0183
41	1995	28.00	41	0.6613	1.5122	9.00	0.3387	1.4715	-0.4155	10.8961	3.5951	9.00	0.3387	2.1972	1.4715	-0.4155	2.2382	9.3767	0.1419	9.00	0.3387	2.1972	1.4715	-0.4155	2.2382	9.3767	0.1419
42	1996	12.10	42	0.6774	1.4762	8.70	0.3226	1.5043	-0.4601	10.5061	3.2620	8.70	0.3226	2.1633	1.5043	-0.4601	2.2105	9.1205	0.1768	8.70	0.3226	2.1633	1.5043	-0.4601	2.2105	9.1205	0.1768
43	1997	33.40	43	0.6935	1.4419	8.40	0.3065	1.5380	-0.5055	10.1079	2.9169	8.40	0.3065	2.1282	1.5380	-0.5055	2.1822	8.8661	0.2173	8.40	0.3065	2.1282	1.5380	-0.5055	2.1822	8.8661	0.2173
44	1998	9.50	44	0.7097	1.4091	8.40	0.2903	1.5727	-0.5521	9.7003	1.6908	8.40	0.2903	2.1282	1.5727	-0.5521	2.1533	8.6130	0.0454	8.40	0.2903	2.1282	1.5727	-0.5521	2.1533	8.6130	0.0454
45	1999	12.30	45	0.7258	1.3778	8.00	0.2742	1.6087	-0.5998	9.2819	1.6432	8.00	0.2742	2.0794	1.6087	-0.5998	2.1236	8.3608	0.1302	8.00	0.2742	2.0794	1.6087	-0.5998	2.1236	8.3608	0.1302
46	2000	23.70	46	0.7419	1.3478	7.90	0.2581	1.6459	-0.6490	8.8511	0.9046	7.90	0.2581	2.0669	1.6459	-0.6490	2.0929	8.1088	0.0436	7.90	0.2581	2.0669	1.6459	-0.6490	2.0929	8.1088	0.0436
47	2001	30.00	47	0.7581	1.3191	7.70	0.2419	1.6847	-0.6998	8.4061	0.4985	7.70	0.2419	2.0412	1.6847	-0.6998	2.0613	7.8564	0.0245	7.70	0.2419	2.0412	1.6847	-0.6998	2.0613	7.8564	0.0245
48	2002	15.40	48	0.7742	1.2917	7.60	0.2258	1.7252	-0.7525	7.9446	0.1188	7.60	0.2258	2.0281	1.7252	-0.7525	2.0285	7.6030	0.0000	7.60	0.2258	2.0281	1.7252	-0.7525	2.0285	7.6030	0.0000
49	2003	5.50	49	0.7903	1.2653	7.10	0.2097	1.7676	-0.8073	7.4641	0.1326	7.10	0.2097	1.9601	1.7676	-0.8073	1.9944	7.3478	0.0614	7.10	0.2097	1.9601	1.7676	-0.8073	1.9944	7.3478	0.0614
50	2004	8.40	50	0.8065	1.2400	6.60	0.1935	1.8123	-0.8647	6.9613	0.1305	6.60	0.1935	1.8871	1.8123	-0.8647	1.9587	7.0900	0.2401	6.60	0.1935	1.8871	1.8123	-0.8647	1.9587	7.0900	0.2401
51	2005	5.20	51	0.8226	1.2157	6.60	0.1774	1.8597	-0.9252	6.4322	0.0282	6.60	0.1774	1.8871	1.8597	-0.9252	1.9211	6.8284	0.0522	6.60	0.1774	1.8871	1.8597	-0.9252	1.9211	6.8284	0.0522
52	2006	14.90	52	0.8387	1.1923	6.20	0.1613	1.9103	-0.9891	5.8718	0.1077	6.20	0.1613	1.8245	1.9103	-0.9891	1.8813	6.5619	0.1310	6.20	0.1613	1.8245	1.9103	-0.9891	1.8813	6.5619	0.1310
53	2007	7.90	53	0.8548	1.1698	5.80	0.1452	1.9646	-1.0574	5.2735	0.2772	5.80	0.1452	1.7579	1.9646	-1.0574	1.8388	6.2888	0.2389	5.80	0.1452	1.7579	1.9646	-1.0574	1.8388	6.2888	0.2389
54	2008	25.50	54	0.8710	1.1481	5.50	0.1290	2.0237	-1.1310	4.6286	0.7593	5.50	0.1290	1.7047	2.0237	-1.1310	1.7930	6.0072	0.2572	5.50	0.1290	1.7047	2.0237	-1.1310	1.7930	6.0072	0.2572
55	2009	8.40	55	0.8871	1.1273	5.40	0.1129	2.0886	-1.2114	3.9251	2.1752	5.40	0.1129	1.6864	2.0886	-1.2114	1.7430	5.7143	0.0988	5.40	0.1129	1.6864	2.0886	-1.2114	1.7430	5.7143	0.0988
56	2010	4.70	56	0.9032	1.1071	5.20	0.0968	2.1612	-1.3003	3.1457	4.2201	5.20	0.0968	1.6487	2.1612	-1.3003	1.6876	5.4065	0.0426	5.20	0.0968	1.6487	2.1612	-1.3003	1.6876	5.4065	0.0426
57	2011	14.40	57	0.9194	1.0877	4.70	0.0806	2.2440	-1.4010	2.2641	5.9339	4.70	0.0806	1.5476	2.2440	-1.4010	1.6250	5.0782	0.1430	4.70	0.0806	1.5476	2.2440	-1.4010	1.6250	5.0782	0.1430
58	2012	12.70	58	0.9355	1.0690	4.10	0.0645	2.3413	-1.5182	1.2371	8.1964	4.10	0.0645	1.4110	2.3413	-1.5182	1.5520	4.7209	0.3855	4.10	0.0645	1.4110	2.3413	-1.5182	1.5520	4.7209	0.3855
59	2014	16.00	59	0.9516	1.0508	3.90	0.0484	2.4611	-1.6611	-0.0140	15.3195	3.90	0.0484	1.3610	2.4611	-1.6611	1.4631	4.3194	0.1759	3.90	0.0484	1.3610	2.4611	-1.6611	1.4631	4.3194	0.1759
60	2015	28.40	60	0.9677	1.0333	3.40	0.0323	2.6207	-1.8490	-1.6604	25.6072	3.40	0.0323	1.2238	2.6207	-1.8490	1.3461	3.8426	0.1959	3.40	0.0323	1.2238	2.6207	-1.8490	1.3461	3.8426	0.1959
61	2016	28.00	61	0.9839	1.0164	3.00	0.0161	2.8730	-2.1416	-4.2237	52.1813	3.00	0.0161	1.0986	2.8730	-2.1416	1.1640	3.2028	0.0411	3.00	0.0161	1.0986	2.8730	-2.1416	1.1640	3.2028	0.0411
C											**20.3851**								**10.0119**								**10.0119**

Cuadro de Método del Error Cuadrático Mínimo - II

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO						DISTRIBUCION LOG NORMAL III PARAMETROS							DISTRIBUCION GUMBEL (Tabla)					DISTRIBUCION GUMBEL					DISTRIBUCION LOG GUMBEL						
ITEM	AÑO	P (mm)	m	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	W	Z	y	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	Z	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	Z	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	Z	y	x_e	$(x_e - x_o)^2$
1	1954	15.60	1	0.0161	62.0000	46.70	0.9839	2.8730	2.1416	3.8642	38.7141	63.7750	46.70	0.9839	4.1190	41.1067	31.2845	46.7	0.9839	2.7615	38.7258	63.5876	46.7	0.9839	3.8437	4.1190	4.2155	67.7252	442.0599
2	1955	25.00	2	0.0323	31.0000	33.40	0.9677	2.6207	1.8490	3.7586	33.9372	0.2886	33.40	0.9677	3.4176	35.8816	6.1583	33.4	0.9677	2.2147	33.9356	0.2868	33.4	0.9677	3.5086	3.4176	3.8751	48.1889	218.7128
3	1956	5.80	3	0.0484	20.6667	30.00	0.9516	2.4611	1.6611	3.6908	31.1247	1.2650	30.00	0.9516	3.0038	32.7988	7.8331	30	0.9516	1.8920	31.1093	1.2306	30	0.9516	3.4012	3.0038	3.6743	39.4225	88.7833
4	1957	19.90	4	0.0645	15.5000	28.40	0.9355	2.3413	1.5182	3.6392	29.1115	0.5062	28.40	0.9355	2.7077	30.5925	4.8072	28.4	0.9355	1.6611	29.0867	0.4716	28.4	0.9355	3.3464	2.7077	3.5306	34.1457	33.0134
5	1958	12.20	5	0.0806	12.4000	28.00	0.9194	2.2440	1.4010	3.5969	27.5346	0.2166	28.00	0.9194	2.4759	28.8662	0.7503	28	0.9194	1.4804	27.5041	0.2459	28	0.9194	3.3322	2.4759	3.4182	30.5143	6.3217
6	1959	12.20	6	0.0968	10.3333	28.00	0.9032	2.1612	1.3003	3.5606	26.2332	3.1216	28.00	0.9032	2.2849	27.4430	0.3102	28	0.9032	1.3315	26.1994	3.2423	28	0.9032	3.3322	2.2849	3.3255	27.8129	0.0350
7	1960	3.00	7	0.1129	8.8571	25.50	0.8871	2.0886	1.2114	3.5285	25.1213	0.1434	25.50	0.8871	2.1219	26.2287	0.5311	25.5	0.8871	1.2044	25.0861	0.1713	25.5	0.8871	3.2387	2.1219	3.2464	25.6979	0.0392
8	1961	22.20	8	0.1290	7.7500	25.20	0.8710	2.0237	1.1310	3.4995	24.1480	1.1067	25.20	0.8710	1.9794	25.1671	0.0011	25.2	0.8710	1.0933	24.1128	1.1819	25.2	0.8710	3.2268	1.9794	3.1773	23.9810	1.4860
9	1962	8.70	9	0.1452	6.8889	25.00	0.8548	1.9646	1.0574	3.4730	23.2802	2.9576	25.00	0.8548	1.8525	24.2217	0.6058	25	0.8548	0.9944	23.2462	3.0760	25	0.8548	3.2189	1.8525	3.1157	22.5489	6.0079
10	1963	14.90	10	0.1613	6.2000	24.00	0.8387	1.9103	0.9891	3.4483	22.4955	2.2635	24.00	0.8387	1.7379	23.3678	0.3997	24	0.8387	0.9050	22.4633	2.3614	24	0.8387	3.1781	1.7379	3.0601	21.3290	7.1341
11	1964	7.10	11	0.1774	5.6364	23.70	0.8226	1.8597	0.9252	3.4252	21.7778	3.6949	23.70	0.8226	1.6332	22.5876	1.2373	23.7	0.8226	0.8233	21.7481	3.8099	23.7	0.8226	3.1655	1.6332	3.0093	20.2723	11.7491
12	1965	7.60	12	0.1935	5.1667	22.90	0.8065	1.8123	0.8647	3.4034	21.1152	3.1854	22.90	0.8065	1.5366	21.8682	1.0646	22.9	0.8065	0.7480	21.0885	3.2814	22.9	0.8065	3.1311	1.5366	2.9624	19.3442	12.6434
13	1966	4.10	13	0.2097	4.7692	22.20	0.7903	1.7676	0.8073	3.3827	20.4988	2.8940	22.20	0.7903	1.4468	21.1994	1.0011	22.2	0.7903	0.6781	20.4755	2.9740	22.2	0.7903	3.1001	1.4468	2.9188	18.5198	13.5441
14	1967	25.20	14	0.2258	4.4286	22.10	0.7742	1.7252	0.7525	3.3629	19.9215	4.7457	22.10	0.7742	1.3628	20.5737	2.3296	22.1	0.7742	0.6126	19.9018	4.8321	22.1	0.7742	3.0956	1.3628	2.8781	17.7801	18.6613
15	1968	9.90	15	0.2419	4.1333	21.30	0.7581	1.6847	0.6998	3.3439	19.3778	3.6948	21.30	0.7581	1.2838	19.9848	1.7298	21.3	0.7581	0.5509	19.3619	3.7563	21.3	0.7581	3.0587	1.2838	2.8397	17.1110	17.5476
16	1969	6.60	16	0.2581	3.8750	19.90	0.7419	1.6459	0.6490	3.3256	18.8632	1.0750	19.90	0.7419	1.2090	19.4277	0.2231	19.9	0.7419	0.4926	18.8512	1.1000	19.9	0.7419	2.9907	1.2090	2.8034	16.5013	11.5512
17	1970	6.60	17	0.2742	3.6471	19.00	0.7258	1.6087	0.5998	3.3078	18.3739	0.3920	19.00	0.7258	1.1380	18.8984	0.0103	19	0.7258	0.4372	18.3659	0.4020	19	0.7258	2.9444	1.1380	2.7690	15.9421	9.3507
18	1971	10.40	18	0.2903	3.4444	18.40	0.7097	1.5727	0.5521	3.2906	17.9069	0.2431	18.40	0.7097	1.0702	18.3935	0.0000	18.4	0.7097	0.3844	17.9030	0.2470	18.4	0.7097	2.9124	1.0702	2.7361	15.4264	8.8425
19	1972	21.30	19	0.3065	3.2632	16.00	0.6935	1.5380	0.5055	3.2738	17.4597	2.1306	16.00	0.6935	1.0053	17.9101	3.6485	16	0.6935	0.3338	17.4599	2.1313	16	0.6935	2.7726	1.0053	2.7046	14.9482	1.1062
20	1973	22.10	20	0.3226	3.1000	16.00	0.6774	1.5043	0.4601	3.2574	17.0299	1.0608	16.00	0.6774	0.9430	17.4458	2.0904	16	0.6774	0.2852	17.0343	1.0697	16	0.6774	2.7726	0.9430	2.6744	14.5030	2.2410
21	1974	16.00	21	0.3387	2.9524	15.60	0.6613	1.4715	0.4155	3.2413	16.6159	1.0320	15.60	0.6613	0.8829	16.9986	1.9560	15.6	0.6613	0.2384	16.6242	1.0491	15.6	0.6613	2.7473	0.8829	2.6452	14.0866	2.2904
22	1975	46.70	22	0.3548	2.8182	15.60	0.6452	1.4395	0.3718	3.2255	16.2158	0.3792	15.60	0.6452	0.8250	16.5666	0.9342	15.6	0.6452	0.1932	16.2282	0.3946	15.6	0.6452	2.7473	0.8250	2.6171	13.6957	3.6262
23	1976	24.00	23	0.3710	2.6957	15.40	0.6290	1.4083	0.3288	3.2100	15.8283	0.1835	15.40	0.6290	0.7688	16.1481	0.5597	15.4	0.6290	0.1494	15.8446	0.1977	15.4	0.6290	2.7344	0.7688	2.5898	13.3275	4.2951
24	1977	9.00	24	0.3871	2.5833	14.90	0.6129	1.3777	0.2865	3.1947	15.4522	0.3049	14.90	0.6129	0.7143	15.7420	0.7089	14.9	0.6129	0.1069	15.4722	0.3275	14.9	0.6129	2.7014	0.7143	2.5634	12.9796	3.6880
25	1978	8.00	25	0.4032	2.4800	14.90	0.5968	1.3478	0.2446	3.1796	15.0863	0.0347	14.90	0.5968	0.6612	15.3468	0.1997	14.9	0.5968	0.0655	15.1100	0.0441	14.9	0.5968	2.7014	0.6612	2.5376	12.6498	5.0635
26	1979	10.90	26	0.4194	2.3846	14.70	0.5806	1.3184	0.2032	3.1647	14.7295	0.0009	14.70	0.5806	0.6095	14.9615	0.0684	14.7	0.5806	0.0252	14.7568	0.0032	14.7	0.5806	2.6878	0.6095	2.5125	12.3363	5.5871
27	1980	6.20	27	0.4355	2.2963	14.40	0.5645	1.2894	0.1621	3.1499	14.3812	0.0004	14.40	0.5645	0.5590	14.5852	0.0343	14.4	0.5645	-0.0142	14.4117	0.0001	14.4	0.5645	2.6672	0.5590	2.4880	12.0375	5.5812
28	1981	5.40	28	0.4516	2.2143	13.60	0.5484	1.2609	0.1213	3.1351	14.0403	0.1938	13.60	0.5484	0.5095	14.2167	0.3804	13.6	0.5484	-0.0528	14.0739	0.2246	13.6	0.5484	2.6101	0.5095	2.4640	11.7521	3.4146
29	1982	3.90	29	0.4677	2.1379	13.50	0.5323	1.2328	0.0807	3.1205	13.7061	0.0425	13.50	0.5323	0.4610	13.8555	0.1263	13.5	0.5323	-0.0906	13.7427	0.0589	13.5	0.5323	2.6027	0.4610	2.4405	11.4788	4.0852
30	1984	14.70	30	0.4839	2.0667	12.70	0.5161	1.2049	**0.0403**	3.1059	13.3781	0.4598	12.70	0.5161	0.4134	13.5005	0.6408	12.7	0.5161	-0.1277	13.4173	0.5146	12.7	0.5161	2.5416	0.4134	2.4174	11.2165	2.2008
31	1985	15.60	31	0.5000	2.0000	12.30	0.5000	1.1774	0.0000	3.0914	13.0554	0.5707	12.30	0.5000	0.3665	13.1512	0.7246	12.3	0.5000	-0.1643	13.0971	0.6354	12.3	0.5000	2.5096	0.3665	2.3946	10.9642	1.7844
32	1986	18.40	32	0.5161	1.9375	12.20	0.4839	1.2049	**-0.0403**	3.0768	12.7375	0.2889	12.20	0.4839	0.3203	12.8069	0.3683	12.2	0.4839	-0.2003	12.7814	0.3381	12.2	0.4839	2.5014	0.3203	2.3722	10.7210	2.1874
33	1987	19.00	33	0.5323	1.8788	12.20	0.4677	1.2328	-0.0807	3.0622	12.4234	0.0499	12.20	0.4677	0.2746	12.4669	0.0712	12.2	0.4677	-0.2359	12.4697	0.0727	12.2	0.4677	2.5014	0.2746	2.3501	10.4862	2.9371
34	1988	11.50	34	0.5484	1.8235	12.10	0.4516	1.2609	-0.1213	3.0476	12.1128	0.0002	12.10	0.4516	0.2295	12.1305	0.0009	12.1	0.4516	-0.2711	12.1614	0.0038	12.1	0.4516	2.4932	0.2295	2.3282	10.2590	3.3894
35	1989	22.90	35	0.5645	1.7714	11.50	0.4355	1.2894	-0.1621	3.0329	11.8051	0.0931	11.50	0.4355	0.1848	11.7973	0.0884	11.5	0.4355	-0.3060	11.8558	0.1266	11.5	0.4355	2.4423	0.1848	2.3064	10.0387	2.1354
36	1990	11.50	36	0.5806	1.7222	11.50	0.4194	1.3184	-0.2032	3.0180	11.4997	0.0000	11.50	0.4194	0.1404	11.4665	0.0011	11.5	0.4194	-0.3406	11.5526	0.0028	11.5	0.4194	2.4423	0.1404	2.2849	9.8247	2.8065
37	1991	7.70	37	0.5968	1.6757	10.90	0.4032	1.3478	-0.2446	3.0031	11.1962	0.0877	10.90	0.4032	0.0962	11.1376	0.0565	10.9	0.4032	-0.3750	11.2511	0.1233	10.9	0.4032	2.3888	0.0962	2.2635	9.6165	1.6473
38	1992	3.40	38	0.6129	1.6316	10.40	0.3871	1.3777	-0.2865	2.9880	10.8941	0.2441	10.40	0.3871	0.0523	10.8101	0.1682	10.4	0.3871	-0.4093	10.9509	0.3034	10.4	0.3871	2.3418	0.0523	2.2422	9.4136	0.9731
39	1993	13.50	39	0.6290	1.5897	9.90	0.3710	1.4083	-0.3288	2.9727	10.5929	0.4800	9.90	0.3710	0.0084	10.4833	0.3403	9.9	0.3710	-0.4435	10.6513	0.5644	9.9	0.3710	2.2925	0.0084	2.2209	9.2153	0.4688
40	1994	13.60	40	0.6452	1.5500	9.50	0.3548	1.4395	-0.3718	2.9572	10.2919	0.6272	9.50	0.3548	-0.0355	10.1566	0.4312	9.5	0.3548	-0.4777	10.3518	0.7255	9.5	0.3548	2.2513	-0.0355	2.1996	9.0213	0.2292
41	1995	28.00	41	0.6613	1.5122	9.00	0.3387	1.4715	-0.4155	2.9414	9.9908	0.9818	9.00	0.3387	-0.0794	9.8294	0.6880	9	0.3387	-0.5119	10.0518	1.1063	9	0.3387	2.1972	-0.0794	2.1783	8.8311	0.0285
42	1996	12.10	42	0.6774	1.4762	8.70	0.3226	1.5043	-0.4601	2.9253	9.6889	0.9780	8.70	0.3226	-0.1235	9.5010	0.6417	8.7	0.3226	-0.5463	9.7507	1.1041	8.7	0.3226	2.1633	-0.1235	2.1569	8.6442	0.0031
43	1997	33.40	43	0.6935	1.4419	8.40	0.3065	1.5380	-0.5055	2.9089	9.3857	0.9715	8.40	0.3065	-0.1678	9.1707	0.5940	8.4	0.3065	-0.5809	9.4479	1.0981	8.4	0.3065	2.1282	-0.1678	2.1354	8.4602	0.0036
44	1998	9.50	44	0.7097	1.4091	8.40	0.2903	1.5727	-0.5521	2.8921	9.0803	0.4628	8.40	0.2903	-0.2125	8.8377	0.1916	8.4	0.2903	-0.6157	9.1426	0.5515	8.4	0.2903	2.1282	-0.2125	2.1137	8.2787	0.0147
45	1999	12.30	45	0.7258	1.3778	8.00	0.2742	1.6087	-0.5998	2.8749	8.7721	0.5962	8.00	0.2742	-0.2577	8.5011	0.2511	8	0.2742	-0.6510	8.8341	0.6956	8	0.2742	2.0794	-0.2577	2.0918	8.0992	0.0098
46	2000	23.70	46	0.7419	1.3478	7.90	0.2581	1.6459	-0.6490	2.8572	8.4604	0.3140	7.90	0.2581	-0.3035	8.1600	0.0676	7.9	0.2581	-0.6867	8.5213	0.3860	7.9	0.2581	2.0669	-0.3035	2.0695	7.9212	0.0004
47	2001	30.00	47	0.7581	1.3191	7.70	0.2419	1.6847	-0.6998	2.8388	8.1441	0.1972	7.70	0.2419	-0.3500	7.8133	0.0128	7.7	0.2419	-0.7229	8.2034	0.2534	7.7	0.2419	2.0412	-0.3500	2.0470	7.7443	0.0020
48	2002	15.40	48	0.7742	1.2917	7.60	0.2258	1.7252	-0.7525	2.8198	7.8221	0.0493	7.60	0.2258	-0.3975	7.4596	0.0197	7.6	0.2258	-0.7600	7.8792	0.0780	7.6	0.2258	2.0281	-0.3975	2.0239	7.5679	0.0010
49	2003	5.50	49	0.7903	1.2653	7.10	0.2097	1.7676	-0.8073	2.8000	7.4933	0.1547	7.10	0.2097	-0.4461	7.0975	0.0000	7.1	0.2097	-0.7979	7.5473	0.2000	7.1	0.2097	1.9601	-0.4461	2.0003	7.3916	0.0850
50	2004	8.40	50	0.8065	1.2400	6.60	0.1935	1.8123	-0.8647	2.7793	7.1562	0.3094	6.60	0.1935	-0.4961	6.7253	0.0157	6.6	0.1935	-0.8368	7.2060	0.3672	6.6	0.1935	1.8871	-0.4961	1.9761	7.2145	0.3776
51	2005	5.20	51	0.8226	1.2157	6.60	0.1774	1.8597	-0.9252	2.7575	6.8089	0.0436	6.60	0.1774	-0.5477	6.3406	0.0673	6.6	0.1774	-0.8771	6.8534	0.0642	6.6	0.1774	1.8871	-0.5477	1.9510	7.0360	0.1901
52	2006	14.90	52	0.8387	1.1923	6.20	0.1613	1.9103	-0.9891	2.7344	6.4492	0.0621	6.20	0.1613	-0.6013	5.9410	0.0671	6.2	0.1613	-0.9189	6.4870	0.0823	6.2	0.1613	1.8245	-0.6013	1.9250	6.8552	0.4293
53	2007	7.90	53	0.8548	1.1698	5.80	0.1452	1.9646	-1.0574	2.7098	6.0742	0.0752	5.80	0.1452	-0.6575	5.5227	0.0769	5.8	0.1452	-0.9627	6.1035	0.0921	5.8	0.1452	1.7579	-0.6575	1.8978	6.6710	0.7586
54	2008	25.50	54	0.8710	1.1481	5.50	0.1290	2.0237	-1.1310	2.6832	5.6803	0.0325	5.50	0.1290	-0.7167	5.0814	0.1752	5.5	0.1290	-1.0089	5.6989	0.0396	5.5	0.1290	1.7047	-0.7167	1.8690	6.4820	0.9642
55	2009	8.40	55	0.8871	1.1273	5.40	0.1129	2.0886	-1.2114	2.6542	5.2623	0.0190	5.40	0.1129	-0.7799	4.6108	0.6229	5.4	0.1129	-1.0581	5.2675	0.0176	5.4	0.1129	1.6864	-0.7799	1.8384	6.2863	0.7855
56	2010	4.70	56	0.9032	1.1071	5.20	0.0968	2.1612	-1.3003	2.6221	4.8132	0.1496	5.20	0.0968	-0.8482	4.1020	1.2055	5.2	0.0968	-1.1114	4.8011	0.1591	5.2	0.0968	1.6487	-0.8482	1.8052	6.0814	0.7769
57	2011	14.40	57	0.9194	1.0877	4.70	0.0806	2.2440	-1.4010	2.5858	4.3222	0.1427	4.70	0.0806	-0.9233	3.5420	1.3409	4.7	0.0806	-1.1700	4.2877	0.1700	4.7	0.0806	1.5476	-0.9233	1.7688	5.8636	1.3539
58	2012	12.70	58	0.9355	1.0690	4.10	0.0645	2.3413	-1.5182	2.5435	3.7723	0.1074	4.10	0.0645	-1.0083	2.9094	1.4176	4.1	0.0645	-1.2362	3.7077	0.1539	4.1	0.0645	1.4110	-1.0083	1.7276	5.6269	2.3313
59	2014	16.00	59	0.9516	1.0508	3.90	0.0484	2.4611	-1.6611	2.4919	3.1331	0.5881	3.90	0.0484	-1.1081	2.1658	3.0074	3.9	0.0484	-1.3140	3.0260	0.7638	3.9	0.0484	1.3610	-1.1081	1.6791	5.3608	2.1341
60	2015	28.40	60	0.9677	1.0333	3.40	0.0323	2.6207	-1.8490	2.4241	2.3407	1.1222	3.40	0.0323	-1.2337	1.2298	4.7099	3.4	0.0323	-1.4120	2.1679	1.5181	3.4	0.0323	1.2238	-1.2337	1.6182	5.0438	2.7020
61	2016	28.00	61	0.9839	1.0164	3.00	0.0161	2.8730	-2.1416	2.3185	1.2090	3.2077	3.00	0.0161	-1.4176	-0.1400	9.8594	3	0.0161	-1.5553	0.9122	4.3590	3	0.0161	1.0986	-1.4176	1.5289	4.6133	2.6027
C												**10.6957**					**9.9453**					**10.8825**							**31.3811**

Cuadro de Método del Error Cuadrático Mínimo - III

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO						DISTRIBUCION GAMMA II PARAMETROS							DISTRIBUCION PEARSON TIPO III O GAMMA III PARAMETROS						DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III								
ITEM	AÑO	P (mm)	m	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	Z	X²	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	X²	Y	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LOG X	W	Z	KT	Y	x_e	$(x_e - x_o)^2$
1	1954	15.60	1	0.0161	62.0000	46.7	0.9839	3.8437	0.0161	15.6017	38.6142	65.3805	46.7	0.9839	15.727	7.8634	38.9841	59.5359	46.7	0.9839	1.6693	2.8730	2.1416	2.0192	1.6301	42.6672	16.2633
2	1955	25.00	2	0.0323	31.0000	33.4	0.9677	3.5086	0.0323	13.7823	34.1112	0.5058	33.4	0.9677	13.907	6.9534	34.3943	0.9886	33.4	0.9677	1.5237	2.6207	1.8490	1.7654	1.5615	36.4333	9.2012
3	1956	5.80	3	0.0484	20.6667	30	0.9516	3.4012	0.0484	12.6905	31.4090	1.9852	30	0.9516	12.711	6.3554	31.3781	1.8992	30	0.9516	1.4771	2.4611	1.6611	1.5995	1.5167	32.8601	8.1804
4	1957	19.90	4	0.0645	15.5000	28.4	0.9355	3.3464	0.0645	11.8768	29.3951	0.9901	28.4	0.9355	12.027	6.0137	29.6547	1.5742	28.4	0.9355	1.4533	2.3413	1.5182	1.4720	1.4822	30.3526	3.8125
5	1958	12.20	5	0.0806	12.4000	28	0.9194	3.3322	0.0806	11.2724	27.8992	0.0102	28	0.9194	11.400	5.7002	28.0735	0.0054	28	0.9194	1.4472	2.2440	1.4010	1.3663	1.4536	28.4205	0.1768
6	1959	12.20	6	0.0968	10.3333	28	0.9032	3.3322	0.0968	10.7484	26.6023	1.9536	28	0.9032	10.770	5.3848	26.4827	2.3022	28	0.9032	1.4472	2.1612	1.3003	1.2748	1.4289	26.8485	1.3260
7	1960	3.00	7	0.1129	8.8571	25.5	0.8871	3.2387	0.1129	10.3007	25.4942	0.0000	25.5	0.8871	10.376	5.1879	25.4896	0.0001	25.5	0.8871	1.4065	2.0886	1.2114	1.1935	1.4069	25.5226	0.0005
8	1961	22.20	8	0.1290	7.7500	25.2	0.8710	3.2268	0.1290	9.8998	24.5020	0.4872	25.2	0.8710	10.040	5.0199	24.6422	0.3111	25.2	0.8710	1.4014	2.0237	1.1310	1.1196	1.3870	24.3755	0.6798
9	1962	8.70	9	0.1452	6.8889	25	0.8548	3.2189	0.1452	9.5455	23.6251	1.8904	25	0.8548	9.702	4.8509	23.7896	1.4651	25	0.8548	1.3979	1.9646	1.0574	1.0515	1.3685	23.3640	2.6764
10	1963	14.90	10	0.1613	6.2000	24	0.8387	3.1781	0.1613	9.2259	22.8341	1.3594	24	0.8387	9.366	4.6829	22.9423	1.1188	24	0.8387	1.3802	1.9103	0.9891	0.9880	1.3514	22.4587	2.3755
11	1964	7.10	11	0.1774	5.6364	23.7	0.8226	3.1655	0.1774	8.9339	22.1114	2.5237	23.7	0.8226	9.030	4.5149	22.0949	2.5763	23.7	0.8226	1.3747	1.8597	0.9252	0.9282	1.3352	21.6389	4.2481
12	1965	7.60	12	0.1935	5.1667	22.9	0.8065	3.1311	0.1935	8.6632	21.4414	2.1275	22.9	0.8065	8.694	4.3469	21.2476	2.7305	22.9	0.8065	1.3598	1.8123	0.8647	0.8715	1.3199	20.8892	4.0435
13	1966	4.10	13	0.2097	4.7692	22.2	0.7903	3.1001	0.2097	8.4084	20.8108	1.9299	22.2	0.7903	8.419	4.2095	20.5546	2.7075	22.2	0.7903	1.3464	1.7676	0.8073	0.8175	1.3053	20.1980	4.0082
14	1967	25.20	14	0.2258	4.4286	22.1	0.7742	3.0956	0.2258	8.1721	20.2259	3.5121	22.1	0.7742	8.188	4.0940	19.9723	4.5273	22.1	0.7742	1.3444	1.7252	0.7525	0.7656	1.2913	19.5563	6.4704
15	1968	9.90	15	0.2419	4.1333	21.3	0.7581	3.0587	0.2419	7.9494	19.6748	2.6414	21.3	0.7581	7.957	3.9786	19.3902	3.6473	21.3	0.7581	1.3284	1.6847	0.6998	0.7156	1.2778	18.9571	5.4892
16	1969	6.60	16	0.2581	3.8750	19.9	0.7419	2.9907	0.2581	7.7370	19.1491	0.5639	19.9	0.7419	7.742	3.8711	18.8480	1.1067	19.9	0.7419	1.2989	1.6459	0.6490	0.6672	1.2647	18.3946	2.2661
17	1970	6.60	17	0.2742	3.6471	19	0.7258	2.9444	0.2742	7.5359	18.6513	0.1216	19	0.7258	7.546	3.7729	18.3527	0.4190	19	0.7258	1.2788	1.6087	0.5998	0.6202	1.2520	17.8643	1.2899
18	1971	10.40	18	0.2903	3.4444	18.4	0.7097	2.9124	0.2903	7.3438	18.1759	0.0502	18.4	0.7097	7.344	3.6720	17.8436	0.3096	18.4	0.7097	1.2648	1.5727	0.5521	0.5744	1.2396	17.3621	1.0772
19	1972	21.30	19	0.3065	3.2632	16	0.6935	2.7726	0.3065	7.1586	17.7175	2.9499	16	0.6935	7.165	3.5824	17.3916	1.9367	16	0.6935	1.2041	1.5380	0.5055	0.5296	1.2275	16.8850	0.7832
20	1973	22.10	20	0.3226	3.1000	16	0.6774	2.7726	0.3226	6.9815	17.2792	1.6364	16	0.6774	7.001	3.5003	16.9776	0.9556	16	0.6774	1.2041	1.5043	0.4601	0.4857	1.2156	16.4301	0.1850
21	1974	16.00	21	0.3387	2.9524	15.6	0.6613	2.7473	0.3387	6.8110	16.8572	1.5806	15.6	0.6613	6.836	3.4182	16.5635	0.9283	15.6	0.6613	1.1931	1.4715	0.4155	0.4426	1.2040	15.9952	0.1562
22	1975	46.70	22	0.3548	2.8182	15.6	0.6452	2.7473	0.3548	6.6406	16.4355	0.6980	15.6	0.6452	6.672	3.3360	16.1491	0.3015	15.6	0.6452	1.1931	1.4395	0.3718	0.4002	1.1925	15.5782	0.0005
23	1976	24.00	23	0.3710	2.6957	15.4	0.6290	2.7344	0.3710	6.4870	16.0553	0.4294	15.4	0.6290	6.507	3.2534	15.7325	0.1106	15.4	0.6290	1.1875	1.4083	0.3288	0.3583	1.1812	15.1774	0.0495
24	1977	9.00	24	0.3871	2.5833	14.9	0.6129	2.7014	0.3871	6.3323	15.6724	0.5966	14.9	0.6129	6.343	3.1713	15.3184	0.1751	14.9	0.6129	1.1732	1.3777	0.2865	0.3169	1.1700	14.7913	0.0118
25	1978	8.00	25	0.4032	2.4800	14.9	0.5968	2.7014	0.4032	6.1815	15.2992	0.1594	14.9	0.5968	6.183	3.0917	14.9169	0.0003	14.9	0.5968	1.1732	1.3478	0.2446	0.2758	1.1589	14.4184	0.2319
26	1979	10.90	26	0.4194	2.3846	14.7	0.5806	2.6878	0.4194	6.0344	14.9351	0.0553	14.7	0.5806	6.044	3.0218	14.5644	0.0184	14.7	0.5806	1.1673	1.3184	0.2032	0.2351	1.1479	14.0577	0.4125
27	1980	6.20	27	0.4355	2.2963	14.4	0.5645	2.6672	0.4355	5.8916	14.5817	0.0330	14.4	0.5645	5.905	2.9523	14.2138	0.0347	14.4	0.5645	1.1584	1.2894	0.1621	0.1947	1.1370	13.7081	0.4787
28	1981	5.40	28	0.4516	2.2143	13.6	0.5484	2.6101	0.4516	5.7516	14.2352	0.4035	13.6	0.5484	5.766	2.8829	13.8636	0.0695	13.6	0.5484	1.1335	1.2609	0.1213	0.1544	1.1261	13.3686	0.0536
29	1982	3.90	29	0.4677	2.1379	13.5	0.5323	2.6027	0.4677	5.6149	13.8969	0.1575	13.5	0.5323	5.627	2.8134	13.5130	0.0002	13.5	0.5323	1.1303	1.2328	0.0807	0.1142	1.1152	13.0383	0.2132
30	1984	14.70	30	0.4839	2.0667	12.7	0.5161	2.5416	0.4839	5.4815	13.5667	0.7512	12.7	0.5161	5.487	2.7435	13.1605	0.2120	12.7	0.5161	1.1038	1.2049	**0.0403**	0.0740	1.1044	12.7165	0.0003
31	1985	15.60	31	0.5000	2.0000	12.3	0.5000	2.5096	0.5000	5.3498	13.2407	0.8850	12.3	0.5000	5.348	2.6740	12.8102	0.2603	12.3	0.5000	1.0899	1.1774	**0.0000**	0.0338	1.0935	12.4024	0.0105
32	1986	18.40	32	0.5161	1.9375	12.2	0.4839	2.5014	0.5161	5.2189	12.9168	0.5138	12.2	0.4839	5.223	2.6114	12.4942	0.0865	12.2	0.4839	1.0864	1.2049	**-0.0403**	-0.0065	1.0826	12.0953	0.0110
33	1987	19.00	33	0.5323	1.8788	12.2	0.4677	2.5014	0.5323	5.0907	12.5995	0.1596	12.2	0.4677	5.097	2.5484	12.1764	0.0006	12.2	0.4677	1.0864	1.2328	-0.0807	-0.0470	1.0717	11.7943	0.1646
34	1988	11.50	34	0.5484	1.8235	12.1	0.4516	2.4932	0.5484	4.9646	12.2874	0.0351	12.1	0.4516	4.971	2.4857	11.8604	0.0574	12.1	0.4516	1.0828	1.2609	-0.1213	-0.0877	1.0607	11.4990	0.3612
35	1989	22.90	35	0.5645	1.7714	11.5	0.4355	2.4423	0.5645	4.8402	11.9795	0.2299	11.5	0.4355	4.846	2.4231	11.5447	0.0020	11.5	0.4355	1.0607	1.2894	-0.1621	-0.1288	1.0496	11.2087	0.0849
36	1990	11.50	36	0.5806	1.7222	11.5	0.4194	2.4423	0.5806	4.7173	11.6753	0.0307	11.5	0.4194	4.721	2.3605	11.2287	0.0736	11.5	0.4194	1.0607	1.3184	-0.2032	-0.1703	1.0383	10.9230	0.3329
37	1991	7.70	37	0.5968	1.6757	10.9	0.4032	2.3888	0.5968	4.5943	11.3709	0.2217	10.9	0.4032	4.595	2.2975	10.9110	0.0001	10.9	0.4032	1.0374	1.3478	-0.2446	-0.2122	1.0270	10.6415	0.0668
38	1992	3.40	38	0.6129	1.6316	10.4	0.3871	2.3418	0.6129	4.4736	11.0722	0.4518	10.4	0.3871	4.474	2.2372	10.6068	0.0428	10.4	0.3871	1.0170	1.3777	-0.2865	-0.2548	1.0155	10.3635	0.0013
39	1993	13.50	39	0.6290	1.5897	9.9	0.3710	2.2925	0.6290	4.3533	10.7744	0.7646	9.9	0.3710	4.325	2.1624	10.2298	0.1088	9.9	0.3710	0.9956	1.4083	-0.3288	-0.2979	1.0038	10.0888	0.0356
40	1994	13.60	40	0.6452	1.5500	9.5	0.3548	2.2513	0.6452	4.2329	10.4764	0.9534	9.5	0.3548	4.235	2.1173	10.0023	0.2523	9.5	0.3548	0.9777	1.4395	-0.3718	-0.3419	0.9920	9.8167	0.1003
41	1995	28.00	41	0.6613	1.5122	9	0.3387	2.1972	0.6613	4.1137	10.1814	1.3957	9	0.3387	4.115	2.0576	9.7012	0.4917	9	0.3387	0.9542	1.4715	-0.4155	-0.3866	0.9799	9.5470	0.2992
42	1996	12.10	42	0.6774	1.4762	8.7	0.3226	2.1633	0.6774	3.9947	9.8869	1.4087	8.7	0.3226	3.996	1.9979	9.3999	0.4898	8.7	0.3226	0.9395	1.5043	-0.4601	-0.4324	0.9675	9.2790	0.3353
43	1997	33.40	43	0.6935	1.4419	8.4	0.3065	2.1282	0.6935	3.8756	9.5921	1.4211	8.4	0.3065	3.876	1.9381	9.0985	0.4879	8.4	0.3065	0.9243	1.5380	-0.5055	-0.4792	0.9548	9.0124	0.3750
44	1998	9.50	44	0.7097	1.4091	8.4	0.2903	2.1282	0.7097	3.7555	9.2949	0.8008	8.4	0.2903	3.756	1.8778	8.7944	0.1555	8.4	0.2903	0.9243	1.5727	-0.5521	-0.5273	0.9418	8.7466	0.1201
45	1999	12.30	45	0.7258	1.3778	8	0.2742	2.0794	0.7258	3.6358	8.9986	0.9972	8	0.2742	3.636	1.8178	8.4915	0.2416	8	0.2742	0.9031	1.6087	-0.5998	-0.5769	0.9284	8.4810	0.2314
46	2000	23.70	46	0.7419	1.3478	7.9	0.2581	2.0669	0.7419	3.5152	8.7001	0.6402	7.9	0.2581	3.515	1.7577	8.1886	0.0833	7.9	0.2581	0.8976	1.6459	-0.6490	-0.6280	0.9146	8.2152	0.0994
47	2001	30.00	47	0.7581	1.3191	7.7	0.2419	2.0412	0.7581	3.3933	8.3984	0.4878	7.7	0.2419	3.393	1.6963	7.8789	0.0320	7.7	0.2419	0.8865	1.6847	-0.6998	-0.6811	0.9003	7.9485	0.0618
48	2002	15.40	48	0.7742	1.2917	7.6	0.2258	2.0281	0.7742	3.2700	8.0932	0.2433	7.6	0.2258	3.269	1.6344	7.5665	0.0011	7.6	0.2258	0.8808	1.7252	-0.7525	-0.7363	0.8854	7.6802	0.0064
49	2003	5.50	49	0.7903	1.2653	7.1	0.2097	1.9601	0.7903	3.1455	7.7851	0.4694	7.1	0.2097	3.145	1.5724	7.2538	0.0236	7.1	0.2097	0.8513	1.7676	-0.8073	-0.7939	0.8698	7.4095	0.0958
50	2004	8.40	50	0.8065	1.2400	6.6	0.1935	1.8871	0.8065	3.0184	7.4705	0.7578	6.6	0.1935	3.014	1.5069	6.9234	0.1046	6.6	0.1935	0.8195	1.8123	-0.8647	-0.8545	0.8534	7.1354	0.2867
51	2005	5.20	51	0.8226	1.2157	6.6	0.1774	1.8871	0.8226	2.8884	7.1488	0.3012	6.6	0.1774	2.874	1.4372	6.5719	0.0008	6.6	0.1774	0.8195	1.8597	-0.9252	-0.9185	0.8361	6.8569	0.0660
52	2006	14.90	52	0.8387	1.1923	6.2	0.1613	1.8245	0.8387	2.7560	6.8211	0.3858	6.2	0.1613	2.735	1.3675	6.2203	0.0004	6.2	0.1613	0.7924	1.9103	-0.9891	-0.9865	0.8177	6.5726	0.1388
53	2007	7.90	53	0.8548	1.1698	5.8	0.1452	1.7579	0.8548	2.6196	6.4835	0.4672	5.8	0.1452	2.595	1.2977	5.8685	0.0047	5.8	0.1452	0.7634	1.9646	-1.0574	-1.0595	0.7980	6.2809	0.2312
54	2008	25.50	54	0.8710	1.1481	5.5	0.1290	1.7047	0.8710	2.4759	6.1278	0.3942	5.5	0.1290	2.455	1.2276	5.5147	0.0002	5.5	0.1290	0.7404	2.0237	-1.1310	-1.1385	0.7767	5.9795	0.2300
55	2009	8.40	55	0.8871	1.1273	5.4	0.1129	1.6864	0.8871	2.3273	5.7601	0.1296	5.4	0.1129	2.316	1.1579	5.1631	0.0561	5.4	0.1129	0.7324	2.0886	-1.2114	-1.2251	0.7533	5.6658	0.0706
56	2010	4.70	56	0.9032	1.1071	5.2	0.0968	1.6487	0.9032	2.1712	5.3737	0.0302	5.2	0.0968	2.168	1.0838	4.7897	0.1684	5.2	0.0968	0.7160	2.1612	-1.3003	-1.3216	0.7272	5.3355	0.0184
57	2011	14.40	57	0.9194	1.0877	4.7	0.0806	1.5476	0.9194	2.0031	4.9577	0.0664	4.7	0.0806	1.983	0.9916	4.3246	0.1409	4.7	0.0806	0.6721	2.2440	-1.4010	-1.4314	0.6975	4.9830	0.0801
58	2012	12.70	58	0.9355	1.0690	4.1	0.0645	1.4110	0.9355	1.8193	4.5028	0.1622	4.1	0.0645	1.800	0.9000	3.8626	0.0563	4.1	0.0645	0.6128	2.3413	-1.5182	-1.5602	0.6627	4.5991	0.2491
59	2014	16.00	59	0.9516	1.0508	3.9	0.0484	1.3610	0.9516	1.6113	3.9880	0.0077	3.9	0.0484	1.610	0.8048	3.3822	0.2681	3.9	0.0484	0.5911	2.4611	-1.6611	-1.7185	0.6199	4.1677	0.0717
60	2015	28.40	60	0.9677	1.0333	3.4	0.0323	1.2238	0.9677	1.3683	3.3865	0.0002	3.4	0.0323	1.353	0.6766	2.7359	0.4411	3.4	0.0323	0.5315	2.6207	-1.8490	-1.9290	0.5630	3.6560	0.0655
61	2016	28.00	61	0.9839	1.0164	3	0.0161	1.0986	0.9839	1.0420	2.5789	0.1773	3	0.0161	1.337	0.6687	2.6958	0.0926	3	0.0161	0.4771	2.8730	-2.1416	-2.2618	0.4731	2.9720	0.0008
C												**10.6053**						**9.8078**									**8.9701**

Cuadro de Método del Error Cuadrático Mínimo – I (con el dato excepcional)

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO						DISTRIBUCION NORMAL						DISTRIBUCION LOG NORMAL								DISTRIBUCION LOG NORMAL II PARAMETROS							
ITEM	AÑO	P (mm)	m	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	W	Z	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN X	W	Z	y	x_e	$(x_e - x_o)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	W	Z	y	x_e	$(x_e - x_o)^2$
1	1954	15.60	1	0.0156	64.0000	124.50	0.9844	2.8841	2.1543	51.4489	5336.4587	124.50	0.9844	4.8243	2.8841	2.1543	4.0730	58.7302	4325.6622	124.50	0.9844	4.8243	2.8841	2.1543	4.0730	58.7302	4325.6622
2	1955	25.00	2	0.0313	32.0000	46.70	0.9688	2.6328	1.8631	46.6679	0.0010	46.70	0.9688	3.8437	2.6328	1.8631	3.8604	47.4862	0.6181	46.70	0.9688	3.8437	2.6328	1.8631	3.8604	47.4862	0.6181
3	1956	5.80	3	0.0469	21.3333	33.40	0.9531	2.4740	1.6763	43.5999	104.0382	33.40	0.9531	3.5086	2.4740	1.6763	3.7241	41.4327	64.5245	33.40	0.9531	3.5086	2.4740	1.6763	3.7241	41.4327	64.5245
4	1957	19.90	4	0.0625	16.0000	30.00	0.9375	2.3548	1.5344	41.2703	127.0202	30.00	0.9375	3.4012	2.3548	1.5344	3.6205	37.3571	54.1264	30.00	0.9375	3.4012	2.3548	1.5344	3.6205	37.3571	54.1264
5	1958	12.20	5	0.0781	12.8000	28.40	0.9219	2.2581	1.4181	39.3593	120.1072	28.40	0.9219	3.3464	2.2581	1.4181	3.5356	34.3149	34.9862	28.40	0.9219	3.3464	2.2581	1.4181	3.5356	34.3149	34.9862
6	1959	12.20	6	0.0938	10.6667	28.00	0.9063	2.1758	1.3182	37.7199	94.4762	28.00	0.9063	3.3322	2.1758	1.3182	3.4627	31.9032	15.2353	28.00	0.9063	3.3322	2.1758	1.3182	3.4627	31.9032	15.2353
7	1960	3.00	7	0.1094	9.1429	28.00	0.8906	2.1038	1.2300	36.2715	68.4173	28.00	0.8906	3.3322	2.1038	1.2300	3.3983	29.9140	3.6634	28.00	0.8906	3.3322	2.1038	1.2300	3.3983	29.9140	3.6634
8	1961	22.20	8	0.1250	8.0000	25.50	0.8750	2.0393	1.1504	34.9650	89.5859	25.50	0.8750	3.2387	2.0393	1.1504	3.3403	28.2263	7.4326	25.50	0.8750	3.2387	2.0393	1.1504	3.3403	28.2263	7.4326
9	1962	8.70	9	0.1406	7.1111	25.20	0.8594	1.9807	1.0775	33.7681	73.4128	25.20	0.8594	3.2268	1.9807	1.0775	3.2871	26.7639	2.4458	25.20	0.8594	3.2268	1.9807	1.0775	3.2871	26.7639	2.4458
10	1963	14.90	10	0.1563	6.4000	25.00	0.8438	1.9268	1.0100	32.6585	58.6520	25.00	0.8438	3.2189	1.9268	1.0100	3.2377	25.4758	0.2264	25.00	0.8438	3.2189	1.9268	1.0100	3.2377	25.4758	0.2264
11	1964	7.10	11	0.1719	5.8182	24.00	0.8281	1.8767	0.9467	31.6197	58.0599	24.00	0.8281	3.1781	1.8767	0.9467	3.1916	24.3263	0.1065	24.00	0.8281	3.1781	1.8767	0.9467	3.1916	24.3263	0.1065
12	1965	7.60	12	0.1875	5.3333	23.70	0.8125	1.8297	0.8870	30.6397	48.1588	23.70	0.8125	3.1655	1.8297	0.8870	3.1480	23.2893	0.1686	23.70	0.8125	3.1655	1.8297	0.8870	3.1480	23.2893	0.1686
13	1966	4.10	13	0.2031	4.9231	22.90	0.7969	1.7855	0.8303	29.7089	46.3611	22.90	0.7969	3.1311	1.7855	0.8303	3.1066	22.3455	0.3075	22.90	0.7969	3.1311	1.7855	0.8303	3.1066	22.3455	0.3075
14	1967	25.20	14	0.2188	4.5714	22.20	0.7813	1.7435	0.7762	28.8200	43.8244	22.20	0.7813	3.1001	1.7435	0.7762	3.0671	21.4798	0.5187	22.20	0.7813	3.1001	1.7435	0.7762	3.0671	21.4798	0.5187
15	1968	9.90	15	0.2344	4.2667	22.10	0.7656	1.7034	0.7243	27.9670	34.4214	22.10	0.7656	3.0956	1.7034	0.7243	3.0292	20.6806	2.0146	22.10	0.7656	3.0956	1.7034	0.7243	3.0292	20.6806	2.0146
16	1969	6.60	16	0.2500	4.0000	21.30	0.7500	1.6651	0.6742	27.1449	34.1631	21.30	0.7500	3.0587	1.6651	0.6742	2.9927	19.9386	1.8534	21.30	0.7500	3.0587	1.6651	0.6742	2.9927	19.9386	1.8534
17	1970	6.60	17	0.2656	3.7647	19.90	0.7344	1.6283	0.6258	26.3498	41.5994	19.90	0.7344	2.9907	1.6283	0.6258	2.9573	19.2462	0.4275	19.90	0.7344	2.9907	1.6283	0.6258	2.9573	19.2462	0.4275
18	1971	10.40	18	0.2813	3.5556	19.00	0.7188	1.5928	0.5788	25.5780	43.2706	19.00	0.7188	2.9444	1.5928	0.5788	2.9230	18.5972	0.1623	19.00	0.7188	2.9444	1.5928	0.5788	2.9230	18.5972	0.1623
19	1972	21.30	19	0.2969	3.3684	18.40	0.7031	1.5585	0.5330	24.8268	41.3041	18.40	0.7031	2.9124	1.5585	0.5330	2.8896	17.9865	0.1710	18.40	0.7031	2.9124	1.5585	0.5330	2.8896	17.9865	0.1710
20	1973	22.10	20	0.3125	3.2000	16.00	0.6875	1.5252	0.4884	24.0936	65.5061	16.00	0.6875	2.7726	1.5252	0.4884	2.8570	17.4097	1.9872	16.00	0.6875	2.7726	1.5252	0.4884	2.8570	17.4097	1.9872
21	1974	16.00	21	0.3281	3.0476	16.00	0.6719	1.4929	0.4447	23.3761	54.4067	16.00	0.6719	2.7726	1.4929	0.4447	2.8251	16.8632	0.7451	16.00	0.6719	2.7726	1.4929	0.4447	2.8251	16.8632	0.7451
22	1975	46.70	22	0.3438	2.9091	15.60	0.6563	1.4614	0.4018	22.6724	50.0186	15.60	0.6563	2.7473	1.4614	0.4018	2.7939	16.3439	0.5534	15.60	0.6563	2.7473	1.4614	0.4018	2.7939	16.3439	0.5534
23	1976	24.00	23	0.3594	2.7826	15.60	0.6406	1.4307	0.3597	21.9807	40.7135	15.60	0.6406	2.7473	1.4307	0.3597	2.7631	15.8491	0.0620	15.60	0.6406	2.7473	1.4307	0.3597	2.7631	15.8491	0.0620
24	1977	9.00	24	0.3750	2.6667	15.40	0.6250	1.4006	0.3182	21.2995	34.8042	15.40	0.6250	2.7344	1.4006	0.3182	2.7328	15.3764	0.0006	15.40	0.6250	2.7344	1.4006	0.3182	2.7328	15.3764	0.0006
25	1978	8.00	25	0.3906	2.5600	14.90	0.6094	1.3711	0.2773	20.6273	32.8024	14.90	0.6094	2.7014	1.3711	0.2773	2.7030	14.9238	0.0006	14.90	0.6094	2.7014	1.3711	0.2773	2.7030	14.9238	0.0006
26	1979	10.90	26	0.4063	2.4615	14.90	0.5938	1.3422	0.2368	19.9629	25.6328	14.90	0.5938	2.7014	1.3422	0.2368	2.6734	14.4894	0.1686	14.90	0.5938	2.7014	1.3422	0.2368	2.6734	14.4894	0.1686
27	1980	6.20	27	0.4219	2.3704	14.70	0.5781	1.3138	0.1967	19.3049	21.2054	14.70	0.5781	2.6878	1.3138	0.1967	2.6442	14.0718	0.3946	14.70	0.5781	2.6878	1.3138	0.1967	2.6442	14.0718	0.3946
28	1981	5.40	28	0.4375	2.2857	14.40	0.5625	1.2858	0.1570	18.6523	18.0823	14.40	0.5625	2.6672	1.2858	0.1570	2.6152	13.6695	0.5336	14.40	0.5625	2.6672	1.2858	0.1570	2.6152	13.6695	0.5336
29	1982	3.90	29	0.4531	2.2069	13.60	0.5469	1.2582	0.1175	18.0040	19.3953	13.60	0.5469	2.6101	1.2582	0.1175	2.5863	13.2812	0.1016	13.60	0.5469	2.6101	1.2582	0.1175	2.5863	13.2812	0.1016
30	**1983**	1.50	30	0.4688	2.1333	13.50	0.5313	1.2310	0.0782	17.3589	14.8914	13.50	0.5313	2.6027	1.2310	0.0782	2.5577	12.9058	0.3531	13.50	0.5313	2.6027	1.2310	0.0782	2.5577	12.9058	0.3531
31	1984	14.70	31	0.4844	2.0645	12.70	0.5156	1.2041	**0.0391**	16.7161	16.1293	12.70	0.5156	2.5416	1.2041	**0.0391**	2.5291	12.5423	0.0249	12.70	0.5156	2.5416	1.2041	**0.0391**	2.5291	12.5423	0.0249
32	1985	15.60	32	0.5000	2.0000	12.30	0.5000	1.1774	**0.0000**	16.0746	14.2476	12.30	0.5000	2.5096	1.1774	**0.0000**	2.5006	12.1897	0.0122	12.30	0.5000	2.5096	1.1774	**0.0000**	2.5006	12.1897	0.0122
33	1986	18.40	33	0.5156	1.9394	12.20	0.4844	1.2041	**-0.0391**	15.4331	10.4528	12.20	0.4844	2.5014	1.2041	**-0.0391**	2.4721	11.8470	0.1246	12.20	0.4844	2.5014	1.2041	**-0.0391**	2.4721	11.8470	0.1246
34	1987	19.00	34	0.5313	1.8824	12.20	0.4688	1.2310	-0.0782	14.7903	6.7095	12.20	0.4688	2.5014	1.2310	-0.0782	2.4435	11.5133	0.4716	12.20	0.4688	2.5014	1.2310	-0.0782	2.4435	11.5133	0.4716
35	1988	11.50	35	0.5469	1.8286	12.10	0.4531	1.2582	-0.1175	14.1452	4.1828	12.10	0.4531	2.4932	1.2582	-0.1175	2.4148	11.1878	0.8320	12.10	0.4531	2.4932	1.2582	-0.1175	2.4148	11.1878	0.8320
36	1989	22.90	36	0.5625	1.7778	11.50	0.4375	1.2858	-0.1570	13.4969	3.9875	11.50	0.4375	2.4423	1.2858	-0.1570	2.3860	10.8700	0.3969	11.50	0.4375	2.4423	1.2858	-0.1570	2.3860	10.8700	0.3969
37	1990	11.50	37	0.5781	1.7297	11.50	0.4219	1.3138	-0.1967	12.8443	1.8071	11.50	0.4219	2.4423	1.3138	-0.1967	2.3570	10.5593	0.8850	11.50	0.4219	2.4423	1.3138	-0.1967	2.3570	10.5593	0.8850
38	1991	7.70	38	0.5938	1.6842	10.90	0.4063	1.3422	-0.2368	12.1863	1.6546	10.90	0.4063	2.3888	1.3422	-0.2368	2.3278	10.2549	0.4161	10.90	0.4063	2.3888	1.3422	-0.2368	2.3278	10.2549	0.4161
39	1992	3.40	39	0.6094	1.6410	10.40	0.3906	1.3711	-0.2773	11.5219	1.2586	10.40	0.3906	2.3418	1.3711	-0.2773	2.2982	9.9565	0.1967	10.40	0.3906	2.3418	1.3711	-0.2773	2.2982	9.9565	0.1967
40	1993	13.50	40	0.6250	1.6000	9.90	0.3750	1.4006	-0.3182	10.8497	0.9019	9.90	0.3750	2.2925	1.4006	-0.3182	2.2683	9.6634	0.0560	9.90	0.3750	2.2925	1.4006	-0.3182	2.2683	9.6634	0.0560
41	1994	13.60	41	0.6406	1.5610	9.50	0.3594	1.4307	-0.3597	10.1685	0.4469	9.50	0.3594	2.2513	1.4307	-0.3597	2.2381	9.3752	0.0156	9.50	0.3594	2.2513	1.4307	-0.3597	2.2381	9.3752	0.0156
42	1995	28.00	42	0.6563	1.5238	9.00	0.3438	1.4614	-0.4018	9.4768	0.2274	9.00	0.3438	2.1972	1.4614	-0.4018	2.2073	9.0913	0.0083	9.00	0.3438	2.1972	1.4614	-0.4018	2.2073	9.0913	0.0083
43	1996	12.10	43	0.6719	1.4884	8.70	0.3281	1.4929	-0.4447	8.7731	0.0053	8.70	0.3281	2.1633	1.4929	-0.4447	2.1760	8.8114	0.0124	8.70	0.3281	2.1633	1.4929	-0.4447	2.1760	8.8114	0.0124
44	1997	33.40	44	0.6875	1.4545	8.40	0.3125	1.5252	-0.4884	8.0556	0.1186	8.40	0.3125	2.1282	1.5252	-0.4884	2.1441	8.5348	0.0182	8.40	0.3125	2.1282	1.5252	-0.4884	2.1441	8.5348	0.0182
45	1998	9.50	45	0.7031	1.4222	8.40	0.2969	1.5585	-0.5330	7.3224	1.1613	8.40	0.2969	2.1282	1.5585	-0.5330	2.1116	8.2611	0.0193	8.40	0.2969	2.1282	1.5585	-0.5330	2.1116	8.2611	0.0193
46	1999	12.30	46	0.7188	1.3913	8.00	0.2813	1.5928	-0.5788	6.5712	2.0416	8.00	0.2813	2.0794	1.5928	-0.5788	2.0782	7.9898	0.0001	8.00	0.2813	2.0794	1.5928	-0.5788	2.0782	7.9898	0.0001
47	2000	23.70	47	0.7344	1.3617	7.90	0.2656	1.6283	-0.6258	5.7995	4.4123	7.90	0.2656	2.0669	1.6283	-0.6258	2.0439	7.7204	0.0323	7.90	0.2656	2.0669	1.6283	-0.6258	2.0439	7.7204	0.0323
48	2001	30.00	48	0.7500	1.3333	7.70	0.2500	1.6651	-0.6742	5.0043	7.2669	7.70	0.2500	2.0412	1.6651	-0.6742	2.0085	7.4523	0.0614	7.70	0.2500	2.0412	1.6651	-0.6742	2.0085	7.4523	0.0614
49	2002	15.40	49	0.7656	1.3061	7.60	0.2344	1.7034	-0.7243	4.1822	11.6812	7.60	0.2344	2.0281	1.7034	-0.7243	1.9720	7.1849	0.1723	7.60	0.2344	2.0281	1.7034	-0.7243	1.9720	7.1849	0.1723
50	2003	5.50	50	0.7813	1.2800	7.10	0.2188	1.7435	-0.7762	3.3292	14.2189	7.10	0.2188	1.9601	1.7435	-0.7762	1.9341	6.9176	0.0333	7.10	0.2188	1.9601	1.7435	-0.7762	1.9341	6.9176	0.0333
51	2004	8.40	51	0.7969	1.2549	6.60	0.2031	1.7855	-0.8303	2.4403	17.3031	6.60	0.2031	1.8871	1.7855	-0.8303	1.8946	6.6496	0.0025	6.60	0.2031	1.8871	1.7855	-0.8303	1.8946	6.6496	0.0025
52	2005	5.20	52	0.8125	1.2308	6.60	0.1875	1.8297	-0.8870	1.5095	25.9127	6.60	0.1875	1.8871	1.8297	-0.8870	1.8532	6.3801	0.0484	6.60	0.1875	1.8871	1.8297	-0.8870	1.8532	6.3801	0.0484
53	2006	14.90	53	0.8281	1.2075	6.20	0.1719	1.8767	-0.9467	0.5295	32.1545	6.20	0.1719	1.8245	1.8767	-0.9467	1.8096	6.1081	0.0084	6.20	0.1719	1.8245	1.8767	-0.9467	1.8096	6.1081	0.0084
54	2007	7.90	54	0.8438	1.1852	5.80	0.1563	1.9268	-1.0100	-0.5093	39.8067	5.80	0.1563	1.7579	1.9268	-1.0100	1.7634	5.8325	0.0011	5.80	0.1563	1.7579	1.9268	-1.0100	1.7634	5.8325	0.0011
55	2008	25.50	55	0.8594	1.1636	5.50	0.1406	1.9807	-1.0775	-1.6189	50.6790	5.50	0.1406	1.7047	1.9807	-1.0775	1.7141	5.5518	0.0027	5.50	0.1406	1.7047	1.9807	-1.0775	1.7141	5.5518	0.0027
56	2009	8.40	56	0.8750	1.1429	5.40	0.1250	2.0393	-1.1504	-2.8158	67.4990	5.40	0.1250	1.6864	2.0393	-1.1504	1.6609	5.2642	0.0185	5.40	0.1250	1.6864	2.0393	-1.1504	1.6609	5.2642	0.0185
57	2010	4.70	57	0.8906	1.1228	5.20	0.1094	2.1038	-1.2300	-4.1223	86.9047	5.20	0.1094	1.6487	2.1038	-1.2300	1.6029	4.9672	0.0542	5.20	0.1094	1.6487	2.1038	-1.2300	1.6029	4.9672	0.0542
58	2011	14.40	58	0.9063	1.1034	4.70	0.0938	2.1758	-1.3182	-5.5707	105.4869	4.70	0.0938	1.5476	2.1758	-1.3182	1.5385	4.6575	0.0018	4.70	0.0938	1.5476	2.1758	-1.3182	1.5385	4.6575	0.0018
59	2012	12.70	59	0.9219	1.0847	4.10	0.0781	2.2581	-1.4181	-7.2101	127.9192	4.10	0.0781	1.4110	2.2581	-1.4181	1.4656	4.3301	0.0530	4.10	0.0781	1.4110	2.2581	-1.4181	1.4656	4.3301	0.0530
60	**2013**	124.50	60	0.9375	1.0667	3.90	0.0625	2.3548	-1.5344	-9.1211	169.5495	3.90	0.0625	1.3610	2.3548	-1.5344	1.3807	3.9775	0.0060	3.90	0.0625	1.3610	2.3548	-1.5344	1.3807	3.9775	0.0060
61	2014	16.00	61	0.9531	1.0492	3.40	0.0469	2.4740	-1.6763	-11.4507	220.5435	3.40	0.0469	1.2238	2.4740	-1.6763	1.2771	3.5862	0.0347	3.40	0.0469	1.2238	2.4740	-1.6763	1.2771	3.5862	0.0347
62	2015	28.40	62	0.9688	1.0323	3.00	0.0313	2.6328	-1.8631	-14.5187	306.9032	3.00	0.0313	1.0986	2.6328	-1.8631	1.1407	3.1291	0.0167	3.00	0.0313	1.0986	2.6328	-1.8631	1.1407	3.1291	0.0167
63	2016	28.00	63	0.9844	1.0159	1.50	0.0156	2.8841	-2.1543	-19.2997	432.6285	1.50	0.0156	0.4055	2.8841	-2.1543	0.9282	2.5300	1.0609	1.50	0.0156	0.4055	2.8841	-2.1543	0.9282	2.5300	1.0609
C											**92.8816**								**67.2655**								**67.2655**

Cuadro de Método del Error Cuadrático Mínimo – II (con el dato excepcional)

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO						DISTRIBUCION LOG NORMAL III PARAMETROS							DISTRIBUCION GUMBEL (Tabla)					DISTRIBUCION GUMBEL					DISTRIBUCION LOG GUMBEL						
ITEM	AÑO	P (mm)	m	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	W	Z	y	x_e	$(x_e - x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	Z	x_e	$(x_e - x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	Z	x_e	$(x_e - x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	Z	y	x_e	$(x_e - x_0)^2$
1	1954	15.60	1	0.0156	64.0000	124.50	0.9844	2.8841	2.1543	4.2037	69.3892	3037.2022	124.50	0.9844	4.1510	66.2247	3396.0106	124.5	0.9844	2.7865	61.8294	3927.6030	124.5	0.9844	4.8243	4.1510	4.5344	93.1667	981.7770
2	1955	25.00	2	0.0313	32.0000	46.70	0.9688	2.6328	1.8631	3.9279	53.2537	42.9507	46.70	0.9688	3.4499	56.4526	95.1141	46.7	0.9688	2.2398	52.8532	37.8617	46.7	0.9688	3.8437	3.4499	4.1354	62.5148	250.1065
3	1956	5.80	3	0.0469	21.3333	33.40	0.9531	2.4740	1.6763	3.7509	45.0130	134.8611	33.40	0.9531	3.0364	50.6888	298.9013	33.4	0.9531	1.9174	47.5587	200.4689	33.4	0.9531	3.5086	3.0364	3.9001	49.4057	256.1836
4	1957	19.90	4	0.0625	16.0000	30.00	0.9375	2.3548	1.5344	3.6165	39.6607	93.3296	30.00	0.9375	2.7405	46.5650	274.3985	30	0.9375	1.6867	43.7708	189.6338	30	0.9375	3.4012	2.7405	3.7317	41.7498	138.0578
5	1958	12.20	5	0.0781	12.8000	28.40	0.9219	2.2581	1.4181	3.5062	35.7767	54.4157	28.40	0.9219	2.5090	43.3391	223.1776	28.4	0.9219	1.5063	40.8076	153.9490	28.4	0.9219	3.3464	2.5090	3.6000	36.5977	67.2021
6	1959	12.20	6	0.0938	10.6667	28.00	0.9063	2.1758	1.3182	3.4117	32.7693	22.7465	28.00	0.9063	2.3183	40.6806	160.7979	28	0.9063	1.3575	38.3656	107.4459	28	0.9063	3.3322	2.3183	3.4914	32.8332	23.3595
7	1960	3.00	7	0.1094	9.1429	28.00	0.8906	2.1038	1.2300	3.3281	30.3390	5.4710	28.00	0.8906	2.1556	38.4130	108.4314	28	0.8906	1.2307	36.2827	68.6033	28	0.8906	3.3322	2.1556	3.3989	29.9298	3.7243
8	1961	22.20	8	0.1250	8.0000	25.50	0.8750	2.0393	1.1504	3.2527	28.3144	7.9210	25.50	0.8750	2.0134	36.4311	119.4893	25.5	0.8750	1.1198	34.4622	80.3208	25.5	0.8750	3.2387	2.0134	3.3179	27.6033	4.4238
9	1962	8.70	9	0.1406	7.1111	25.20	0.8594	1.9807	1.0775	3.1837	26.5890	1.9294	25.20	0.8594	1.8868	34.6669	89.6219	25.2	0.8594	1.0211	32.8416	58.3946	25.2	0.8594	3.2268	1.8868	3.2459	25.6849	0.2351
10	1963	14.90	10	0.1563	6.4000	25.00	0.8438	1.9268	1.0100	3.1197	25.0923	0.0085	25.00	0.8438	1.7726	33.0739	65.1884	25	0.8438	0.9320	31.3784	40.6841	25	0.8438	3.2189	1.7726	3.1809	24.0675	0.8695
11	1964	7.10	11	0.1719	5.8182	24.00	0.8281	1.8767	0.9467	3.0597	23.7755	0.0504	24.00	0.8281	1.6682	31.6191	58.0512	24	0.8281	0.8506	30.0421	36.5069	24	0.8281	3.1781	1.6682	3.1215	22.6796	1.7435
12	1965	7.60	12	0.1875	5.3333	23.70	0.8125	1.8297	0.8870	3.0032	22.6033	1.2027	23.70	0.8125	1.5720	30.2780	43.2703	23.7	0.8125	0.7756	28.8102	26.1141	23.7	0.8125	3.1655	1.5720	3.0667	21.4711	4.9680
13	1966	4.10	13	0.2031	4.9231	22.90	0.7969	1.7855	0.8303	2.9495	21.5499	1.8228	22.90	0.7969	1.4826	29.0320	37.6010	22.9	0.7969	0.7059	27.6656	22.7112	22.9	0.7969	3.1311	1.4826	3.0158	20.4061	6.2197
14	1967	25.20	14	0.2188	4.5714	22.20	0.7813	1.7435	0.7762	2.8982	20.5953	2.5751	22.20	0.7813	1.3989	27.8665	32.1093	22.2	0.7813	0.6407	26.5951	19.3167	22.2	0.7813	3.1001	1.3989	2.9682	19.4578	7.5198
15	1968	9.90	15	0.2344	4.2667	22.10	0.7656	1.7034	0.7243	2.8490	19.7241	5.6450	22.10	0.7656	1.3203	26.7701	21.8100	22.1	0.7656	0.5794	25.5880	12.1660	22.1	0.7656	3.0956	1.3203	2.9235	18.6060	12.2083
16	1969	6.60	16	0.2500	4.0000	21.30	0.7500	1.6651	0.6742	2.8016	18.9241	5.6447	21.30	0.7500	1.2459	25.7335	19.6562	21.3	0.7500	0.5214	24.6358	11.1276	21.3	0.7500	3.0587	1.2459	2.8812	17.8349	12.0068
17	1970	6.60	17	0.2656	3.7647	19.90	0.7344	1.6283	0.6258	2.7557	18.1856	2.9391	19.90	0.7344	1.1753	24.7491	23.5139	19.9	0.7344	0.4663	23.7316	14.6809	19.9	0.7344	2.9907	1.1753	2.8410	17.1323	7.6602
18	1971	10.40	18	0.2813	3.5556	19.00	0.7188	1.5928	0.5788	2.7112	17.5006	2.2483	19.00	0.7188	1.1079	23.8105	23.1413	19	0.7188	0.4138	22.8694	14.9725	19	0.7188	2.9444	1.1079	2.8026	16.4882	6.3092
19	1972	21.30	19	0.2969	3.3684	18.40	0.7031	1.5585	0.5330	2.6678	16.8624	2.3643	18.40	0.7031	1.0435	22.9125	20.3625	18.4	0.7031	0.3636	22.0445	13.2824	18.4	0.7031	2.9124	1.0435	2.7660	15.8946	6.2772
20	1973	22.10	20	0.3125	3.2000	16.00	0.6875	1.5252	0.4884	2.6255	16.2656	0.0705	16.00	0.6875	0.9816	22.0504	36.6076	16	0.6875	0.3153	21.2526	27.5903	16	0.6875	2.7726	0.9816	2.7308	15.3448	0.4292
21	1974	16.00	21	0.3281	3.0476	16.00	0.6719	1.4929	0.4447	2.5841	15.7055	0.0867	16.00	0.6719	0.9221	21.2205	27.2533	16	0.6719	0.2689	20.4903	20.1626	16	0.6719	2.7726	0.9221	2.6969	14.8336	1.3606
22	1975	46.70	22	0.3438	2.9091	15.60	0.6563	1.4614	0.4018	2.5435	15.1783	0.1778	15.60	0.6563	0.8646	20.4193	23.2252	15.6	0.6563	0.2241	19.7543	17.2584	15.6	0.6563	2.7473	0.8646	2.6642	14.3562	1.5471
23	1976	24.00	23	0.3594	2.7826	15.60	0.6406	1.4307	0.3597	2.5036	14.6805	0.8455	15.60	0.6406	0.8090	19.6438	16.3527	15.6	0.6406	0.1807	19.0421	11.8478	15.6	0.6406	2.7473	0.8090	2.6325	13.9088	2.8602
24	1977	9.00	24	0.3750	2.6667	15.40	0.6250	1.4006	0.3182	2.4643	14.2093	1.4177	15.40	0.6250	0.7550	18.8917	12.1916	15.4	0.6250	0.1386	18.3511	8.7092	15.4	0.6250	2.7344	0.7550	2.6018	13.4881	3.6553
25	1978	8.00	25	0.3906	2.5600	14.90	0.6094	1.3711	0.2773	2.4255	13.7622	1.2947	14.90	0.6094	0.7025	18.1604	10.6301	14.9	0.6094	0.0977	17.6794	7.7251	14.9	0.6094	2.7014	0.7025	2.5720	13.0913	3.2712
26	1979	10.90	26	0.4063	2.4615	14.90	0.5938	1.3422	0.2368	2.3872	13.3369	2.4434	14.90	0.5938	0.6514	17.4480	6.4922	14.9	0.5938	0.0579	17.0250	4.5157	14.9	0.5938	2.7014	0.6514	2.5429	12.7160	4.7697
27	1980	6.20	27	0.4219	2.3704	14.70	0.5781	1.3138	0.1967	2.3492	12.9315	3.1276	14.70	0.5781	0.6015	16.7526	4.2131	14.7	0.5781	0.0190	16.3863	2.8435	14.7	0.5781	2.6878	0.6015	2.5145	12.3601	5.4752
28	1981	5.40	28	0.4375	2.2857	14.40	0.5625	1.2858	0.1570	2.3116	12.5444	3.4434	14.40	0.5625	0.5528	16.0725	2.7974	14.4	0.5625	-0.0191	15.7616	1.8540	14.4	0.5625	2.6672	0.5528	2.4867	12.0216	5.6567
29	1982	3.90	29	0.4531	2.2069	13.60	0.5469	1.2582	0.1175	2.2742	12.1739	2.0337	13.60	0.5469	0.5050	15.4063	3.2627	13.6	0.5469	-0.0563	15.1496	2.4013	13.6	0.5469	2.6101	0.5050	2.4595	11.6990	3.6138
30	**1983**	1.50	30	0.4688	2.1333	13.50	0.5313	1.2310	0.0782	2.2370	11.8188	2.8264	13.50	0.5313	0.4580	14.7524	1.5686	13.5	0.5313	-0.0929	14.5490	1.1004	13.5	0.5313	2.6027	0.4580	2.4328	11.3908	4.4487
31	1984	14.70	31	0.4844	2.0645	12.70	0.5156	1.2041	**0.0391**	2.1999	11.4779	1.4936	12.70	0.5156	0.4119	14.1097	1.9872	12.7	0.5156	-0.1289	13.9586	1.5841	12.7	0.5156	2.5416	0.4119	2.4066	11.0958	2.5736
32	1985	15.60	32	0.5000	2.0000	12.30	0.5000	1.1774	**0.0000**	2.1629	11.1500	1.3225	12.30	0.5000	0.3665	13.4768	1.3848	12.3	0.5000	-0.1643	13.3772	1.1604	12.3	0.5000	2.5096	0.3665	2.3807	10.8127	2.2121
33	1986	18.40	33	0.5156	1.9394	12.20	0.4844	1.2041	**-0.0391**	2.1259	10.8340	1.8659	12.20	0.4844	0.3217	12.8525	0.4258	12.2	0.4844	-0.1992	12.8038	0.3646	12.2	0.4844	2.5014	0.3217	2.3552	10.5406	2.7536
34	1987	19.00	34	0.5313	1.8824	12.20	0.4688	1.2310	-0.0782	2.0888	10.5289	2.7925	12.20	0.4688	0.2775	12.2359	0.0013	12.2	0.4688	-0.2337	12.2374	0.0014	12.2	0.4688	2.5014	0.2775	2.3301	10.2785	3.6920
35	1988	11.50	35	0.5469	1.8286	12.10	0.4531	1.2582	-0.1175	2.0516	10.2339	3.4823	12.10	0.4531	0.2337	11.6258	0.2248	12.1	0.4531	-0.2678	11.6770	0.1789	12.1	0.4531	2.4932	0.2337	2.3051	10.0257	4.3028
36	1989	22.90	36	0.5625	1.7778	11.50	0.4375	1.2858	-0.1570	2.0142	9.9483	2.4078	11.50	0.4375	0.1903	11.0213	0.2292	11.5	0.4375	-0.3016	11.1217	0.1431	11.5	0.4375	2.4423	0.1903	2.2805	9.7812	2.9542
37	1990	11.50	37	0.5781	1.7297	11.50	0.4219	1.3138	-0.1967	1.9765	9.6714	3.3439	11.50	0.4219	0.1473	10.4212	1.1638	11.5	0.4219	-0.3352	10.5705	0.8639	11.5	0.4219	2.4423	0.1473	2.2560	9.5445	3.8240
38	1991	7.70	38	0.5938	1.6842	10.90	0.4063	1.3422	-0.2368	1.9386	9.4025	2.2424	10.90	0.4063	0.1045	9.8247	1.1563	10.9	0.4063	-0.3686	10.0226	0.7699	10.9	0.4063	2.3888	0.1045	2.2316	9.3148	2.5127
39	1992	3.40	39	0.6094	1.6410	10.40	0.3906	1.3711	-0.2773	1.9002	9.1412	1.5846	10.40	0.3906	0.0619	9.2307	1.3674	10.4	0.3906	-0.4018	9.4769	0.8521	10.4	0.3906	2.3418	0.0619	2.2074	9.0916	1.7118
40	1993	13.50	40	0.6250	1.6000	9.90	0.3750	1.4006	-0.3182	1.8614	8.8868	1.0265	9.90	0.3750	0.0194	8.6382	1.5923	9.9	0.3750	-0.4349	8.9327	0.9357	9.9	0.3750	2.2925	0.0194	2.1832	8.8743	1.0520
41	1994	13.60	41	0.6406	1.5610	9.50	0.3594	1.4307	-0.3597	1.8221	8.6389	0.7415	9.50	0.3594	-0.0231	8.0461	2.1138	9.5	0.3594	-0.4681	8.3888	1.2347	9.5	0.3594	2.2513	-0.0231	2.1590	8.6624	0.7016
42	1995	28.00	42	0.6563	1.5238	9.00	0.3438	1.4614	-0.4018	1.7822	8.3970	0.3637	9.00	0.3438	-0.0656	7.4535	2.3917	9	0.3438	-0.5012	7.8445	1.3352	9	0.3438	2.1972	-0.0656	2.1348	8.4553	0.2967
43	1996	12.10	43	0.6719	1.4884	8.70	0.3281	1.4929	-0.4447	1.7416	8.1605	0.2911	8.70	0.3281	-0.1083	6.8592	3.3887	8.7	0.3281	-0.5345	7.2985	1.9641	8.7	0.3281	2.1633	-0.1083	2.1105	8.2526	0.2002
44	1997	33.40	44	0.6875	1.4545	8.40	0.3125	1.5252	-0.4884	1.7002	7.9291	0.2217	8.40	0.3125	-0.1511	6.2619	4.5715	8.4	0.3125	-0.5679	6.7499	2.7227	8.4	0.3125	2.1282	-0.1511	2.0861	8.0538	0.1199
45	1998	9.50	45	0.7031	1.4222	8.40	0.2969	1.5585	-0.5330	1.6579	7.7023	0.4868	8.40	0.2969	-0.1943	5.6604	7.5053	8.4	0.2969	-0.6015	6.1974	4.8513	8.4	0.2969	2.1282	-0.1943	2.0616	7.8584	0.2933
46	1999	12.30	46	0.7188	1.3913	8.00	0.2813	1.5928	-0.5788	1.6146	7.4797	0.2707	8.00	0.2813	-0.2378	5.0533	8.6829	8	0.2813	-0.6355	5.6398	5.5707	8	0.2813	2.0794	-0.2378	2.0368	7.6660	0.1115
47	2000	23.70	47	0.7344	1.3617	7.90	0.2656	1.6283	-0.6258	1.5701	7.2609	0.4085	7.90	0.2656	-0.2819	4.4390	11.9783	7.9	0.2656	-0.6699	5.0755	7.9777	7.9	0.2656	2.0669	-0.2819	2.0117	7.4761	0.1797
48	2001	30.00	48	0.7500	1.3333	7.70	0.2500	1.6651	-0.6742	1.5242	7.0453	0.4286	7.70	0.2500	-0.3266	3.8158	15.0872	7.7	0.2500	-0.7047	4.5030	10.2207	7.7	0.2500	2.0412	-0.3266	1.9863	7.2883	0.1695
49	2002	15.40	49	0.7656	1.3061	7.60	0.2344	1.7034	-0.7243	1.4768	6.8326	0.5889	7.60	0.2344	-0.3721	3.1816	19.5227	7.6	0.2344	-0.7402	3.9204	13.5391	7.6	0.2344	2.0281	-0.3721	1.9604	7.1020	0.2480
50	2003	5.50	50	0.7813	1.2800	7.10	0.2188	1.7435	-0.7762	1.4276	6.6224	0.2281	7.10	0.2188	-0.4186	2.5340	20.8481	7.1	0.2188	-0.7764	3.3257	14.2457	7.1	0.2188	1.9601	-0.4186	1.9339	6.9167	0.0336
51	2004	8.40	51	0.7969	1.2549	6.60	0.2031	1.7855	-0.8303	1.3763	6.4140	0.0346	6.60	0.2031	-0.4662	1.8705	22.3686	6.6	0.2031	-0.8135	2.7161	15.0845	6.6	0.2031	1.8871	-0.4662	1.9068	6.7318	0.0174
52	2005	5.20	52	0.8125	1.2308	6.60	0.1875	1.8297	-0.8870	1.3226	6.2069	0.1545	6.60	0.1875	-0.5152	1.1875	29.2947	6.6	0.1875	-0.8517	2.0888	20.3507	6.6	0.1875	1.8871	-0.5152	1.8790	6.5467	0.0028
53	2006	14.90	53	0.8281	1.2075	6.20	0.1719	1.8767	-0.9467	1.2660	6.0006	0.0398	6.20	0.1719	-0.5659	0.4813	32.7039	6.2	0.1719	-0.8913	1.4401	22.6569	6.2	0.1719	1.8245	-0.5659	1.8501	6.3606	0.0258
54	2007	7.90	54	0.8438	1.1852	5.80	0.1563	1.9268	-1.0100	1.2061	5.7943	0.0000	5.80	0.1563	-0.6186	-0.2534	36.6435	5.8	0.1563	-0.9323	0.7652	25.3487	5.8	0.1563	1.7579	-0.6186	1.8201	6.1726	0.1389
55	2008	25.50	55	0.8594	1.1636	5.50	0.1406	1.9807	-1.0775	1.1421	5.5871	0.0076	5.50	0.1406	-0.6738	-1.0228	42.5474	5.5	0.1406	-0.9754	0.0585	29.6104	5.5	0.1406	1.7047	-0.6738	1.7887	5.9817	0.2321
56	2009	8.40	56	0.8750	1.1429	5.40	0.1250	2.0393	-1.1504	1.0730	5.3781	0.0005	5.40	0.1250	-0.7321	-1.8355	52.3531	5.4	0.1250	-1.0209	-0.6881	37.0645	5.4	0.1250	1.6864	-0.7321	1.7555	5.7865	0.1494
57	2010	4.70	57	0.8906	1.1228	5.20	0.1094	2.1038	-1.2300	0.9977	5.1658	0.0012	5.20	0.1094	-0.7943	-2.7030	62.4574	5.2	0.1094	-1.0694	-1.4849	44.6876	5.2	0.1094	1.6487	-0.7943	1.7201	5.5851	0.1483
58	2011	14.40	58	0.9063	1.1034	4.70	0.0938	2.1758	-1.3182	0.9141	4.9484	0.0617	4.70	0.0938	-0.8617	-3.6416	69.5816	4.7	0.0938	-1.1219	-2.3470	49.6602	4.7	0.0938	1.5476	-0.8617	1.6818	5.3752	0.4559
59	2012	12.70	59	0.9219	1.0847	4.10	0.0781	2.2581	-1.4181	0.8195	4.7232	0.3884	4.10	0.0781	-0.9359	-4.6758	77.0138	4.1	0.0781	-1.1797	-3.2970	54.7151	4.1	0.0781	1.4110	-0.9359	1.6396	5.1529	1.1087
60	**2013**	124.50	60	0.9375	1.0667	3.90	0.0625	2.3548	-1.5344	0.7093	4.4863	0.3438	3.90	0.0625	-1.0198	-5.8452	94.9693	3.9	0.0625	-1.2452	-4.3712	68.4126	3.9	0.0625	1.3610	-1.0198	1.5918	4.9127	1.0255
61	2014	16.00	61	0.9531	1.0492	3.40	0.0469	2.4740	-1.6763	0.5749	4.2307	0.6901	3.40	0.0469	-1.1185	-7.2212	112.8097	3.4	0.0469	-1.3221	-5.6351	81.6332	3.4	0.0469	1.2238	-1.1185	1.5356	4.6443	1.5482
62	2015	28.40	62	0.9688	1.0323	3.00	0.0313	2.6328	-1.8631	0.3979	3.9425	0.8883	3.00	0.0313	-1.2429	-8.9554	142.9307	3	0.0313	-1.4191	-7.2280	104.6130	3	0.0313	1.0986	-1.2429	1.4648	4.3268	1.7604
63	2016	28.00	63	0.9844	1.0159	1.50	0.0156	2.8841	-2.1543	0.1220	3.5836	4.3415	1.50	0.0156	-1.4252	-11.4965	168.9099	1.5	0.0156	-1.5613	-9.5623	122.3738	1.5	0.0156	0.4055	-1.4252	1.3611	3.9004	5.7619
C												**58.9546**					**79.4068**					**76.7371**							**43.2465**

Cuadro de Método del Error Cuadrático Mínimo – III (con el dato excepcional)

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO						DISTRIBUCION GAMMA II PARAMETROS							DISTRIBUCION PEARSON TIPO III O GAMMA III PARAMETROS						DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III							
ITEM	AÑO	P (mm)	m	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	Z	X²	x_e	$(x_e - x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	X²	Y	x_e	$(x_e - x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LOG X	W	Z	KT	Y	x_e	$(x_e - x_0)^2$
1	1954	15.60	1	0.0156	64.0000	124.5	0.9844	4.8243	0.0156	12.2119	50.1417	5529.1620	124.5	0.9844					124.5	0.9844	2.0952	2.8841	2.1543	2.1607	1.7709	59.0064	4289.4063
2	1955	25.00	2	0.0313	32.0000	46.7	0.9688	3.8437	0.0313	10.6202	43.6062	9.5716	46.7	0.9688					46.7	0.9688	1.6693	2.6328	1.8631	1.8675	1.6779	47.6376	0.8790
3	1956	5.80	3	0.0469	21.3333	33.4	0.9531	3.5086	0.0469	9.6438	39.5971	38.4044	33.4	0.9531					33.4	0.9531	1.5237	2.4740	1.6763	1.6795	1.6184	41.5293	66.0862
4	1957	19.90	4	0.0625	16.0000	30	0.9375	3.4012	0.0625	8.9462	36.7328	45.3307	30	0.9375					30	0.9375	1.4771	2.3548	1.5344	1.5368	1.5731	37.4222	55.0891
5	1958	12.20	5	0.0781	12.8000	28.4	0.9219	3.3464	0.0781	8.3963	34.4749	36.9048	28.4	0.9219					28.4	0.9219	1.4533	2.2581	1.4181	1.4198	1.5360	34.3595	35.5159
6	1959	12.20	6	0.0938	10.6667	28	0.9063	3.3322	0.0938	7.941	32.6055	21.2105	28	0.9063					28	0.9063	1.4472	2.1758	1.3182	1.3195	1.5042	31.9335	15.4721
7	1960	3.00	7	0.1094	9.1429	28	0.8906	3.3322	0.1094	7.5542	31.0173	9.1041	28	0.8906					28	0.8906	1.4472	2.1038	1.2300	1.2309	1.4762	29.9337	3.7390
8	1961	22.20	8	0.1250	8.0000	25.5	0.8750	3.2387	0.1250	7.2145	29.6225	16.9950	25.5	0.8750					25.5	0.8750	1.4065	2.0393	1.1504	1.1510	1.4508	28.2379	7.4964
9	1962	8.70	9	0.1406	7.1111	25.2	0.8594	3.2268	0.1406	6.914	28.3887	10.1675	25.2	0.8594					25.2	0.8594	1.4014	1.9807	1.0775	1.0778	1.4276	26.7694	2.4629
10	1963	14.90	10	0.1563	6.4000	25	0.8438	3.2189	0.1563	6.6391	27.2599	5.1073	25	0.8438					25	0.8438	1.3979	1.9268	1.0100	1.0100	1.4061	25.4764	0.2269
11	1964	7.10	11	0.1719	5.8182	24	0.8281	3.1781	0.1719	6.2741	25.7613	3.1020	24	0.8281					24	0.8281	1.3802	1.8767	0.9467	0.9465	1.3860	24.3230	0.1043
12	1965	7.60	12	0.1875	5.3333	23.7	0.8125	3.1655	0.1875	6.1612	25.2977	2.5526	23.7	0.8125					23.7	0.8125	1.3747	1.8297	0.8870	0.8866	1.3670	23.2829	0.1740
13	1966	4.10	13	0.2031	4.9231	22.9	0.7969	3.1311	0.2031	5.9488	24.4256	2.3274	22.9	0.7969					22.9	0.7969	1.3598	1.7855	0.8303	0.8298	1.3490	22.3365	0.3176
14	1967	25.20	14	0.2188	4.5714	22.2	0.7813	3.1001	0.2188	5.7489	23.6048	1.9735	22.2	0.7813					22.2	0.7813	1.3464	1.7435	0.7762	0.7755	1.3318	21.4687	0.5348
15	1968	9.90	15	0.2344	4.2667	22.1	0.7656	3.0956	0.2344	5.5622	22.8382	0.5450	22.1	0.7656					22.1	0.7656	1.3444	1.7034	0.7243	0.7234	1.3153	20.6679	2.0510
16	1969	6.60	16	0.2500	4.0000	21.3	0.7500	3.0587	0.2500	5.3857	22.1135	0.6618	21.3	0.7500					21.3	0.7500	1.3284	1.6651	0.6742	0.6732	1.2994	19.9245	1.8920
17	1970	6.60	17	0.2656	3.7647	19.9	0.7344	2.9907	0.2656	5.2191	21.4295	2.3392	19.9	0.7344					19.9	0.7344	1.2989	1.6283	0.6258	0.6247	1.2840	19.2310	0.4475
18	1971	10.40	18	0.2813	3.5556	19	0.7188	2.9444	0.2813	5.0603	20.7774	3.1592	19	0.7188					19	0.7188	1.2788	1.5928	0.5788	0.5776	1.2691	18.5812	0.1754
19	1972	21.30	19	0.2969	3.3684	18.4	0.7031	2.9124	0.2969	4.9092	20.1570	3.0871	18.4	0.7031					18.4	0.7031	1.2648	1.5585	0.5330	0.5317	1.2545	17.9698	0.1851
20	1973	22.10	20	0.3125	3.2000	16	0.6875	2.7726	0.3125	4.7638	19.5600	12.6737	16	0.6875					16	0.6875	1.2041	1.5252	0.4884	0.4870	1.2404	17.3926	1.9393
21	1974	16.00	21	0.3281	3.0476	16	0.6719	2.7726	0.3281	4.6245	18.9880	8.9284	16	0.6719					16	0.6719	1.2041	1.4929	0.4447	0.4432	1.2265	16.8458	0.7153
22	1975	46.70	22	0.3438	2.9091	15.6	0.6563	2.7473	0.3438	4.4908	18.4391	8.0604	15.6	0.6563					15.6	0.6563	1.1931	1.4614	0.4018	0.4003	1.2129	16.3262	0.5274
23	1976	24.00	23	0.3594	2.7826	15.6	0.6406	2.7473	0.3594	4.3614	17.9078	5.3258	15.6	0.6406					15.6	0.6406	1.1931	1.4307	0.3597	0.3581	1.1995	15.8313	0.0535
24	1977	9.00	24	0.3750	2.6667	15.4	0.6250	2.7344	0.3750	4.2369	17.3966	3.9863	15.4	0.6250					15.4	0.6250	1.1875	1.4006	0.3182	0.3166	1.1864	15.3585	0.0017
25	1978	8.00	25	0.3906	2.5600	14.9	0.6094	2.7014	0.3906	4.1168	16.9034	4.0138	14.9	0.6094					14.9	0.6094	1.1732	1.3711	0.2773	0.2756	1.1734	14.9060	0.0000
26	1979	10.90	26	0.4063	2.4615	14.9	0.5938	2.7014	0.4063	3.9979	16.4152	2.2960	14.9	0.5938					14.9	0.5938	1.1732	1.3422	0.2368	0.2351	1.1605	14.4718	0.1834
27	1980	6.20	27	0.4219	2.3704	14.7	0.5781	2.6878	0.4219	3.8854	15.9533	1.5708	14.7	0.5781					14.7	0.5781	1.1673	1.3138	0.1967	0.1950	1.1478	14.0544	0.4168
28	1981	5.40	28	0.4375	2.2857	14.4	0.5625	2.6672	0.4375	3.7742	15.4967	1.2028	14.4	0.5625					14.4	0.5625	1.1584	1.2858	0.1570	0.1553	1.1352	13.6523	0.5590
29	1982	3.90	29	0.4531	2.2069	13.6	0.5469	2.6101	0.4531	3.667	15.0566	2.1216	13.6	0.5469					13.6	0.5469	1.1335	1.2582	0.1175	0.1158	1.1227	13.2643	0.1127
30	**1983**	1.50	30	0.4688	2.1333	13.5	0.5313	2.6027	0.4688	3.5608	14.6205	1.2556	13.5	0.5313					13.5	0.5313	1.1303	1.2310	0.0782	0.0765	1.1102	12.8893	0.3730
31	1984	14.70	31	0.4844	2.0645	12.7	0.5156	2.5416	0.4844	3.4582	14.1993	2.2478	12.7	0.5156					12.7	0.5156	1.1038	1.2041	0.0391	0.0373	1.0978	12.5261	0.0302
32	1985	15.60	32	0.5000	2.0000	12.3	0.5000	2.5096	0.5000	3.3574	13.7854	2.2063	12.3	0.5000					12.3	0.5000	1.0899	1.1774	0.0000	-0.0018	1.0854	12.1740	0.0159
33	1986	18.40	33	0.5156	1.9394	12.2	0.4844	2.5014	0.5156	3.2589	13.3809	1.3946	12.2	0.4844					12.2	0.4844	1.0864	1.2041	-0.0391	-0.0408	1.0730	11.8317	0.1356
34	1987	19.00	34	0.5313	1.8824	12.2	0.4688	2.5014	0.5313	3.1613	12.9802	0.6087	12.2	0.4688					12.2	0.4688	1.0864	1.2310	-0.0782	-0.0800	1.0606	11.4985	0.4921
35	1988	11.50	35	0.5469	1.8286	12.1	0.4531	2.4932	0.5469	3.0664	12.5905	0.2406	12.1	0.4531					12.1	0.4531	1.0828	1.2582	-0.1175	-0.1192	1.0482	11.1736	0.8582
36	1989	22.90	36	0.5625	1.7778	11.5	0.4375	2.4423	0.5625	2.9725	12.2050	0.4970	11.5	0.4375					11.5	0.4375	1.0607	1.2858	-0.1570	-0.1587	1.0357	10.8564	0.4142
37	1990	11.50	37	0.5781	1.7297	11.5	0.4219	2.4423	0.5781	2.8808	11.8285	0.1079	11.5	0.4219					11.5	0.4219	1.0607	1.3138	-0.1967	-0.1984	1.0231	10.5462	0.9098
38	1991	7.70	38	0.5938	1.6842	10.9	0.4063	2.3888	0.5938	2.7887	11.4503	0.3028	10.9	0.4063					10.9	0.4063	1.0374	1.3422	-0.2368	-0.2385	1.0104	10.2425	0.4324
39	1992	3.40	39	0.6094	1.6410	10.4	0.3906	2.3418	0.6094	2.6996	11.0845	0.4685	10.4	0.3906					10.4	0.3906	1.0170	1.3711	-0.2773	-0.2789	0.9976	9.9446	0.2074
40	1993	13.50	40	0.6250	1.6000	9.9	0.3750	2.2925	0.6250	2.6104	10.7182	0.6695	9.9	0.3750					9.9	0.3750	0.9956	1.4006	-0.3182	-0.3198	0.9846	9.6522	0.0614
41	1994	13.60	41	0.6406	1.5610	9.5	0.3594	2.2513	0.6406	2.523	10.3594	0.7385	9.5	0.3594					9.5	0.3594	0.9777	1.4307	-0.3597	-0.3612	0.9715	9.3647	0.0183
42	1995	28.00	42	0.6563	1.5238	9	0.3438	2.1972	0.6563	2.4354	9.9997	0.9993	9	0.3438					9	0.3438	0.9542	1.4614	-0.4018	-0.4033	0.9582	9.0815	0.0066
43	1996	12.10	43	0.6719	1.4884	8.7	0.3281	2.1633	0.6719	2.3491	9.6453	0.8936	8.7	0.3281					8.7	0.3281	0.9395	1.4929	-0.4447	-0.4461	0.9446	8.8023	0.0105
44	1997	33.40	44	0.6875	1.4545	8.4	0.3125	2.1282	0.6875	2.2634	9.2934	0.7982	8.4	0.3125					8.4	0.3125	0.9243	1.5252	-0.4884	-0.4897	0.9308	8.5264	0.0160
45	1998	9.50	45	0.7031	1.4222	8.4	0.2969	2.1282	0.7031	2.1778	8.9420	0.2937	8.4	0.2969					8.4	0.2969	0.9243	1.5585	-0.5330	-0.5343	0.9166	8.2535	0.0215
46	1999	12.30	46	0.7188	1.3913	8	0.2813	2.0794	0.7188	2.0923	8.5909	0.3492	8	0.2813					8	0.2813	0.9031	1.5928	-0.5788	-0.5799	0.9022	7.9830	0.0003
47	2000	23.70	47	0.7344	1.3617	7.9	0.2656	2.0669	0.7344	2.0074	8.2423	0.1172	7.9	0.2656					7.9	0.2656	0.8976	1.6283	-0.6258	-0.6268	0.8873	7.7144	0.0345
48	2001	30.00	48	0.7500	1.3333	7.7	0.2500	2.0412	0.7500	1.9225	7.8937	0.0375	7.7	0.2500					7.7	0.2500	0.8865	1.6651	-0.6742	-0.6751	0.8720	7.4471	0.0640
49	2002	15.40	49	0.7656	1.3061	7.6	0.2344	2.0281	0.7656	1.8375	7.5447	0.0031	7.6	0.2344					7.6	0.2344	0.8808	1.7034	-0.7243	-0.7251	0.8562	7.1805	0.1760
50	2003	5.50	50	0.7813	1.2800	7.1	0.2188	1.9601	0.7813	1.7516	7.1920	0.0085	7.1	0.2188					7.1	0.2188	0.8513	1.7435	-0.7762	-0.7769	0.8397	6.9140	0.0346
51	2004	8.40	51	0.7969	1.2549	6.6	0.2031	1.8871	0.7969	1.6658	6.8397	0.0575	6.6	0.2031					6.6	0.2031	0.8195	1.7855	-0.8303	-0.8309	0.8226	6.6469	0.0022
52	2005	5.20	52	0.8125	1.2308	6.6	0.1875	1.8871	0.8125	1.5792	6.4841	0.0134	6.6	0.1875					6.6	0.1875	0.8195	1.8297	-0.8870	-0.8874	0.8047	6.3784	0.0491
53	2006	14.90	53	0.8281	1.2075	6.2	0.1719	1.8245	0.8281	1.4917	6.1249	0.0056	6.2	0.1719					6.2	0.1719	0.7924	1.8767	-0.9467	-0.9469	0.7859	6.1073	0.0086
54	2007	7.90	54	0.8438	1.1852	5.8	0.1563	1.7579	0.8438	1.4023	5.7578	0.0018	5.8	0.1563					5.8	0.1563	0.7634	1.9268	-1.0100	-1.0099	0.7659	5.8327	0.0011
55	2008	25.50	55	0.8594	1.1636	5.5	0.1406	1.7047	0.8594	1.3115	5.3850	0.0132	5.5	0.1406					5.5	0.1406	0.7404	1.9807	-1.0775	-1.0773	0.7445	5.5530	0.0028
56	2009	8.40	56	0.8750	1.1429	5.4	0.1250	1.6864	0.8750	1.2185	5.0031	0.1575	5.4	0.1250					5.4	0.1250	0.7324	2.0393	-1.1504	-1.1499	0.7215	5.2664	0.0179
57	2010	4.70	57	0.8906	1.1228	5.2	0.1094	1.6487	0.8906	1.1227	4.6098	0.3484	5.2	0.1094					5.2	0.1094	0.7160	2.1038	-1.2300	-1.2291	0.6964	4.9705	0.0527
58	2011	14.40	58	0.9063	1.1034	4.7	0.0938	1.5476	0.9063	1.0206	4.1906	0.2595	4.7	0.0938					4.7	0.0938	0.6721	2.1758	-1.3182	-1.3169	0.6686	4.6619	0.0015
59	2012	12.70	59	0.9219	1.0847	4.1	0.0781	1.4110	0.9219	0.9176	3.7676	0.1105	4.1	0.0781					4.1	0.0781	0.6128	2.2581	-1.4181	-1.4163	0.6371	4.3358	0.0556
60	**2013**	124.50	60	0.9375	1.0667	3.9	0.0625	1.3610	0.9375	0.8068	3.3127	0.3449	3.9	0.0625					3.9	0.0625	0.5911	2.3548	-1.5344	-1.5320	0.6004	3.9845	0.0071
61	2014	16.00	61	0.9531	1.0492	3.4	0.0469	1.2238	0.9531	0.6849	2.8122	0.3455	3.4	0.0469					3.4	0.0469	0.5315	2.4740	-1.6763	-1.6731	0.5557	3.5946	0.0379
62	2015	28.40	62	0.9688	1.0323	3	0.0313	1.0986	0.9688	0.545	2.2378	0.5810	3	0.0313					3	0.0313	0.4771	2.6328	-1.8631	-1.8588	0.4968	3.1391	0.0193
63	2016	28.00	63	0.9844	1.0159	1.5	0.0156	0.4055	0.9844	0.3738	1.5348	0.0012	1.5	0.0156					1.5	0.0156	0.1761	2.8841	-2.1543	-2.1479	0.4052	2.5419	1.0856
C												76.2126						0.0000									67.0255

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIÓN:

Se ha calculado el error cuadrático mínimo para cada función de distribución de probabilidad y se observa que las funciones de distribución que parecen ser más adecuadas en este caso son Log Normal, Log Normal II Parámetros y Log Pearson Tipo III. De ellas, la distribución Log Pearson Tipo III es la que tiene el error cuadrático más pequeño de 3 Parámetros.

Cuadro Resumen del Método de Error Cuadrático Mínimo

METODO ESTADISTICO	PRUEBA DE ERROR CUADRATICO MINIMO
Distr. Normal	20.3851
Distr. Log Normal	10.0119
Distr. Log Normal II	10.0119
Distr. Log Normal III	**10.6957**
Distr. Gumbel	10.8825
Distr. Log Gumbel	31.3811
Distr. Gamma II	10.6053
Distr. Pearson Tipo III	**9.8078**
Distr. Log Pearson Tipo III	**8.9701**

Cuadro Resumen del Método de Error Cuadrático Mínimo (con el dato excepcional)

METODO ESTADISTICO	PRUEBA DE ERROR CUADRATICO MINIMO
Distr. Normal	92.8816
Distr. Log Normal	67.2655
Distr. Log Normal II	67.2655
Distr. Log Normal III	58.9546
Distr. Gumbel	76.7371
Distr. Log Gumbel	43.2465
Distr. Gamma II	76.2126
Distr. Pearson Tipo III	-
Distr. Log Pearson Tipo III	67.0255

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Prueba de Smirnov Kolmogorov

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D que hay entre la función de distribución observada Fo (Pm) y la estimada F (Pm)

$$\boldsymbol{D = max|F_o(P_m) - F(P_m)|}$$

Con un valor critico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionada. Si D < d, se acepta la hipótesis. Esta prueba tiene la ventaja sobre la X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$\boldsymbol{F_o(P_m) = 1 - \frac{m}{n+1}}$$

Dónde:

m: es el número de orden del dato Xm en una lista de mayor a menor.

n: número total de datos.

Cuadro de Valores críticos para la prueba Smirnov – Kolmogorov

Tamaño de la muestra	a = 0.1	a = 0.05	a = 0.01
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
31	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
N grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Fuente: Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro de Método de Smirnov – Kolmogorov – I

PRUEBA DE SMIRNOV – KOLMOGOROV				DISTRIBUCION NORMAL			DISTRIBUCION LOG NORMAL				DISTRIBUCION LOG NORMAL II				DISTRIBUCION LOG NORMAL III			DISTRIBUCION GUMBEL		
m	P (mm)	x_m	$F_o(x_m)$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$
1	15.60	46.70	0.9839	3.6719	0.9998	0.0159	3.8437	2.1643	0.9849	0.0010	3.8437	2.1643	0.9849	0.0010	2.5709	0.9948	0.0109	5.2865	0.9950	0.0111
2	25.00	33.40	0.9677	2.1535	0.9845	0.0167	3.5086	1.6257	0.9482	0.0196	3.5086	1.6257	0.9482	0.0196	1.8141	0.9654	0.0023	3.3392	0.9652	0.0026
3	5.80	30.00	0.9516	1.7654	0.9615	0.0099	3.4012	1.4532	0.9269	0.0247	3.4012	1.4532	0.9269	0.0247	1.5822	0.9433	0.0083	2.8413	0.9433	0.0083
4	19.90	28.40	0.9355	1.5827	0.9434	0.0079	3.3464	1.3651	0.9138	0.0216	3.3464	1.3651	0.9138	0.0216	1.4659	0.9287	0.0068	2.6071	0.9289	0.0066
5	12.20	28.00	0.9194	1.5371	0.9380	0.0186	3.3322	1.3423	0.9102	0.0092	3.3322	1.3423	0.9102	0.0092	1.4361	0.9245	0.0052	2.5485	0.9248	0.0054
6	12.20	28.00	0.9032	1.5371	0.9380	0.0347	3.3322	1.3423	0.9102	0.0070	3.3322	1.3423	0.9102	0.0070	1.4361	0.9245	0.0213	2.5485	0.9248	0.0216
7	3.00	25.50	0.8871	1.2517	0.8945	0.0074	3.2387	1.1920	0.8832	0.0039	3.2387	1.1920	0.8832	0.0039	1.2420	0.8927	0.0056	2.1825	0.8934	0.0063
8	22.20	25.20	0.8710	1.2174	0.8881	0.0171	3.2268	1.1730	0.8794	0.0084	3.2268	1.1730	0.8794	0.0084	1.2178	0.8882	0.0172	2.1385	0.8888	0.0179
9	8.70	25.00	0.8548	1.1946	0.8837	0.0288	3.2189	1.1602	0.8768	0.0220	3.2189	1.1602	0.8768	0.0220	1.2015	0.8850	0.0302	2.1093	0.8857	0.0309
10	14.90	24.00	0.8387	1.0804	0.8598	0.0211	3.1781	1.0946	0.8629	0.0242	3.1781	1.0946	0.8629	0.0242	1.1186	0.8681	0.0294	1.9628	0.8690	0.0302
11	7.10	23.70	0.8226	1.0462	0.8520	0.0294	3.1655	1.0744	0.8584	0.0359	3.1655	1.0744	0.8584	0.0359	1.0933	0.8626	0.0401	1.9189	0.8635	0.0409
12	7.60	22.90	0.8065	0.9548	0.8300	0.0235	3.1311	1.0192	0.8457	0.0393	3.1311	1.0192	0.8457	0.0393	1.0245	0.8470	0.0405	1.8018	0.8479	0.0414
13	4.10	22.20	0.7903	0.8749	0.8091	0.0187	3.1001	0.9693	0.8336	0.0433	3.1001	0.9693	0.8336	0.0433	0.9630	0.8320	0.0417	1.6993	0.8329	0.0426
14	25.20	22.10	0.7742	0.8635	0.8059	0.0318	3.0956	0.9621	0.8318	0.0576	3.0956	0.9621	0.8318	0.0576	0.9541	0.8298	0.0556	1.6846	0.8307	0.0565
15	9.90	21.30	0.7581	0.7722	0.7800	0.0219	3.0587	0.9028	0.8165	**0.0585**	3.0587	0.9028	0.8165	**0.0585**	0.8817	0.8109	0.0528	1.5675	0.8117	0.0537
16	6.60	19.90	0.7419	0.6124	0.7300	0.0119	2.9907	0.7936	0.7862	0.0443	2.9907	0.7936	0.7862	0.0443	0.7504	0.7735	0.0316	1.3625	0.7741	0.0322
17	6.60	19.00	0.7258	0.5096	0.6951	0.0307	2.9444	0.7192	0.7640	0.0382	2.9444	0.7192	0.7640	0.0382	0.6626	0.7463	0.0205	1.2307	0.7467	0.0209
18	10.40	18.40	0.7097	0.4411	0.6707	0.0390	2.9124	0.6677	0.7479	0.0383	2.9124	0.6677	0.7479	0.0383	0.6025	0.7267	0.0171	1.1429	0.7270	0.0173
19	21.30	16.00	0.6935	0.1671	0.5662	**0.1274**	2.7726	0.4431	0.6714	0.0222	2.7726	0.4431	0.6714	0.0222	0.3480	0.6362	**0.0573**	0.7915	0.6356	**0.0579**
20	22.10	16.00	0.6774	0.1671	0.5662	0.1112	2.7726	0.4431	0.6714	0.0060	2.7726	0.4431	0.6714	0.0060	0.3480	0.6362	0.0412	0.7915	0.6356	0.0418
21	16.00	15.60	0.6613	0.1215	0.5481	0.1132	2.7473	0.4024	0.6565	0.0048	2.7473	0.4024	0.6565	0.0048	0.3032	0.6192	0.0421	0.7329	0.6185	0.0428
22	46.70	15.60	0.6452	0.1215	0.5481	0.0971	2.7473	0.4024	0.6565	0.0113	2.7473	0.4024	0.6565	0.0113	0.3032	0.6192	0.0260	0.7329	0.6185	0.0267
23	24.00	15.40	0.6290	0.0986	0.5391	0.0900	2.7344	0.3817	0.6488	0.0198	2.7344	0.3817	0.6488	0.0198	0.2805	0.6105	0.0185	0.7036	0.6097	0.0193
24	9.00	14.90	0.6129	0.0415	0.5164	0.0965	2.7014	0.3286	0.6289	0.0160	2.7014	0.3286	0.6289	0.0160	0.2230	0.5882	0.0247	0.6304	0.5872	0.0257
25	8.00	14.90	0.5968	0.0415	0.5164	0.0804	2.7014	0.3286	0.6289	0.0321	2.7014	0.3286	0.6289	0.0321	0.2230	0.5882	0.0086	0.6304	0.5872	0.0096
26	10.90	14.70	0.5806	0.0187	0.5074	0.0733	2.6878	0.3069	0.6206	0.0400	2.6878	0.3069	0.6206	0.0400	0.1997	0.5790	0.0016	0.6012	0.5780	0.0026
27	6.20	14.40	0.5645	-0.0155	0.4939	0.0706	2.6672	0.2738	0.6079	0.0434	2.6672	0.2738	0.6079	0.0434	0.1643	0.5651	0.0006	0.5572	0.5639	0.0006
28	5.40	13.60	0.5484	-0.1069	0.4577	0.0907	2.6101	0.1819	0.5720	0.0236	2.6101	0.1819	0.5720	0.0236	0.0677	0.5268	0.0216	0.4401	0.5252	0.0232
29	3.90	13.50	0.5323	-0.1183	0.4532	0.0791	2.6027	0.1701	0.5674	0.0351	2.6027	0.1701	0.5674	0.0351	0.0554	0.5219	0.0104	0.4254	0.5202	0.0120
30	14.70	12.70	0.5161	-0.2096	0.4171	0.0990	2.5416	0.0719	0.5285	0.0123	2.5416	0.0719	0.5285	0.0123	-0.0451	0.4822	0.0340	0.3083	0.4797	0.0365
31	15.60	12.30	0.5000	-0.2553	0.3993	0.1007	2.5096	0.0205	0.5081	0.0081	2.5096	0.0205	0.5081	0.0081	-0.0968	0.4617	0.0383	0.2497	0.4589	0.0411
32	18.40	12.20	0.4839	-0.2667	0.3949	0.0890	2.5014	0.0074	0.5029	0.0190	2.5014	0.0074	0.5029	0.0190	-0.1099	0.4565	0.0274	0.2351	0.4536	0.0302
33	19.00	12.20	0.4677	-0.2667	0.3949	0.0729	2.5014	0.0074	0.5029	0.0352	2.5014	0.0074	0.5029	0.0352	-0.1099	0.4565	0.0113	0.2351	0.4536	0.0141
34	11.50	12.10	0.4516	-0.2781	0.3904	0.0612	2.4932	-0.0058	0.4977	0.0461	2.4932	-0.0058	0.4977	0.0461	-0.1230	0.4513	0.0003	0.2205	0.4484	0.0032
35	22.90	11.50	0.4355	-0.3466	0.3643	0.0712	2.4423	-0.0876	0.4653	0.0299	2.4423	-0.0876	0.4653	0.0299	-0.2031	0.4196	0.0158	0.1326	0.4165	0.0190
36	11.50	11.50	0.4194	-0.3466	0.3643	0.0550	2.4423	-0.0876	0.4653	0.0460	2.4423	-0.0876	0.4653	0.0460	-0.2031	0.4196	0.0003	0.1326	0.4165	0.0028
37	7.70	10.90	0.4032	-0.4151	0.3388	0.0644	2.3888	-0.1737	0.4312	0.0280	2.3888	-0.1737	0.4312	0.0280	-0.2856	0.3875	0.0157	0.0448	0.3843	0.0189
38	3.40	10.40	0.3871	-0.4722	0.3182	0.0689	2.3418	-0.2491	0.4017	0.0146	2.3418	-0.2491	0.4017	0.0146	-0.3563	0.3607	0.0264	-0.0284	0.3574	0.0297
39	13.50	9.90	0.3710	-0.5293	0.2981	0.0729	2.2925	-0.3283	0.3712	0.0003	2.2925	-0.3283	0.3712	0.0003	-0.4289	0.3338	0.0372	-0.1017	0.3305	0.0404
40	13.60	9.50	0.3548	-0.5749	0.2825	0.0724	2.2513	-0.3946	0.3464	0.0084	2.2513	-0.3946	0.3464	0.0084	-0.4883	0.3124	0.0424	-0.1602	0.3092	0.0456
41	28.00	9.00	0.3387	-0.6320	0.2635	0.0752	2.1972	-0.4814	0.3149	0.0238	2.1972	-0.4814	0.3149	0.0238	-0.5644	0.2860	0.0527	-0.2334	0.2828	0.0559
42	12.10	8.70	0.3226	-0.6663	0.2525	0.0701	2.1633	-0.5359	0.2958	0.0268	2.1633	-0.5359	0.2958	0.0268	-0.6111	0.2704	0.0522	-0.2774	0.2672	0.0553
43	33.40	8.40	0.3065	-0.7005	0.2417	0.0647	2.1282	-0.5923	0.2766	0.0298	2.1282	-0.5923	0.2766	0.0298	-0.6586	0.2549	0.0515	-0.3213	0.2519	0.0546
44	9.50	8.40	0.2903	-0.7005	0.2417	0.0486	2.1282	-0.5923	0.2766	0.0137	2.1282	-0.5923	0.2766	0.0137	-0.6586	0.2549	0.0354	-0.3213	0.2519	0.0385
45	12.30	8.00	0.2742	-0.7462	0.2278	0.0464	2.0794	-0.6707	0.2511	0.0231	2.0794	-0.6707	0.2511	0.0231	-0.7233	0.2347	0.0395	-0.3799	0.2318	0.0424
46	23.70	7.90	0.2581	-0.7576	0.2244	0.0337	2.0669	-0.6909	0.2447	0.0133	2.0669	-0.6909	0.2447	0.0133	-0.7397	0.2297	0.0283	-0.3945	0.2268	0.0313
47	30.00	7.70	0.2419	-0.7804	0.2176	0.0243	2.0412	-0.7321	0.2320	0.0099	2.0412	-0.7321	0.2320	0.0099	-0.7727	0.2199	0.0221	-0.4238	0.2170	0.0249
48	15.40	7.60	0.2258	-0.7918	0.2143	0.0115	2.0281	-0.7531	0.2257	0.0001	2.0281	-0.7531	0.2257	0.0001	-0.7894	0.2150	0.0108	-0.4384	0.2122	0.0136
49	5.50	7.10	0.2097	-0.8489	0.1981	0.0116	1.9601	-0.8625	0.1943	0.0153	1.9601	-0.8625	0.1943	0.0153	-0.8744	0.1911	0.0186	-0.5116	0.1886	0.0211
50	8.40	6.60	0.1935	-0.9060	0.1826	0.0109	1.8871	-0.9798	0.1638	0.0297	1.8871	-0.9798	0.1638	0.0297	-0.9621	0.1682	0.0254	-0.5848	0.1662	0.0274
51	5.20	6.60	0.1774	-0.9060	0.1826	0.0052	1.8871	-0.9798	0.1638	0.0136	1.8871	-0.9798	0.1638	0.0136	-0.9621	0.1682	0.0092	-0.5848	0.1662	0.0112
52	14.90	6.20	0.1613	-0.9517	0.1708	0.0095	1.8245	-1.0803	0.1402	0.0210	1.8245	-1.0803	0.1402	0.0210	-1.0343	0.1507	0.0106	-0.6434	0.1491	0.0122
53	7.90	5.80	0.1452	-0.9973	0.1595	0.0144	1.7579	-1.1874	0.1177	0.0274	1.7579	-1.1874	0.1177	0.0274	-1.1085	0.1341	0.0111	-0.7020	0.1330	0.0122
54	25.50	5.50	0.1290	-1.0316	0.1514	0.0223	1.7047	-1.2728	0.1017	0.0273	1.7047	-1.2728	0.1017	0.0273	-1.1654	0.1221	0.0069	-0.7459	0.1214	0.0076
55	8.40	5.40	0.1129	-1.0430	0.1487	0.0358	1.6864	-1.3023	0.0965	0.0164	1.6864	-1.3023	0.0965	0.0164	-1.1847	0.1183	0.0054	-0.7605	0.1177	0.0048
56	4.70	5.20	0.0968	-1.0658	0.1435	0.0467	1.6487	-1.3629	0.0865	0.0103	1.6487	-1.3629	0.0865	0.0103	-1.2235	0.1107	0.0140	-0.7898	0.1105	0.0137
57	14.40	4.70	0.0806	-1.1229	0.1310	0.0503	1.5476	-1.5254	0.0635	0.0172	1.5476	-1.5254	0.0635	0.0172	-1.3232	0.0930	0.0123	-0.8630	0.0934	0.0128
58	12.70	4.10	0.0645	-1.1914	0.1169	0.0524	1.4110	-1.7448	0.0403	0.0242	1.4110	-1.7448	0.0403	0.0242	-1.4478	0.0738	0.0093	-0.9509	0.0752	0.0107
59	16.00	3.90	0.0484	-1.2142	0.1125	0.0641	1.3610	-1.8252	0.0338	0.0146	1.3610	-1.8252	0.0338	0.0146	-1.4906	0.0680	0.0196	-0.9802	0.0696	0.0212
60	28.40	3.40	0.0323	-1.2713	0.1019	0.0697	1.2238	-2.0456	0.0202	0.0120	1.2238	-2.0456	0.0202	0.0120	-1.6005	0.0546	0.0223	-1.0534	0.0569	0.0246
61	28.00	3.00	0.0161	-1.3170	0.0940	0.0779	1.0986	-2.2468	0.0123	0.0038	1.0986	-2.2468	0.0123	0.0038	-1.6918	0.0451	0.0290	-1.1119	0.0478	0.0317

Cuadro de Método de Smirnov – Kolmogorov – II

PRUEBA DE SMIRNOV – KOLMOGOROV				DISTRIBUCION LOG GUMBEL				DISTRIBUCION GAMMA II			DISTRIBUCION PEARSON III			DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III			
m	P (mm)	x_m	$F_o(x_m)$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	X²	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	X²	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LOG X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$
1	15.60	46.70	0.9839	3.8437	3.3530	0.9656	0.0182	18.8687	0.9955	0.0116	18.7864	0.9954	0.0115	1.6693	2.1643	0.9849	0.0010
2	25.00	33.40	0.9677	3.5086	2.6622	0.9326	0.0352	13.4950	0.9622	0.0055	13.5125	0.9624	0.0053	1.5237	1.6257	0.9482	0.0196
3	5.80	30.00	0.9516	3.4012	2.4409	0.9166	0.0350	12.1212	0.9379	0.0137	12.1643	0.939	0.0126	1.4771	1.4532	0.9269	0.0247
4	19.90	28.40	0.9355	3.3464	2.3280	0.9071	0.0284	11.4748	0.9213	0.0142	11.5299	0.9227	0.0128	1.4533	1.3651	0.9138	0.0216
5	12.20	28.00	0.9194	3.3322	2.2987	0.9045	0.0149	11.3131	0.9172	0.0022	11.3713	0.9187	0.0007	1.4472	1.3423	0.9102	0.0092
6	12.20	28.00	0.9032	3.3322	2.2987	0.9045	0.0013	11.3131	0.9172	0.0140	11.3713	0.9187	0.0155	1.4472	1.3423	0.9102	0.0070
7	3.00	25.50	0.8871	3.2387	2.1060	0.8854	0.0017	10.3030	0.8836	0.0035	10.3799	0.8873	0.0002	1.4065	1.1920	0.8832	0.0039
8	22.20	25.20	0.8710	3.2268	2.0816	0.8827	0.0118	10.1818	0.8778	0.0068	10.2610	0.8816	0.0106	1.4014	1.1730	0.8794	0.0084
9	8.70	25.00	0.8548	3.2189	2.0652	0.8809	0.0261	10.1010	0.8739	0.0191	10.1817	0.8778	0.0230	1.3979	1.1602	0.8768	0.0220
10	14.90	24.00	0.8387	3.1781	1.9810	0.8712	0.0325	9.6970	0.8546	0.0159	9.7851	0.8588	0.0201	1.3802	1.0946	0.8629	0.0242
11	7.10	23.70	0.8226	3.1655	1.9551	0.8680	0.0454	9.5758	0.8488	0.0262	9.6662	0.8531	0.0305	1.3747	1.0744	0.8584	0.0359
12	7.60	22.90	0.8065	3.1311	1.8844	0.8591	0.0526	9.2525	0.8333	0.0268	9.3489	0.8379	0.0314	1.3598	1.0192	0.8457	0.0393
13	4.10	22.20	0.7903	3.1001	1.8204	0.8505	0.0601	8.9697	0.8197	0.0294	9.0714	0.8246	0.0343	1.3464	0.9693	0.8336	0.0433
14	25.20	22.10	0.7742	3.0956	1.8111	0.8492	0.0750	8.9293	0.8178	0.0436	9.0317	0.8227	0.0485	1.3444	0.9621	0.8318	0.0576
15	9.90	21.30	0.7581	3.0587	1.7351	0.8383	0.0802	8.6061	0.8023	0.0442	8.7145	0.8075	0.0494	1.3284	0.9028	0.8165	**0.0585**
16	6.60	19.90	0.7419	2.9907	1.5950	0.8163	0.0744	8.0404	0.7639	0.0220	8.1593	0.7722	0.0303	1.2989	0.7936	0.7862	0.0443
17	6.60	19.00	0.7258	2.9444	1.4996	0.7999	0.0741	7.6768	0.7365	0.0107	7.8025	0.7468	0.0210	1.2788	0.7192	0.7640	0.0382
18	10.40	18.40	0.7097	2.9124	1.4335	0.7878	0.0781	7.4343	0.7167	0.0070	7.5645	0.7273	0.0176	1.2648	0.6677	0.7479	0.0383
19	21.30	16.00	0.6935	2.7726	1.1454	0.7275	0.0340	6.4647	0.6249	**0.0686**	6.6129	0.6394	**0.0541**	1.2041	0.4431	0.6714	0.0222
20	22.10	16.00	0.6774	2.7726	1.1454	0.7275	0.0501	6.4647	0.6249	0.0525	6.6129	0.6394	0.0380	1.2041	0.4431	0.6714	0.0060
21	16.00	15.60	0.6613	2.7473	1.0933	0.7152	0.0540	6.3030	0.609	0.0523	6.4543	0.6239	0.0374	1.1931	0.4024	0.6565	0.0048
22	46.70	15.60	0.6452	2.7473	1.0933	0.7152	0.0701	6.3030	0.609	0.0362	6.4543	0.6239	0.0213	1.1931	0.4024	0.6565	0.0113
23	24.00	15.40	0.6290	2.7344	1.0667	0.7088	0.0798	6.2222	0.6011	0.0279	6.3749	0.6161	0.0129	1.1875	0.3817	0.6488	0.0198
24	9.00	14.90	0.6129	2.7014	0.9986	0.6919	0.0790	6.0202	0.5779	0.0350	6.1767	0.596	0.0169	1.1732	0.3286	0.6289	0.0160
25	8.00	14.90	0.5968	2.7014	0.9986	0.6919	0.0951	6.0202	0.5779	0.0189	6.1767	0.596	0.0008	1.1732	0.3286	0.6289	0.0321
26	10.90	14.70	0.5806	2.6878	0.9708	0.6847	0.1040	5.9394	0.5685	0.0121	6.0974	0.5868	0.0062	1.1673	0.3069	0.6206	0.0400
27	6.20	14.40	0.5645	2.6672	0.9283	0.6735	0.1090	5.8182	0.5545	0.0100	5.9784	0.573	0.0085	1.1584	0.2738	0.6079	0.0434
28	5.40	13.60	0.5484	2.6101	0.8105	0.6411	0.0927	5.4950	0.517	0.0314	5.6612	0.5363	0.0121	1.1335	0.1819	0.5720	0.0236
29	3.90	13.50	0.5323	2.6027	0.7953	0.6367	0.1044	5.4545	0.5123	0.0200	5.6215	0.5317	0.0006	1.1303	0.1701	0.5674	0.0351
30	14.70	12.70	0.5161	2.5416	0.6694	0.5993	0.0832	5.1313	0.4721	0.0440	5.3043	0.4944	0.0217	1.1038	0.0719	0.5285	0.0123
31	15.60	12.30	0.5000	2.5096	0.6034	0.5787	0.0787	4.9697	0.4514	0.0486	5.1457	0.474	0.0260	1.0899	0.0205	0.5081	0.0081
32	18.40	12.20	0.4839	2.5014	0.5866	0.5734	0.0895	4.9293	0.4462	0.0377	5.1060	0.4689	0.0150	1.0864	0.0074	0.5029	0.0190
33	19.00	12.20	0.4677	2.5014	0.5866	0.5734	0.1056	4.9293	0.4462	0.0215	5.1060	0.4689	0.0012	1.0864	0.0074	0.5029	0.0352
34	11.50	12.10	0.4516	2.4932	0.5697	0.5680	**0.1163**	4.8889	0.441	0.0106	5.0664	0.4638	0.0122	1.0828	-0.0058	0.4977	0.0461
35	22.90	11.50	0.4355	2.4423	0.4648	0.5335	0.0980	4.6465	0.4098	0.0257	4.8285	0.4332	0.0023	1.0607	-0.0876	0.4653	0.0299
36	11.50	11.50	0.4194	2.4423	0.4648	0.5335	0.1142	4.6465	0.4098	0.0096	4.8285	0.4332	0.0138	1.0607	-0.0876	0.4653	0.0460
37	7.70	10.90	0.4032	2.3888	0.3544	0.4958	0.0926	4.4040	0.3776	0.0256	4.5906	0.4026	0.0006	1.0374	-0.1737	0.4312	0.0280
38	3.40	10.40	0.3871	2.3418	0.2576	0.4617	0.0746	4.2020	0.3504	0.0367	4.3923	0.3761	0.0110	1.0170	-0.2491	0.4017	0.0146
39	13.50	9.90	0.3710	2.2925	0.1561	0.4251	0.0541	4.0000	0.3232	0.0478	4.1940	0.3493	0.0217	0.9956	-0.3283	0.3712	0.0003
40	13.60	9.50	0.3548	2.2513	0.0711	0.3940	0.0392	3.8384	0.3014	0.0534	4.0354	0.328	0.0268	0.9777	-0.3946	0.3464	0.0084
41	28.00	9.00	0.3387	2.1972	-0.0403	0.3530	0.0143	3.6364	0.2743	0.0644	3.8371	0.3012	0.0375	0.9542	-0.4814	0.3149	0.0238
42	12.10	8.70	0.3226	2.1633	-0.1102	0.3274	0.0048	3.5152	0.2581	0.0645	3.7182	0.2853	0.0373	0.9395	-0.5359	0.2958	0.0268
43	33.40	8.40	0.3065	2.1282	-0.1825	0.3011	0.0053	3.3939	0.2421	0.0644	3.5992	0.2693	0.0372	0.9243	-0.5923	0.2766	0.0298
44	9.50	8.40	0.2903	2.1282	-0.1825	0.3011	0.0108	3.3939	0.2421	0.0482	3.5992	0.2693	0.0210	0.9243	-0.5923	0.2766	0.0137
45	12.30	8.00	0.2742	2.0794	-0.2831	0.2652	0.0090	3.2323	0.2211	0.0531	3.4406	0.2481	0.0261	0.9031	-0.6707	0.2511	0.0231
46	23.70	7.90	0.2581	2.0669	-0.3090	0.2561	0.0019	3.1919	0.2158	0.0423	3.4010	0.243	0.0151	0.8976	-0.6909	0.2447	0.0133
47	30.00	7.70	0.2419	2.0412	-0.3618	0.2379	0.0040	3.1111	0.2053	0.0366	3.3216	0.2327	0.0092	0.8865	-0.7321	0.2320	0.0099
48	15.40	7.60	0.2258	2.0281	-0.3888	0.2287	0.0029	3.0707	0.2001	0.0257	3.2820	0.2275	0.0017	0.8808	-0.7531	0.2257	0.0001
49	5.50	7.10	0.2097	1.9601	-0.5290	0.1832	0.0265	2.8687	0.1768	0.0329	3.0837	0.2018	0.0079	0.8513	-0.8625	0.1943	0.0153
50	8.40	6.60	0.1935	1.8871	-0.6795	0.1390	0.0545	2.6667	0.1534	0.0401	2.8855	0.1787	0.0148	0.8195	-0.9798	0.1638	0.0297
51	5.20	6.60	0.1774	1.8871	-0.6795	0.1390	0.0384	2.6667	0.1534	0.0240	2.8855	0.1787	0.0013	0.8195	-0.9798	0.1638	0.0136
52	14.90	6.20	0.1613	1.8245	-0.8084	0.1060	0.0553	2.5051	0.1348	0.0265	2.7268	0.1604	0.0009	0.7924	-1.0803	0.1402	0.0210
53	7.90	5.80	0.1452	1.7579	-0.9458	0.0762	0.0690	2.3434	0.1161	0.0291	2.5682	0.1421	0.0031	0.7634	-1.1874	0.1177	0.0274
54	25.50	5.50	0.1290	1.7047	-1.0553	0.0565	0.0725	2.2222	0.1021	0.0269	2.4493	0.1283	0.0007	0.7404	-1.2728	0.1017	0.0273
55	8.40	5.40	0.1129	1.6864	-1.0931	0.0506	0.0623	2.1818	0.098	0.0149	2.4096	0.1237	0.0108	0.7324	-1.3023	0.0965	0.0164
56	4.70	5.20	0.0968	1.6487	-1.1709	0.0398	0.0570	2.1010	0.0909	0.0059	2.3303	0.1146	0.0178	0.7160	-1.3629	0.0865	0.0103
57	14.40	4.70	0.0806	1.5476	-1.3792	0.0188	0.0618	1.8990	0.0732	0.0074	2.1320	0.0937	0.0131	0.6721	-1.5254	0.0635	0.0172
58	12.70	4.10	0.0645	1.4110	-1.6607	0.0052	0.0593	1.6566	0.0519	0.0126	1.8941	0.0728	0.0083	0.6128	-1.7448	0.0403	0.0242
59	16.00	3.90	0.0484	1.3610	-1.7637	0.0029	0.0455	1.5758	0.0463	0.0021	1.8148	0.0658	0.0174	0.5911	-1.8252	0.0338	0.0146
60	28.40	3.40	0.0323	1.2238	-2.0465	0.0004	0.0318	1.3737	0.0336	0.0013	1.6166	0.0488	0.0165	0.5315	-2.0456	0.0202	0.0120
61	28.00	3.00	0.0161	1.0986	-2.3044	0.0000	0.0161	1.2121	0.0238	0.0077	1.4579	0.0389	0.0228	0.4771	-2.2468	0.0123	0.0038

Cuadro de Método de Smirnov – Kolmogorov – I (con el dato excepcional)

PRUEBA DE SMIRNOV – KOLMOGOROV				DISTRIBUCION NORMAL			DISTRIBUCION LOG NORMAL				DISTRIBUCION LOG NORMAL II				DISTRIBUCION LOG NORMAL III			DISTRIBUCION GUMBEL		
m	P (mm)	x_m	$F_o(x_m)$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$
1	15.60	124.50	0.9844	6.6032	1.0000	0.0156	4.8243	3.1838	0.9991	0.0147	4.8243	3.1838	0.9991	0.0147	2.7884	0.9971	0.0128	9.0460	0.9999	0.0155
2	25.00	46.70	0.9688	1.8651	0.9691	0.0004	3.8437	1.8403	0.9674	0.0014	3.8437	1.8403	0.9674	0.0014	1.7173	0.9573	0.0115	2.9692	0.9500	0.0188
3	5.80	33.40	0.9531	1.0551	0.8541	0.0990	3.5086	1.3810	0.9163	0.0368	3.5086	1.3810	0.9163	0.0368	1.3399	0.9098	0.0433	1.9304	0.8649	0.0882
4	19.90	30.00	0.9375	0.8481	0.8017	0.1358	3.4012	1.2339	0.8912	0.0463	3.4012	1.2339	0.8912	0.0463	1.2171	0.8880	0.0495	1.6648	0.8276	0.1099
5	12.20	28.40	0.9219	0.7506	0.7736	0.1483	3.3464	1.1588	0.8765	0.0453	3.3464	1.1588	0.8765	0.0453	1.1539	0.8755	0.0464	1.5399	0.8070	0.1149
6	12.20	28.00	0.9063	0.7263	0.7662	0.1400	3.3322	1.1394	0.8725	0.0337	3.3322	1.1394	0.8725	0.0337	1.1375	0.8721	0.0341	1.5086	0.8015	0.1047
7	3.00	28.00	0.8906	0.7263	0.7662	0.1244	3.3322	1.1394	0.8725	0.0181	3.3322	1.1394	0.8725	0.0181	1.1375	0.8721	0.0185	1.5086	0.8015	0.0891
8	22.20	25.50	0.8750	0.5740	0.7172	0.1578	3.2387	1.0113	0.8438	0.0312	3.2387	1.0113	0.8438	0.0312	1.0288	0.8480	0.0270	1.3133	0.7642	0.1108
9	8.70	25.20	0.8594	0.5557	0.7110	0.1484	3.2268	0.9951	0.8399	0.0194	3.2268	0.9951	0.8399	0.0194	1.0150	0.8447	0.0147	1.2899	0.7593	0.1000
10	14.90	25.00	0.8438	0.5436	0.7068	0.1369	3.2189	0.9841	0.8373	0.0065	3.2189	0.9841	0.8373	0.0065	1.0057	0.8425	0.0013	1.2743	0.7561	0.0877
11	7.10	24.00	0.8281	0.4827	0.6856	0.1426	3.1781	0.9282	0.8232	0.0050	3.1781	0.9282	0.8232	0.0050	0.9578	0.8307	0.0026	1.1962	0.7391	0.0890
12	7.60	23.70	0.8125	0.4644	0.6790	0.1335	3.1655	0.9110	0.8187	0.0062	3.1655	0.9110	0.8187	0.0062	0.9430	0.8270	0.0145	1.1728	0.7338	0.0787
13	4.10	22.90	0.7969	0.4157	0.6614	0.1355	3.1311	0.8639	0.8061	0.0092	3.1311	0.8639	0.8061	0.0092	0.9024	0.8164	0.0196	1.1103	0.7193	0.0776
14	25.20	22.20	0.7813	0.3730	0.6456	0.1356	3.1001	0.8214	0.7942	0.0130	3.1001	0.8214	0.7942	0.0130	0.8657	0.8065	0.0253	1.0556	0.7061	0.0751
15	9.90	22.10	0.7656	0.3670	0.6433	0.1223	3.0956	0.8152	0.7924	0.0268	3.0956	0.8152	0.7924	0.0268	0.8603	0.8051	0.0394	1.0478	0.7042	0.0614
16	6.60	21.30	0.7500	0.3182	0.6249	0.1251	3.0587	0.7647	0.7778	0.0278	3.0587	0.7647	0.7778	0.0278	0.8164	0.7928	0.0428	0.9853	0.6884	0.0616
17	6.60	19.90	0.7344	0.2330	0.5920	0.1423	2.9907	0.6715	0.7492	0.0148	2.9907	0.6715	0.7492	0.0148	0.7350	0.7688	0.0345	0.8759	0.6594	0.0750
18	10.40	19.00	0.7188	0.1782	0.5705	0.1482	2.9444	0.6081	0.7286	0.0099	2.9444	0.6081	0.7286	0.0099	0.6790	0.7515	0.0328	0.8056	0.6397	0.0791
19	21.30	18.40	0.7031	0.1416	0.5561	0.1470	2.9124	0.5642	0.7139	0.0108	2.9124	0.5642	0.7139	0.0108	0.6401	0.7391	0.0359	0.7588	0.6261	0.0770
20	22.10	16.00	0.6875	-0.0045	0.4982	**0.1893**	2.7726	0.3727	0.6455	0.0420	2.7726	0.3727	0.6455	0.0420	0.4679	0.6803	0.0072	0.5713	0.5685	0.1190
21	16.00	16.00	0.6719	-0.0045	0.4982	0.1737	2.7726	0.3727	0.6455	0.0264	2.7726	0.3727	0.6455	0.0264	0.4679	0.6803	0.0084	0.5713	0.5685	0.1034
22	46.70	15.60	0.6563	-0.0289	0.4886	0.1677	2.7473	0.3380	0.6324	0.0238	2.7473	0.3380	0.6324	0.0238	0.4362	0.6689	0.0126	0.5401	0.5584	0.0979
23	24.00	15.60	0.6406	-0.0289	0.4886	0.1520	2.7473	0.3380	0.6324	0.0082	2.7473	0.3380	0.6324	0.0082	0.4362	0.6689	0.0283	0.5401	0.5584	0.0822
24	9.00	15.40	0.6250	-0.0411	0.4838	0.1412	2.7344	0.3203	0.6257	0.0007	2.7344	0.3203	0.6257	0.0007	0.4200	0.6630	0.0380	0.5245	0.5533	0.0717
25	8.00	14.90	0.6094	-0.0715	0.4717	0.1377	2.7014	0.2751	0.6084	0.0010	2.7014	0.2751	0.6084	0.0010	0.3785	0.6476	0.0383	0.4854	0.5404	0.0690
26	10.90	14.90	0.5938	-0.0715	0.4717	0.1220	2.7014	0.2751	0.6084	0.0146	2.7014	0.2751	0.6084	0.0146	0.3785	0.6476	0.0539	0.4854	0.5404	0.0534
27	6.20	14.70	0.5781	-0.0837	0.4669	0.1113	2.6878	0.2566	0.6012	0.0231	2.6878	0.2566	0.6012	0.0231	0.3614	0.6412	0.0631	0.4698	0.5352	0.0429
28	5.40	14.40	0.5625	-0.1020	0.4596	0.1029	2.6672	0.2283	0.5902	0.0277	2.6672	0.2283	0.5902	0.0277	0.3352	0.6314	0.0689	0.4463	0.5273	0.0352
29	3.90	13.60	0.5469	-0.1507	0.4403	0.1066	2.6101	0.1500	0.5594	0.0125	2.6101	0.1500	0.5594	0.0125	0.2620	0.6033	0.0565	0.3839	0.5060	0.0409
30	**1.50**	13.50	0.5313	-0.1568	0.4379	0.0934	2.6027	0.1399	0.5554	0.0242	2.6027	0.1399	0.5554	0.0242	0.2525	0.5996	0.0684	0.3761	0.5033	0.0279
31	14.70	12.70	0.5156	-0.2055	0.4187	0.0969	2.5416	0.0562	0.5222	0.0066	2.5416	0.0562	0.5222	0.0066	0.1731	0.5686	0.0529	0.3136	0.4815	0.0341
32	15.60	12.30	0.5000	-0.2299	0.4092	0.0908	2.5096	0.0123	0.5049	0.0049	2.5096	0.0123	0.5049	0.0049	0.1311	0.5519	0.0519	0.2823	0.4705	0.0295
33	18.40	12.20	0.4844	-0.2360	0.4068	0.0776	2.5014	0.0012	0.5005	0.0161	2.5014	0.0012	0.5005	0.0161	0.1203	0.5477	0.0633	0.2745	0.4677	0.0167
34	19.00	12.20	0.4688	-0.2360	0.4068	0.0620	2.5014	0.0012	0.5005	0.0317	2.5014	0.0012	0.5005	0.0317	0.1203	0.5477	0.0789	0.2745	0.4677	0.0011
35	11.50	12.10	0.4531	-0.2421	0.4044	0.0487	2.4932	-0.0101	0.4960	0.0429	2.4932	-0.0101	0.4960	0.0429	0.1094	0.5433	0.0902	0.2667	0.4649	0.0118
36	22.90	11.50	0.4375	-0.2786	0.3903	0.0472	2.4423	-0.0798	0.4684	0.0309	2.4423	-0.0798	0.4684	0.0309	0.0417	0.5165	0.0790	0.2198	0.4481	0.0106
37	11.50	11.50	0.4219	-0.2786	0.3903	0.0316	2.4423	-0.0798	0.4684	**0.0465**	2.4423	-0.0798	0.4684	**0.0465**	0.0417	0.5165	**0.0946**	0.2198	0.4481	0.0263
38	7.70	10.90	0.4063	-0.3151	0.3762	0.0300	2.3888	-0.1532	0.4393	0.0331	2.3888	-0.1532	0.4393	0.0331	-0.0308	0.4878	0.0816	0.1730	0.4312	0.0250
39	3.40	10.40	0.3906	-0.3456	0.3647	0.0259	2.3418	-0.2176	0.4140	0.0234	2.3418	-0.2176	0.4140	0.0234	-0.0952	0.4623	0.0717	0.1339	0.4170	0.0264
40	13.50	9.90	0.3750	-0.3760	0.3533	0.0217	2.2925	-0.2851	0.3878	0.0128	2.2925	-0.2851	0.3878	0.0128	-0.1638	0.4351	0.0601	0.0949	0.4027	0.0277
41	13.60	9.50	0.3594	-0.4004	0.3442	0.0151	2.2513	-0.3416	0.3662	0.0068	2.2513	-0.3416	0.3662	0.0068	-0.2221	0.4122	0.0528	0.0636	0.3913	0.0319
42	28.00	9.00	0.3438	-0.4308	0.3331	0.0107	2.1972	-0.4156	0.3386	0.0051	2.1972	-0.4156	0.3386	0.0051	-0.2998	0.3821	0.0384	0.0246	0.3769	0.0332
43	12.10	8.70	0.3281	-0.4491	0.3264	0.0017	2.1633	-0.4621	0.3218	0.0063	2.1633	-0.4621	0.3218	0.0063	-0.3493	0.3633	0.0352	0.0011	0.3683	0.0402
44	33.40	8.40	0.3125	-0.4674	0.3199	0.0074	2.1282	-0.5102	0.3047	0.0078	2.1282	-0.5102	0.3047	0.0078	-0.4013	0.3439	0.0314	-0.0223	0.3597	0.0472
45	9.50	8.40	0.2969	-0.4674	0.3199	0.0230	2.1282	-0.5102	0.3047	0.0079	2.1282	-0.5102	0.3047	0.0079	-0.4013	0.3439	0.0470	-0.0223	0.3597	0.0628
46	12.30	8.00	0.2813	-0.4917	0.3112	0.0300	2.0794	-0.5770	0.2818	0.0005	2.0794	-0.5770	0.2818	0.0005	-0.4748	0.3172	0.0360	-0.0535	0.3482	0.0669
47	23.70	7.90	0.2656	-0.4978	0.3091	0.0434	2.0669	-0.5943	0.2760	0.0104	2.0669	-0.5943	0.2760	0.0104	-0.4940	0.3104	0.0448	-0.0614	0.3453	0.0797
48	30.00	7.70	0.2500	-0.5100	0.3048	0.0548	2.0412	-0.6294	0.2644	0.0144	2.0412	-0.6294	0.2644	0.0144	-0.5335	0.2966	0.0466	-0.0770	0.3396	0.0896
49	15.40	7.60	0.2344	-0.5161	0.3027	0.0683	2.0281	-0.6473	0.2586	0.0242	2.0281	-0.6473	0.2586	0.0242	-0.5538	0.2896	0.0553	-0.0848	0.3367	0.1024
50	5.50	7.10	0.2188	-0.5466	0.2921	0.0734	1.9601	-0.7405	0.2295	0.0107	1.9601	-0.7405	0.2295	0.0107	-0.6617	0.2540	0.0352	-0.1238	0.3224	0.1037
51	8.40	6.60	0.2031	-0.5770	0.2818	0.0786	1.8871	-0.8406	0.2004	0.0027	1.8871	-0.8406	0.2004	0.0027	-0.7819	0.2172	0.0140	-0.1629	0.3082	0.1051
52	5.20	6.60	0.1875	-0.5770	0.2818	0.0943	1.8871	-0.8406	0.2004	0.0129	1.8871	-0.8406	0.2004	0.0129	-0.7819	0.2172	0.0297	-0.1629	0.3082	0.1207
53	14.90	6.20	0.1719	-0.6014	0.2736	0.1017	1.8245	-0.9262	0.1773	0.0055	1.8245	-0.9262	0.1773	0.0055	-0.8890	0.1872	0.0153	-0.1941	0.2969	0.1251
54	7.90	5.80	0.1563	-0.6257	0.2656	0.1093	1.7579	-1.0176	0.1547	0.0016	1.7579	-1.0176	0.1547	0.0016	-1.0082	0.1569	0.0007	-0.2254	0.2857	0.1295
55	25.50	5.50	0.1406	-0.6440	0.2597	0.1190	1.7047	-1.0904	0.1380	0.0026	1.7047	-1.0904	0.1380	0.0026	-1.1073	0.1343	0.0063	-0.2488	0.2773	0.1367
56	8.40	5.40	0.1250	-0.6501	0.2577	0.1327	1.6864	-1.1155	0.1325	0.0075	1.6864	-1.1155	0.1325	0.0075	-1.1426	0.1268	0.0018	-0.2566	0.2746	0.1496
57	4.70	5.20	0.1094	-0.6623	0.2538	0.1444	1.6487	-1.1672	0.1218	0.0124	1.6487	-1.1672	0.1218	0.0124	-1.2168	0.1120	0.0027	-0.2722	0.2690	0.1597
58	14.40	4.70	0.0938	-0.6927	0.2442	0.1504	1.5476	-1.3058	0.0959	0.0022	1.5476	-1.3058	0.0959	0.0022	-1.4289	0.0765	0.0172	-0.3113	0.2553	0.1616
59	12.70	4.10	0.0781	-0.7293	0.2329	0.1548	1.4110	-1.4929	0.0677	0.0105	1.4110	-1.4929	0.0677	0.0105	-1.7570	0.0392	0.0389	-0.3582	0.2391	0.1610
60	**124.50**	3.90	0.0625	-0.7414	0.2292	0.1667	1.3610	-1.5614	0.0591	0.0034	1.3610	-1.5614	0.0591	0.0034	-1.8937	0.0289	0.0336	-0.3738	0.2338	0.1713
61	16.00	3.40	0.0469	-0.7719	0.2201	0.1732	1.2238	-1.7494	0.0399	0.0070	1.2238	-1.7494	0.0399	0.0070	-2.3416	0.0096	0.0372	-0.4128	0.2207	0.1738
62	28.40	3.00	0.0313	-0.7963	0.2130	0.1817	1.0986	-1.9209	0.0272	0.0041	1.0986	-1.9209	0.0272	0.0041	-2.9216	0.0020	0.0293	-0.4441	0.2103	**0.1791**
63	28.00	1.50	0.0156	-0.8876	0.1875	0.1719	0.4055	-2.8706	0.0023	0.0133	0.4055	-2.8706	0.0023	0.0133	-2.3332	0.0098	0.0058	-0.5612	0.1733	0.1577

Cuadro de Método de Smirnov – Kolmogorov – II (con el dato excepcional)

PRUEBA DE SMIRNOV – KOLMOGOROV				DISTRIBUCION LOG GUMBEL				DISTRIBUCION GAMMA II			DISTRIBUCION PEARSON III			DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III			
m	P (mm)	x_m	$F_o(x_m)$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	X²	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	X²	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LOG X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$
1	15.60	124.50	0.9844	4.8243	4.6605	0.9906	0.0062	30.3217	0.9955	0.0111	5.7577			2.0952	3.1838	0.9991	0.0147
2	25.00	46.70	0.9688	3.8437	2.9374	0.9484	0.0204	11.3737	0.9772	0.0084	1.8681			1.6693	1.8403	0.9674	0.0014
3	5.80	33.40	0.9531	3.5086	2.3484	0.9089	0.0442	8.1345	0.9104	0.0427	1.2031			1.5237	1.3810	0.9163	0.0368
4	19.90	30.00	0.9375	3.4012	2.1597	0.8910	0.0465	7.3064	0.8736	0.0639	1.0332			1.4771	1.2339	0.8912	0.0463
5	12.20	28.40	0.9219	3.3464	2.0634	0.8807	0.0412	6.9168	0.8518	0.0701	0.9532			1.4533	1.1588	0.8765	0.0453
6	12.20	28.00	0.9063	3.3322	2.0385	0.8779	0.0284	6.8193	0.8464	0.0599	0.9332			1.4472	1.1394	0.8725	0.0337
7	3.00	28.00	0.8906	3.3322	2.0385	0.8779	0.0127	6.8193	0.8464	0.0442	0.9332			1.4472	1.1394	0.8725	0.0181
8	22.20	25.50	0.8750	3.2387	1.8741	0.8577	0.0173	6.2105	0.8124	0.0626	0.8082			1.4065	1.0113	0.8438	0.0312
9	8.70	25.20	0.8594	3.2268	1.8534	0.8550	0.0044	6.1374	0.8083	0.0511	0.7932			1.4014	0.9951	0.8399	0.0194
10	14.90	25.00	0.8438	3.2189	1.8393	0.8531	0.0093	6.0887	0.8056	0.0382	0.7832			1.3979	0.9841	0.8373	0.0065
11	7.10	24.00	0.8281	3.1781	1.7676	0.8430	0.0149	5.8452	0.792	0.0361	0.7332			1.3802	0.9282	0.8232	0.0050
12	7.60	23.70	0.8125	3.1655	1.7455	0.8398	0.0273	5.7721	0.782	0.0305	0.7182			1.3747	0.9110	0.8187	0.0062
13	4.10	22.90	0.7969	3.1311	1.6852	0.8308	0.0339	5.5772	0.7659	0.0310	0.6782			1.3598	0.8639	0.8061	0.0092
14	25.20	22.20	0.7813	3.1001	1.6306	0.8222	0.0409	5.4068	0.7518	0.0295	0.6432			1.3464	0.8214	0.7942	0.0130
15	9.90	22.10	0.7656	3.0956	1.6227	0.8209	0.0553	5.3824	0.7497	0.0159	0.6382			1.3444	0.8152	0.7924	0.0268
16	6.60	21.30	0.7500	3.0587	1.5579	0.8101	0.0601	5.1876	0.7305	0.0195	0.5982			1.3284	0.7647	0.7778	0.0278
17	6.60	19.90	0.7344	2.9907	1.4384	0.7888	0.0544	4.8466	0.6962	0.0382	0.5282			1.2989	0.6715	0.7492	0.0148
18	10.40	19.00	0.7188	2.9444	1.3571	0.7731	0.0543	4.6274	0.6699	0.0488	0.4832			1.2788	0.6081	0.7286	0.0099
19	21.30	18.40	0.7031	2.9124	1.3007	0.7616	0.0585	4.4813	0.6524	0.0507	0.4532			1.2648	0.5642	0.7139	0.0108
20	22.10	16.00	0.6875	2.7726	1.0551	0.7060	0.0185	3.8968	0.5785	**0.1090**	0.3332			1.2041	0.3727	0.6455	0.0420
21	16.00	16.00	0.6719	2.7726	1.0551	0.7060	0.0341	3.8968	0.5785	0.0934	0.3332			1.2041	0.3727	0.6455	0.0264
22	46.70	15.60	0.6563	2.7473	1.0106	0.6949	0.0386	3.7993	0.5643	0.0920	0.3132			1.1931	0.3380	0.6324	0.0238
23	24.00	15.60	0.6406	2.7473	1.0106	0.6949	0.0543	3.7993	0.5643	0.0763	0.3132			1.1931	0.3380	0.6324	0.0082
24	9.00	15.40	0.6250	2.7344	0.9880	0.6891	0.0641	3.7506	0.5572	0.0678	0.3032			1.1875	0.3203	0.6257	0.0007
25	8.00	14.90	0.6094	2.7014	0.9300	0.6740	0.0646	3.6289	0.5395	0.0699	0.2782			1.1732	0.2751	0.6084	0.0010
26	10.90	14.90	0.5938	2.7014	0.9300	0.6740	0.0802	3.6289	0.5395	0.0543	0.2782			1.1732	0.2751	0.6084	0.0146
27	6.20	14.70	0.5781	2.6878	0.9062	0.6676	0.0895	3.5802	0.5324	0.0457	0.2682			1.1673	0.2566	0.6012	0.0231
28	5.40	14.40	0.5625	2.6672	0.8700	0.6577	0.0952	3.5071	0.5218	0.0407	0.2532			1.1584	0.2283	0.5902	0.0277
29	3.90	13.60	0.5469	2.6101	0.7695	0.6292	0.0824	3.3123	0.4926	0.0543	0.2132			1.1335	0.1500	0.5594	0.0125
30	**1.50**	13.50	0.5313	2.6027	0.7566	0.6255	0.0942	3.2879	0.4886	0.0427	0.2082			1.1303	0.1399	0.5554	0.0242
31	14.70	12.70	0.5156	2.5416	0.6492	0.5931	0.0774	3.0931	0.4563	0.0593	0.1682			1.1038	0.0562	0.5222	0.0066
32	15.60	12.30	0.5000	2.5096	0.5930	0.5754	0.0754	2.9956	0.4402	0.0598	0.1482			1.0899	0.0123	0.5049	0.0049
33	18.40	12.20	0.4844	2.5014	0.5786	0.5708	0.0865	2.9713	0.4361	0.0483	0.1432			1.0864	0.0012	0.5005	0.0161
34	19.00	12.20	0.4688	2.5014	0.5786	0.5708	0.1021	2.9713	0.4361	0.0327	0.1432			1.0864	0.0012	0.5005	0.0317
35	11.50	12.10	0.4531	2.4932	0.5642	0.5662	0.1131	2.9469	0.4321	0.0210	0.1383			1.0828	-0.0101	0.4960	0.0429
36	22.90	11.50	0.4375	2.4423	0.4748	0.5369	0.0994	2.8008	0.4079	0.0296	0.1083			1.0607	-0.0798	0.4684	0.0309
37	11.50	11.50	0.4219	2.4423	0.4748	0.5369	**0.1150**	2.8008	0.4079	0.0140	0.1083			1.0607	-0.0798	0.4684	**0.0465**
38	7.70	10.90	0.4063	2.3888	0.3806	0.5049	0.0986	2.6547	0.3824	0.0239	0.0783			1.0374	-0.1532	0.4393	0.0331
39	3.40	10.40	0.3906	2.3418	0.2981	0.4761	0.0854	2.5329	0.3606	0.0300	0.0533			1.0170	-0.2176	0.4140	0.0234
40	13.50	9.90	0.3750	2.2925	0.2115	0.4452	0.0702	2.4111	0.3387	0.0363	0.0283			0.9956	-0.2851	0.3878	0.0128
41	13.60	9.50	0.3594	2.2513	0.1391	0.4189	0.0595	2.3137	0.3213	0.0381	0.0083			0.9777	-0.3416	0.3662	0.0068
42	28.00	9.00	0.3438	2.1972	0.0441	0.3841	0.0403	2.1919	0.2994	0.0444	-0.0167			0.9542	-0.4156	0.3386	0.0051
43	12.10	8.70	0.3281	2.1633	-0.0155	0.3622	0.0340	2.1189	0.286	0.0421	-0.0317			0.9395	-0.4621	0.3218	0.0063
44	33.40	8.40	0.3125	2.1282	-0.0772	0.3395	0.0270	2.0458	0.2726	0.0399	-0.0467			0.9243	-0.5102	0.3047	0.0078
45	9.50	8.40	0.2969	2.1282	-0.0772	0.3395	0.0426	2.0458	0.2726	0.0243	-0.0467			0.9243	-0.5102	0.3047	0.0079
46	12.30	8.00	0.2813	2.0794	-0.1629	0.3082	0.0270	1.9484	0.2547	0.0266	-0.0667			0.9031	-0.5770	0.2818	0.0005
47	23.70	7.90	0.2656	2.0669	-0.1850	0.3002	0.0346	1.9240	0.2502	0.0154	-0.0717			0.8976	-0.5943	0.2760	0.0104
48	30.00	7.70	0.2500	2.0412	-0.2301	0.2840	0.0340	1.8753	0.2413	0.0087	-0.0817			0.8865	-0.6294	0.2644	0.0144
49	15.40	7.60	0.2344	2.0281	-0.2530	0.2758	0.0415	1.8510	0.2369	0.0025	-0.0867			0.8808	-0.6473	0.2586	0.0242
50	5.50	7.10	0.2188	1.9601	-0.3726	0.2342	0.0155	1.7292	0.2146	0.0041	-0.1117			0.8513	-0.7405	0.2295	0.0107
51	8.40	6.60	0.2031	1.8871	-0.5010	0.1920	0.0111	1.6074	0.1929	0.0102	-0.1367			0.8195	-0.8406	0.2004	0.0027
52	5.20	6.60	0.1875	1.8871	-0.5010	0.1920	0.0045	1.6074	0.1929	0.0054	-0.1367			0.8195	-0.8406	0.2004	0.0129
53	14.90	6.20	0.1719	1.8245	-0.6108	0.1585	0.0134	1.5100	0.1762	0.0043	-0.1567			0.7924	-0.9262	0.1773	0.0055
54	7.90	5.80	0.1563	1.7579	-0.7280	0.1261	0.0302	1.4126	0.1596	0.0033	-0.1767			0.7634	-1.0176	0.1547	0.0016
55	25.50	5.50	0.1406	1.7047	-0.8213	0.1029	0.0377	1.3395	0.1471	0.0065	-0.1917			0.7404	-1.0904	0.1380	0.0026
56	8.40	5.40	0.1250	1.6864	-0.8536	0.0956	0.0294	1.3152	0.1429	0.0179	-0.1967			0.7324	-1.1155	0.1325	0.0075
57	4.70	5.20	0.1094	1.6487	-0.9199	0.0813	0.0280	1.2664	0.1346	0.0252	-0.2067			0.7160	-1.1672	0.1218	0.0124
58	14.40	4.70	0.0938	1.5476	-1.0975	0.0499	0.0438	1.1447	0.1138	0.0201	-0.2317			0.6721	-1.3058	0.0959	0.0022
59	12.70	4.10	0.0781	1.4110	-1.3375	0.0222	0.0560	0.9985	0.0907	0.0126	-0.2617			0.6128	-1.4929	0.0677	0.0105
60	**124.50**	3.90	0.0625	1.3610	-1.4254	0.0156	0.0469	0.9498	0.0838	0.0213	-0.2717			0.5911	-1.5614	0.0591	0.0034
61	16.00	3.40	0.0469	1.2238	-1.6665	0.0050	0.0419	0.8281	0.0666	0.0197	-0.2967			0.5315	-1.7494	0.0399	0.0070
62	28.40	3.00	0.0313	1.0986	-1.8865	0.0014	0.0299	0.7306	0.0528	0.0216	-0.3167			0.4771	-1.9209	0.0272	0.0041
63	28.00	1.50	0.0156	0.4055	-3.1045	0.0000	0.0156	0.3653	0.0152	0.0004	-0.3917			0.1761	-2.8706	0.0023	0.0133

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSION:

Ordenando los resultados consignados en cuadro Nro. 10.3.6 Se puede observar según esta prueba que se acepta todas las funciones de distribución para un valor critico d = 0.1741, n = 61 y a = 0.05

Cuadro de Verificación de la función de Distribución de Probabilidad

METODO ESTADISTICO	PRUEBA DE SMIRNOV KOLMOGOROV		AJUSTE
	D	d	
Distr. Normal	0.1274	0.1741	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal	0.0585	0.1741	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal II	0.0585	0.1741	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal III	**0.0573**	**0.1741**	**AJUSTE ADECUADO**
Distr. Gumbel	0.0579	0.1741	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Gumbel	0.1163	0.1741	AJUSTE ADECUADO
Distr. Gamma II	0.0686	0.1741	AJUSTE ADECUADO
Distr. Pearson Tipo III	**0.0541**	**0.1741**	**AJUSTE ADECUADO**
Distr. Log Pearson Tipo III	**0.0585**	**0.1741**	**AJUSTE ADECUADO**

Ordenando los resultados consignados en cuadro Nro. 10.3.7 Se puede observar según esta prueba que se acepta todas las funciones de distribución para un valor critico d = 0.1713, n = 63 y a = 0.05. El método estadístico con el menor valor de D es el de Pearson Tipo III o Gamma III Parámetros por lo que, según esta prueba, este método sería la preferible.

Cuadro de Verificación de la función de Distribución de Probabilidad (con el dato excepcional)

METODO ESTADISTICO	PRUEBA DE SMIRNOV KOLMOGOROV		AJUSTE
	D	d	
Distr. Normal	0.1893	0.1713	AJUSTE INADECUADO
Distr. Log Normal	0.0465	0.1713	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal II	0.0465	0.1713	AJUSTE ADECUADO
Distr. Log Normal III	**0.0946**	**0.1713**	**AJUSTE ADECUADO**
Distr. Gumbel	0.1791	0.1713	AJUSTE INADECUADO
Distr. Log Gumbel	0.1150	0.1713	AJUSTE ADECUADO
Distr. Gamma II	0.1090	0.1713	AJUSTE ADECUADO
Distr. Pearson Tipo III	**-**	**-**	-
Distr. Log Pearson Tipo III	**0.0465**	**0.1713**	**AJUSTE ADECUADO**

El método estadístico con el menor valor de D es el de Log Pearson Tipo III por lo que, según esta prueba, este método sería la preferible.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

SELECCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO APROPIADO

En el siguiente cuadro, se resume los resultados de las pruebas efectuadas anteriormente. Se han calificado las funciones según el orden de preferencias indicado por cada prueba de ajuste, dando 1 a la "mejor" y 9 a la "peor".

Cuadro de Selección de la Función de Distribución

METODO ESTADISTICO	CHI CUADRADO	ERROR CUADRATICO MINIMO	SMIRNOV KOLMOGOROV
Distr. Normal	9	9	8
Distr. Log Normal	3	5	5
Distr. Log Normal II	4	6	6
Distr. Log Normal III	**7**	**3**	**2**
Distr. Gumbel	6	7	4
Distr. Log Gumbel	8	8	8
Distr. Gamma II	5	4	7
Distr. Pearson Tipo III	**1**	**2**	**1**
Distr. Log Pearson Tipo III	**2**	**1**	**3**

Cuadro de Selección de la Función de Distribución (con el dato excepcional)

METODO ESTADISTICO	CHI CUADRADO	ERROR CUADRATICO MINIMO	SMIRNOV KOLMOGOROV
Distr. Normal	5	8	6
Distr. Log Normal	3	5	1
Distr. Log Normal II	4	4	1
Distr. Log Normal III	**-**	**2**	**2**
Distr. Gumbel	6	7	5
Distr. Log Gumbel	1	1	4
Distr. Gamma II	-	6	3
Distr. Pearson Tipo III	**-**	**-**	**-**
Distr. Log Pearson Tipo III	**2**	**3**	**1**

De estos resultados y después de realizar todas las pruebas de análisis estadístico, se concluye que la distribución que mejor se adecua es la **GAMMA III PARÁMETROS** para el registro sin los datos dudosos y con los datos dudosos (1983 y 2013) la distribución que mejor se adecua es la **LOG PEARSON TIPO III**.

En general para **DATOS MÁXIMOS ANUALES EN HIDROLOGIA**, recomienda el uso de distribuciones de **TRES PARÁMETROS** a tener en cuenta la forma (**asimetría**). Por lo tanto, el modelo de distribución que se utiliza es **Gamma III Parámetros** (**Método de Momentos**). (*Morlat, 1956)*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DETERMINACION DE LA TORMENTA DE DISEÑO

Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia.

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación.

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

La relación entre las Intensidades promedio máximas esperadas para cada duración de precipitación, para una frecuencia determinada o periodo de retorno en promedio, sintetiza el comportamiento pluviométrico de una zona.

Se ha utilizado el método de *Dick Peschke "Guevara, 1991"*, que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24horas} * (\frac{d}{1440})^{0.25}$$

Dónde:

P_d: Precipitación (mm).

d: Duración en minutos.

P 24 horas: Precipitación máxima en 24 horas (mm).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro de Lluvias Máximas (Periodo 1954 - 2016)

LLUVIAS MÁXIMAS (mm/min)													
T AÑOS	PEARSON TIPO III	PRECIP. MAX 24 h	DURACIÓN EN MINUTOS										
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	12.81	12.81	3.70	4.40	4.87	5.23	5.53	5.79	6.02	6.22	6.4051	6.58	6.73	6.88
5	20.91	20.91	6.03	7.18	7.94	8.53	9.02	9.45	9.82	10.15	10.45265	10.73	10.99	11.23
10	26.17	26.17	7.55	8.98	9.94	10.68	11.30	11.82	12.29	12.70	13.08425	13.43	13.76	14.06
25	32.95	32.95	9.51	11.31	12.52	13.45	14.22	14.89	15.47	16.00	16.47615	16.92	17.32	17.70
50	37.23	37.23	10.75	12.78	14.15	15.20	16.07	16.82	17.48	18.08	18.6172	19.11	19.58	20.01
100	**41.72**	**41.72**	**12.04**	**14.32**	**15.85**	**17.03**	**18.01**	**18.85**	**19.59**	**20.26**	**20.8604**	**21.42**	**21.93**	**22.42**
200	46.10	46.10	13.31	15.83	17.51	18.82	19.90	20.83	21.65	22.38	23.04935	23.66	24.24	24.77

Cuadro de Intensidades Máximas (Periodo 1954 – 2016)

INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/hora)													
T AÑOS	PRECIP. MAX 24 h	DURACIÓN EN MINUTOS											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	12.81	22.19	13.19	9.73	7.84	6.64	5.79	5.16	4.66	4.27	3.95	3.67	3.44
5	20.91	36.21	21.53	15.88	12.80	10.83	9.45	8.41	7.61	6.97	6.44	5.99	5.62
10	26.17	45.33	26.95	19.88	16.02	13.56	11.82	10.53	9.53	8.72	8.06	7.50	7.03
25	32.95	57.08	33.94	25.04	20.18	17.07	14.89	13.26	12.00	10.98	10.15	9.45	8.85
50	37.23	64.49	38.35	28.29	22.80	19.29	16.82	14.99	13.56	12.41	11.47	10.68	10.00
100	**41.72**	**72.26**	**42.97**	**31.70**	**25.55**	**21.61**	**18.85**	**16.79**	**15.19**	**13.91**	**12.85**	**11.96**	**11.21**
200	46.10	79.85	47.48	35.03	28.23	23.88	20.83	18.55	16.79	15.37	14.20	13.22	12.38

Cuadro de Lluvias Máximas (Periodo 1954 - 2016) (con el dato excepcional)

LLUVIAS MÁXIMAS (mm/min)													
T AÑOS	LOG PEARSON TIPO III	PRECIP. MAX 24 h	DURACIÓN EN MINUTOS										
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	12.17	12.17	3.51	4.18	4.63	4.97	5.26	5.50	5.72	5.91	6.087	6.25	6.40	6.54
5	22.52	22.52	6.50	7.73	8.56	9.19	9.72	10.17	10.57	10.93	11.2595	11.56	11.84	12.10
10	31.09	31.09	8.98	10.67	11.81	12.69	13.42	14.05	14.60	15.09	15.5453	15.96	16.35	16.70
25	43.87	43.87	12.67	15.06	16.67	17.91	18.94	19.82	20.60	21.30	21.93655	22.52	23.07	23.57
50	54.82	54.82	15.82	18.82	20.83	22.38	23.66	24.77	25.74	26.61	27.4091	28.14	28.82	29.45
100	**66.99**	**66.99**	**19.34**	**23.00**	**25.45**	**27.35**	**28.92**	**30.27**	**31.45**	**32.52**	**33.4943**	**34.39**	**35.22**	**35.99**
200	80.49	80.49	23.24	27.63	30.58	32.86	34.75	36.37	37.80	39.08	40.2464	41.32	42.32	43.25

Cuadro de Intensidades Máximas (Periodo 1954 – 2016) (con el dato excepcional)

INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/hora)													
T AÑOS	PRECIP. MAX 24 h	DURACIÓN EN MINUTOS											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	12.17	21.09	12.54	9.25	7.46	6.31	5.50	4.90	4.43	4.06	3.75	3.49	3.27
5	22.52	39.00	23.19	17.11	13.79	11.66	10.17	9.06	8.20	7.51	6.94	6.46	6.05
10	31.09	53.85	32.02	23.62	19.04	16.11	14.05	12.51	11.32	10.36	9.58	8.92	8.35
25	43.87	75.99	45.18	33.34	26.87	22.73	19.82	17.66	15.98	14.62	13.51	12.58	11.79
50	54.82	94.95	56.46	41.65	33.57	28.40	24.77	22.06	19.96	18.27	16.88	15.72	14.73
100	**66.99**	**116.03**	**68.99**	**50.90**	**41.02**	**34.70**	**30.27**	**26.96**	**24.39**	**22.33**	**20.63**	**19.21**	**18.00**
200	80.49	139.42	82.90	61.16	49.29	41.70	36.37	32.40	29.31	26.83	24.79	23.08	21.62

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Elaboración de Intensidad – Duración – Frecuencia

ITEM	I	T	d	Y	X1	X2	$X1^2$	$X2^2$	X1*X2	X1*Y	X2*Y
1	22.19	2	10	1.346	0.301	1.000	0.091	1.000	0.301	0.405	1.346
2	9.73	2	30	0.988	0.301	1.477	0.091	2.182	0.445	0.298	1.460
3	5.79	2	60	0.763	0.301	1.778	0.091	3.162	0.535	0.230	1.356
4	3.44	2	120	0.537	0.301	2.079	0.091	4.323	0.626	0.162	1.116
5	2.54	2	180	0.405	0.301	2.255	0.091	5.086	0.679	0.122	0.913
6	36.21	5	10	1.559	0.699	1.000	0.489	1.000	0.699	1.090	1.559
7	15.88	5	30	1.201	0.699	1.477	0.489	2.182	1.032	0.839	1.774
8	9.45	5	60	0.975	0.699	1.778	0.489	3.162	1.243	0.682	1.734
9	5.62	5	120	0.749	0.699	2.079	0.489	4.323	1.453	0.524	1.558
10	4.14	5	180	0.617	0.699	2.255	0.489	5.086	1.576	0.432	1.392
11	45.33	10	10	1.656	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.656	1.656
12	19.88	10	30	1.298	1.000	1.477	1.000	2.182	1.477	1.298	1.918
13	11.82	10	60	1.073	1.000	1.778	1.000	3.162	1.778	1.073	1.907
14	7.03	10	120	0.847	1.000	2.079	1.000	4.323	2.079	0.847	1.761
15	5.19	10	180	0.715	1.000	2.255	1.000	5.086	2.255	0.715	1.612
16	57.08	25	10	1.756	1.398	1.000	1.954	1.000	1.398	2.455	1.756
17	25.04	25	30	1.399	1.398	1.477	1.954	2.182	2.065	1.955	2.066
18	14.89	25	60	1.173	1.398	1.778	1.954	3.162	2.486	1.640	2.085
19	8.85	25	120	0.947	1.398	2.079	1.954	4.323	2.907	1.324	1.969
20	6.53	25	180	0.815	1.398	2.255	1.954	5.086	3.153	1.139	1.838
21	64.49	50	10	1.810	1.699	1.000	2.886	1.000	1.699	3.074	1.810
22	28.29	50	30	1.452	1.699	1.477	2.886	2.182	2.510	2.466	2.144
23	16.82	50	60	1.226	1.699	1.778	2.886	3.162	3.021	2.083	2.180
24	10.00	50	120	1.000	1.699	2.079	2.886	4.323	3.532	1.699	2.079
25	7.38	50	180	0.868	1.699	2.255	2.886	5.086	3.832	1.475	1.958
26	72.26	100	10	1.859	2.000	1.000	4.000	1.000	2.000	3.718	1.859
27	31.70	100	30	1.501	2.000	1.477	4.000	2.182	2.954	3.002	2.217
28	18.85	100	60	1.275	2.000	1.778	4.000	3.162	3.556	2.551	2.268
29	11.21	100	120	1.050	2.000	2.079	4.000	4.323	4.158	2.099	2.182
30	8.27	100	180	0.917	2.000	2.255	4.000	5.086	4.511	1.835	2.069
31	79.85	200	10	1.902	2.301	1.000	5.295	1.000	2.301	4.377	1.902
32	35.03	200	30	1.544	2.301	1.477	5.295	2.182	3.399	3.554	2.281
33	20.83	200	60	1.319	2.301	1.778	5.295	3.162	4.092	3.034	2.345
34	12.38	200	120	1.093	2.301	2.079	5.295	4.323	4.784	2.515	2.272
35	9.14	200	180	0.961	2.301	2.255	5.295	5.086	5.189	2.211	2.167

El sistema de ecuaciones es el siguiente:

$$\sum \boldsymbol{y} = \boldsymbol{N a_0} + \boldsymbol{a_1} \sum \boldsymbol{x_1} + \boldsymbol{a_2} \sum \boldsymbol{x_2}$$

$$\sum (\boldsymbol{x_1} * \boldsymbol{y}) = \boldsymbol{a_0} \sum \boldsymbol{x_1} + \boldsymbol{a_1} \sum \boldsymbol{x_1}^2 + \boldsymbol{a_2} \sum (\boldsymbol{x_1} * \boldsymbol{x_2})$$

$$\sum (\boldsymbol{x_2} * \boldsymbol{y}) = \boldsymbol{a_0} \sum \boldsymbol{x_2} + \boldsymbol{a_1} \sum (\boldsymbol{x_1} * \boldsymbol{x_2}) + \boldsymbol{a_2} \sum \boldsymbol{x_2}^2$$

Sustituyendo los resultados

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

∑ y	40.596
N	35.000
∑ X1	46.990
∑ X2	60.128
∑ x1*y	58.577
∑ X1	46.990
∑ X1²	78.573
∑ x1*x2	80.726
∑ x2*y	64.511
∑ x2	60.128
∑ x1*x2	80.726
∑ X2²	110.271

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

a0	a1	a2	=
35.000	46.990	60.128	40.596
46.990	78.573	80.726	58.577
60.128	80.726	110.271	64.511

0.568	-0.087	-0.246
-0.087	0.065	0.000
-0.246	0.000	0.143

$$\log(I) = \log(k) + m * \log(T) - n * \log(t)$$

$$y = a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2$$

Los valores de los parámetros de las ecuaciones son las siguientes:

a0	2.095
a1	0.263
a2	-0.750
k	124.487
m	0.263
n	0.750

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La Ecuación de las Curva I-D-F es la siguiente:

D	PERIODO DE RETORNO						
	2	5	10	25	50	100	200
5	74.31	94.57	113.49	144.43	173.32	208.00	249.61
10	44.19	56.23	67.48	85.88	103.06	123.68	148.42
15	32.60	41.49	49.79	63.36	76.04	91.25	109.50
20	26.27	33.44	40.13	51.06	61.28	73.54	88.25
25	22.23	28.28	33.94	43.20	51.84	62.21	74.65
30	19.38	24.67	29.60	37.67	45.21	54.26	65.11
35	17.27	21.98	26.37	33.56	40.28	48.33	58.00
40	15.62	19.88	23.86	30.36	36.44	43.73	52.47
45	14.30	18.20	21.84	27.80	33.36	40.03	48.04
50	13.22	16.82	20.18	25.68	30.82	36.99	44.39
55	12.30	15.66	18.79	23.91	28.70	34.44	41.32
60	11.53	14.67	17.60	22.40	26.88	32.26	38.71
65	10.85	13.81	16.58	21.10	25.32	30.38	36.46
70	10.27	13.07	15.68	19.96	23.95	28.74	34.49
75	9.75	12.41	14.89	18.95	22.74	27.29	32.75
80	9.29	11.82	14.19	18.05	21.67	26.00	31.20
85	8.88	11.30	13.56	17.25	20.70	24.84	29.81
90	8.50	10.82	12.99	16.53	19.83	23.80	28.56
95	8.17	10.39	12.47	15.87	19.05	22.86	27.43
100	7.86	10.00	12.00	15.27	18.33	21.99	26.39
105	7.58	9.64	11.57	14.72	17.67	21.20	25.44
110	7.32	9.31	11.17	14.22	17.06	20.48	24.57
115	7.08	9.00	10.81	13.75	16.50	19.80	23.77
120	6.85	8.72	10.47	13.32	15.98	19.18	23.02
125	6.65	8.46	10.15	12.92	15.50	18.60	22.33
130	6.45	8.21	9.86	12.54	15.05	18.06	21.68
135	6.27	7.98	9.58	12.19	14.63	17.56	21.07
140	6.11	7.77	9.32	11.87	14.24	17.09	20.51
145	5.95	7.57	9.08	11.56	13.87	16.64	19.97
150	5.80	7.38	8.85	11.27	13.52	16.23	19.47
155	5.66	7.20	8.64	10.99	13.19	15.83	19.00
160	5.52	7.03	8.44	10.73	12.88	15.46	18.55
165	5.40	6.87	8.24	10.49	12.59	15.11	18.13
170	5.28	6.72	8.06	10.26	12.31	14.77	17.73
175	5.16	6.57	7.89	10.04	12.05	14.45	17.35
180	5.06	6.43	7.72	9.83	11.79	14.15	16.98

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Gráfico de Curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF)

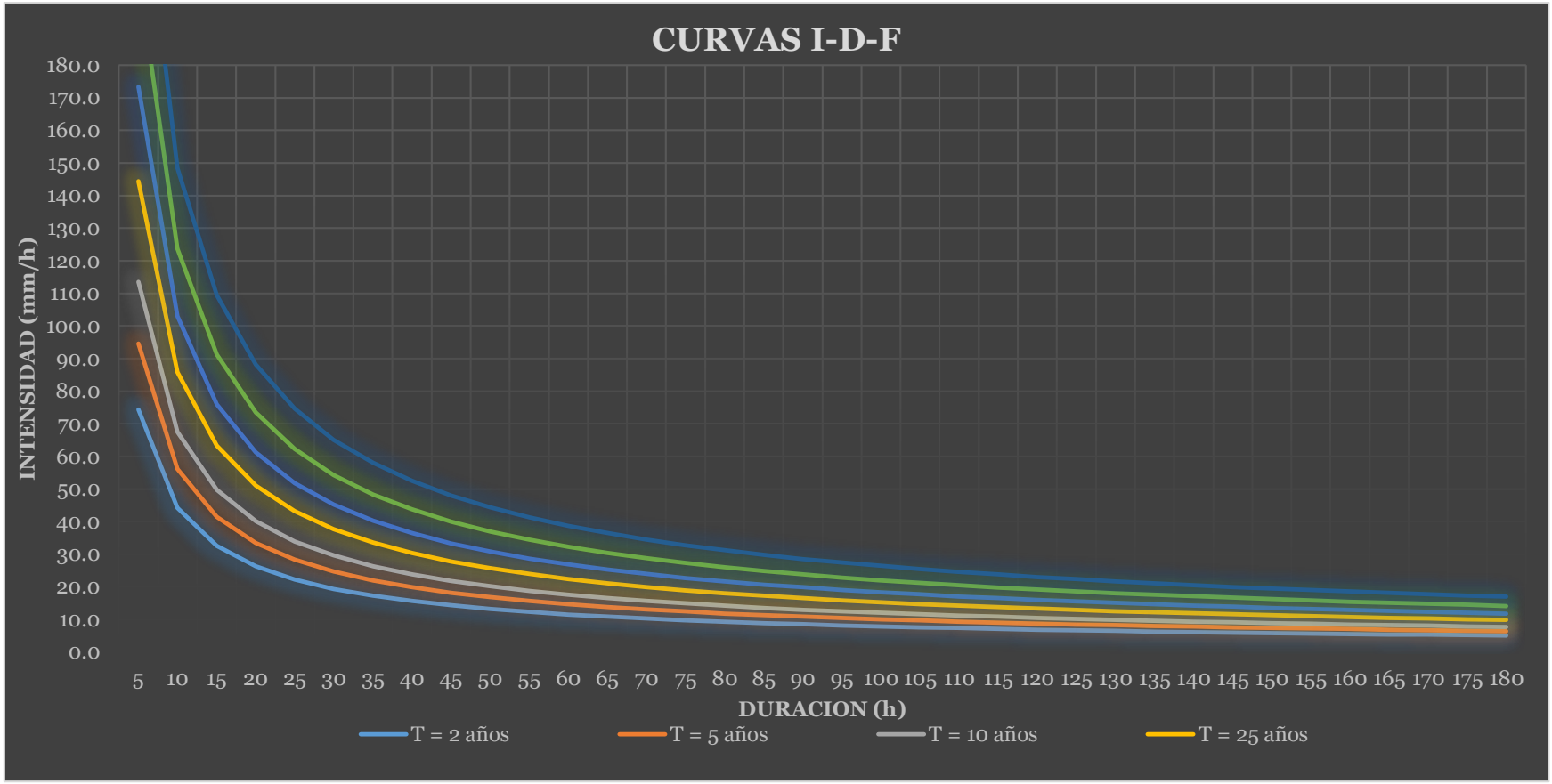
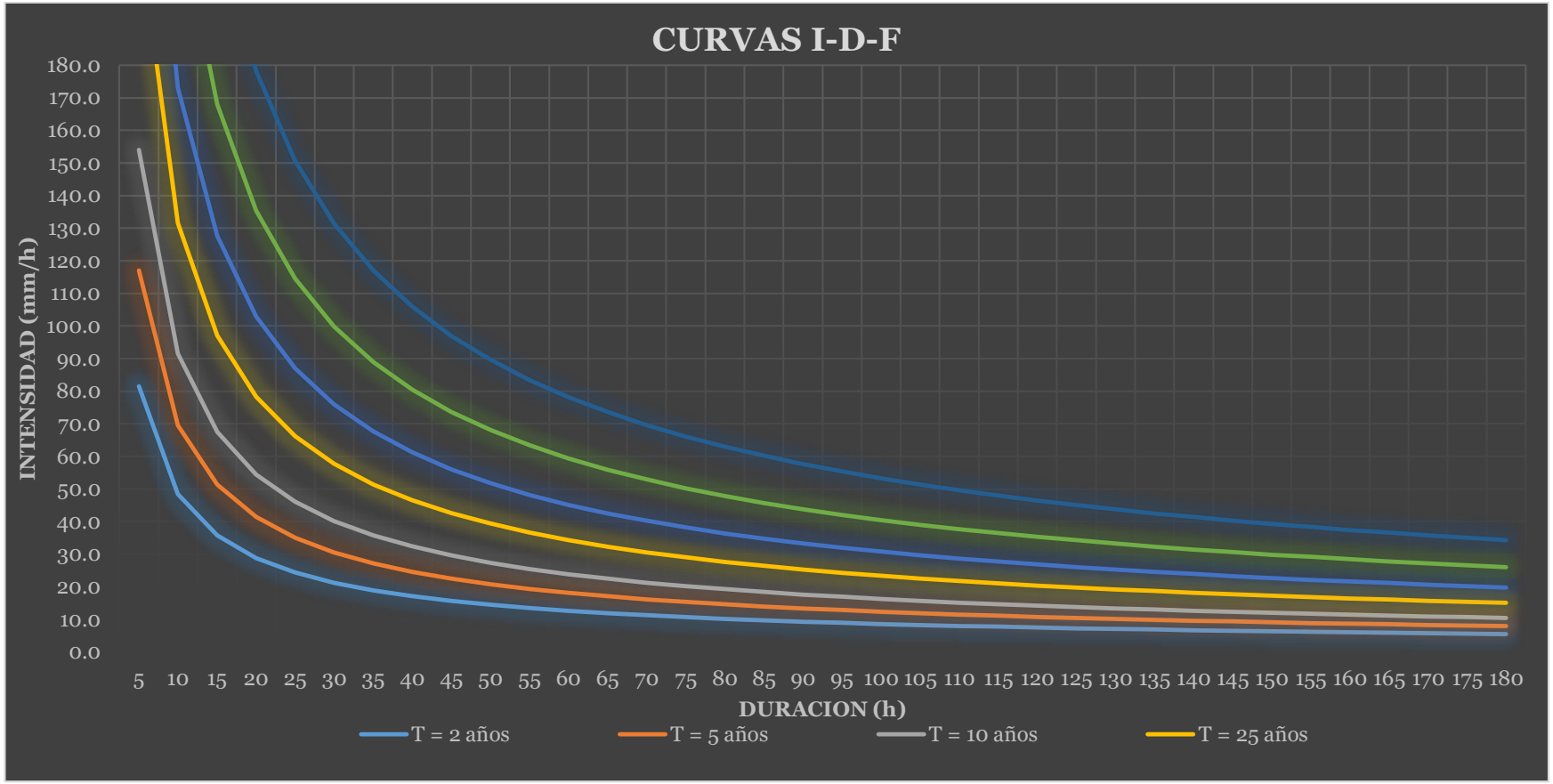


Gráfico de Curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) (con el dato excepcional)



REPOSITORIO DE TESIS UCSM

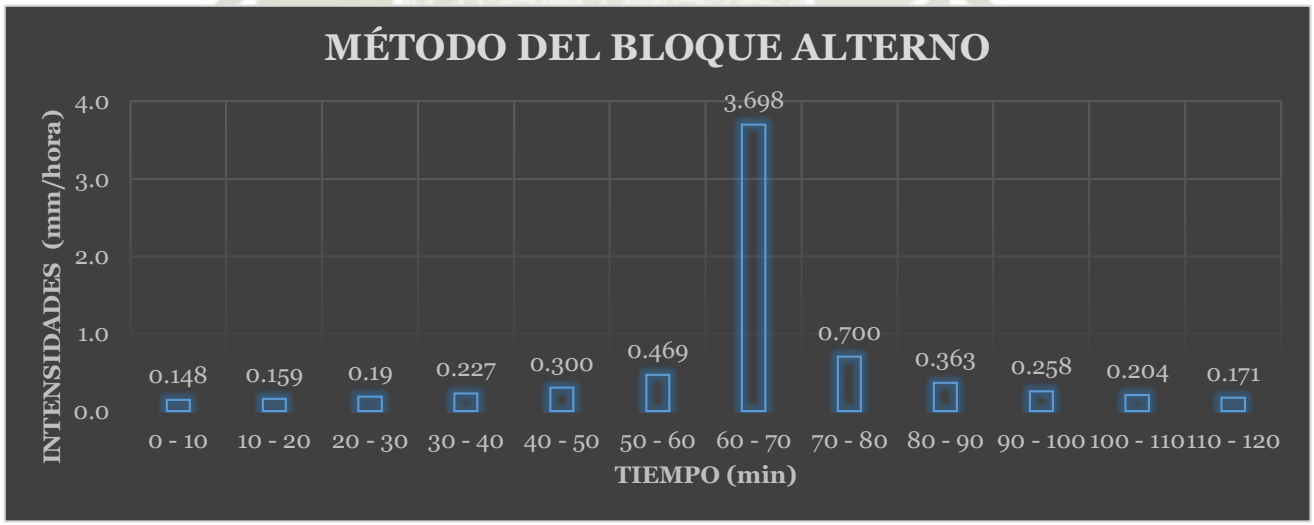
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para ver el comportamiento de la lluvia durante un evento, es decir la distribución temporal de la lluvia, es posible obtenerlo a partir de las curvas **IDF**, dentro de ellas el **MÉTODO DE LOS BLOQUES ALTERNADOS**, es una manera sencilla.

Cuadro de Método del Bloque Alterno T= 2 años

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO (T = 2 AÑOS)						
DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	22.19	3.698	3.698	221.88	0 - 10	**0.148**
20	13.19	4.398	**0.700**	41.98	10 - 20	**0.159**
30	9.73	4.867	0.469	28.15	20 - 30	**0.19**
40	7.84	5.230	**0.363**	21.78	30 - 40	**0.227**
50	6.64	5.530	0.300	18.00	40 - 50	**0.300**
60	5.79	5.788	**0.258**	15.47	50 - 60	**0.469**
70	5.16	6.015	0.227	13.64	60 - 70	**3.698**
80	4.66	6.219	**0.204**	12.25	70 - 80	**0.700**
90	4.27	6.405	0.186	11.15	80 - 90	**0.363**
100	3.95	6.576	**0.171**	10.26	90 - 100	**0.258**
110	3.67	6.735	0.159	9.51	100 - 110	**0.204**
120	3.44	6.883	0.148	8.89	110 - 120	**0.171**

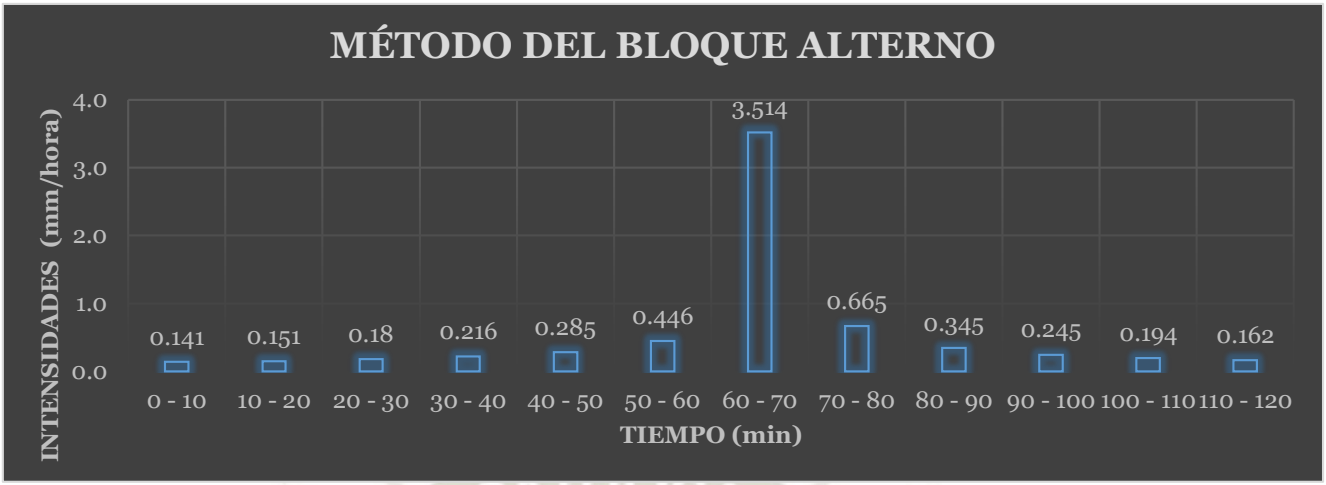
Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 2 años



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 2 años (con el dato excepcional)



Cuadro de Método del Bloque Alterno T= 5 años

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO (T = 5 AÑOS)						
DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	36.21	6.035	6.035	362.09	0 - 10	**0.242**
20	21.53	7.177	**1.142**	68.51	10 - 20	**0.259**
30	15.88	7.942	0.766	45.94	20 - 30	**0.30**
40	12.80	8.535	**0.592**	35.54	30 - 40	**0.371**
50	10.83	9.024	0.490	29.38	40 - 50	**0.490**
60	9.45	9.445	**0.421**	25.25	50 - 60	**0.766**
70	8.41	9.816	0.371	22.27	60 - 70	**6.035**
80	7.61	10.149	**0.333**	19.99	70 - 80	**1.142**
90	6.97	10.453	0.303	18.20	80 - 90	**0.592**
100	6.44	10.732	**0.279**	16.74	90 - 100	**0.421**
110	5.99	10.990	0.259	15.53	100 - 110	**0.333**
120	5.62	11.232	0.242	14.50	110 - 120	**0.279**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Grafico de Hietograma de Precipitación T= 5 años

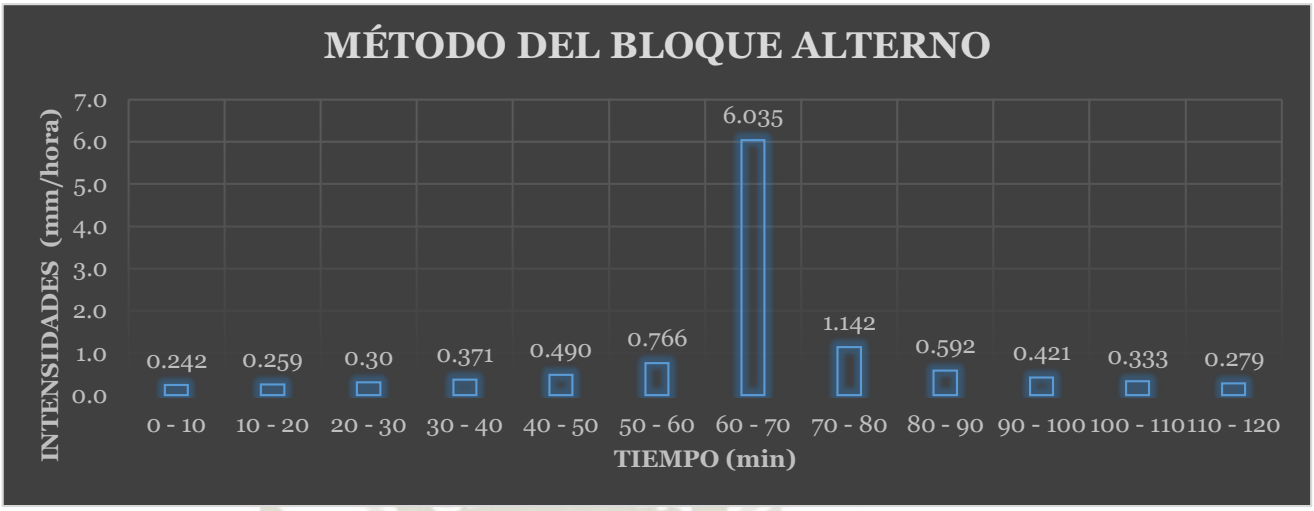
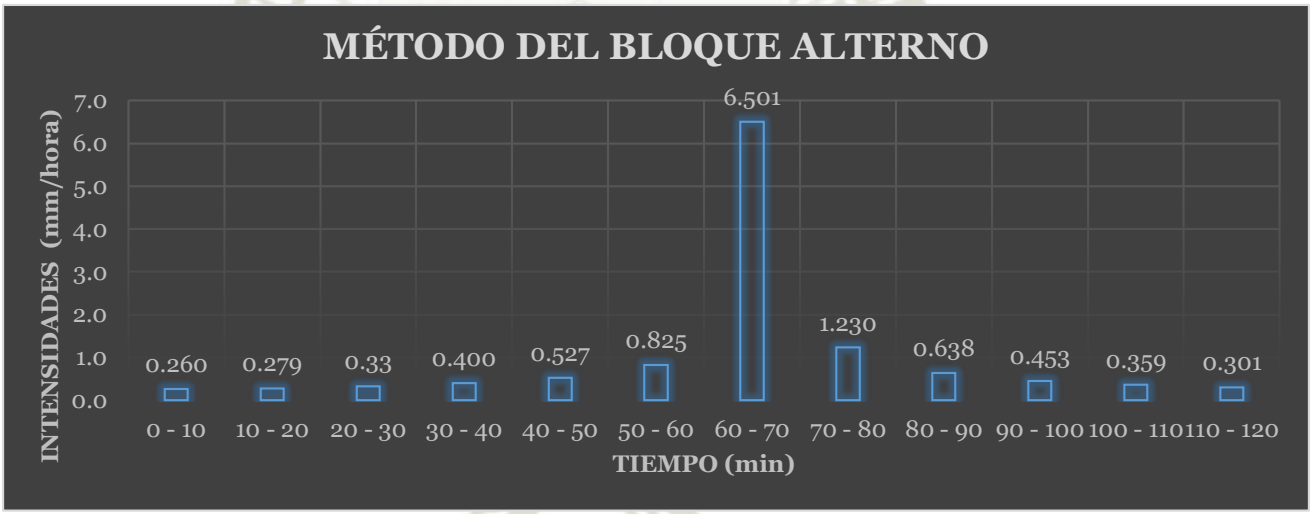


Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 5 años (con el dato excepcional)



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

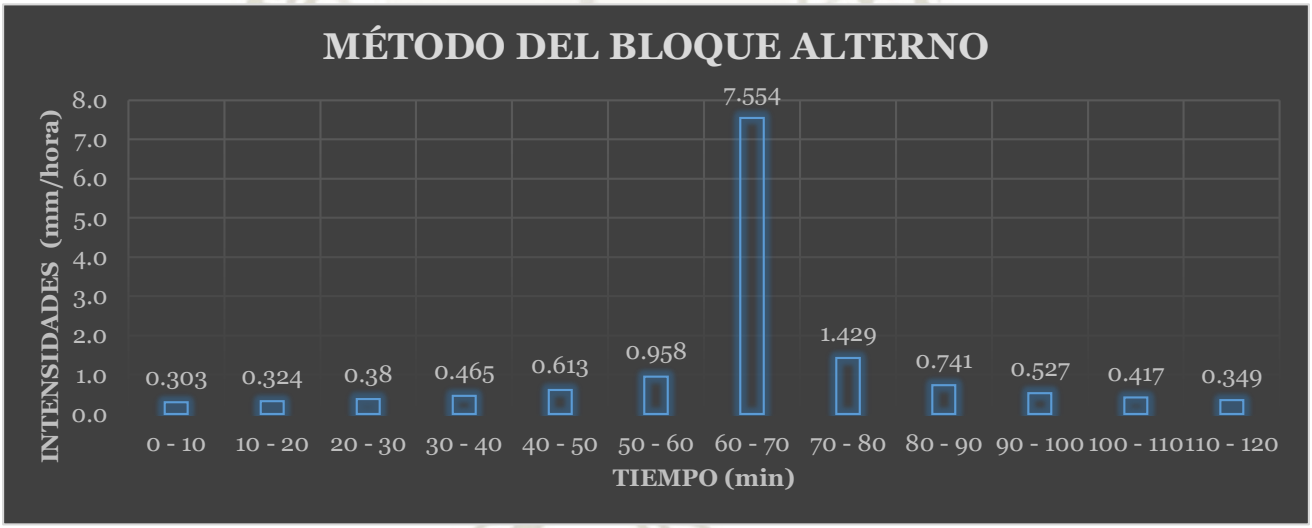
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Método del Bloque Alterno T= 10 años

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO (T = 10 AÑOS)						
DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	45.33	7.554	7.554	453.25	0 - 10	**0.303**
20	26.95	8.984	**1.429**	85.76	10 - 20	**0.324**
30	19.88	9.942	0.958	57.50	20 - 30	**0.38**
40	16.02	10.683	**0.741**	44.48	30 - 40	**0.465**
50	13.56	11.296	0.613	36.77	40 - 50	**0.613**
60	11.82	11.823	**0.527**	31.61	50 - 60	**0.958**
70	10.53	12.287	0.465	27.87	60 - 70	**7.554**
80	9.53	12.705	**0.417**	25.03	70 - 80	**1.429**
90	8.72	13.084	0.380	22.78	80 - 90	**0.741**
100	8.06	13.433	**0.349**	20.95	90 - 100	**0.527**
110	7.50	13.757	0.324	19.44	100 - 110	**0.417**
120	7.03	14.060	0.303	18.15	110 - 120	**0.349**

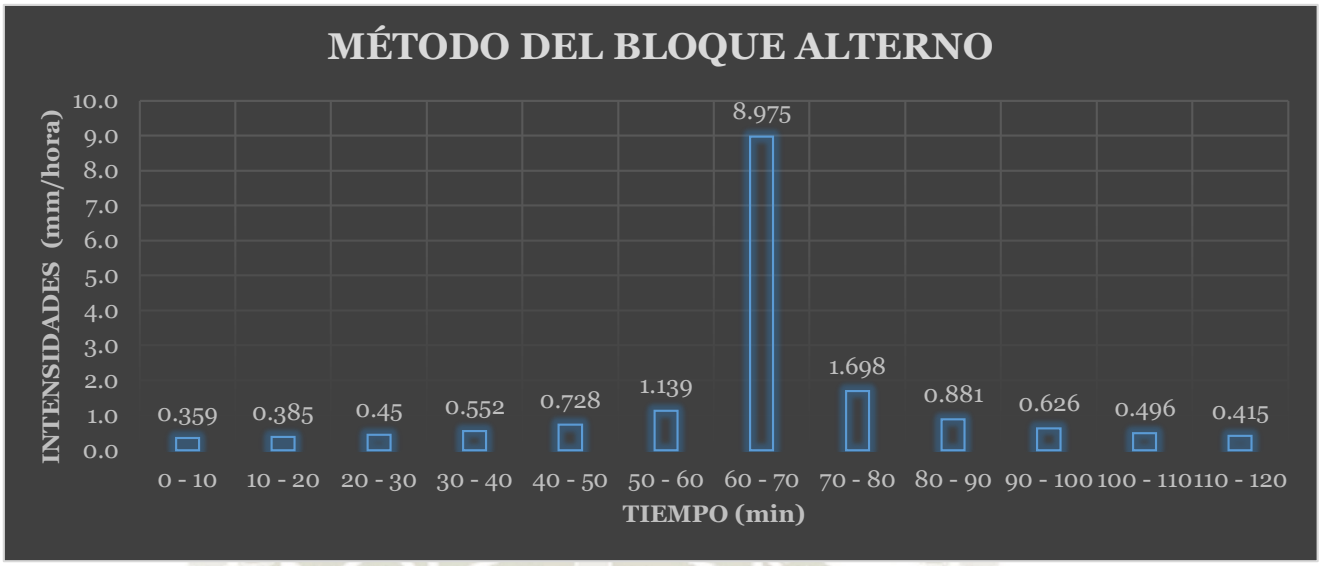
Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 10 años



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 10 años (con el dato excepcional)



Cuadro de Método del Bloque Alterno T= 25 años

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO (T = 25 AÑOS)						
DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	57.08	9.513	9.513	570.75	0 - 10	**0.381**
20	33.94	11.312	**1.800**	107.99	10 - 20	**0.408**
30	25.04	12.519	1.207	72.41	20 - 30	**0.48**
40	20.18	13.453	**0.934**	56.01	30 - 40	**0.585**
50	17.07	14.225	0.772	46.31	40 - 50	**0.772**
60	14.89	14.888	**0.663**	39.80	50 - 60	**1.207**
70	13.26	15.473	0.585	35.10	60 - 70	**9.513**
80	12.00	15.998	**0.525**	31.51	70 - 80	**1.800**
90	10.98	16.476	0.478	28.68	80 - 90	**0.934**
100	10.15	16.916	**0.440**	26.39	90 - 100	**0.663**
110	9.45	17.324	0.408	24.47	100 - 110	**0.525**
120	8.85	17.705	0.381	22.86	110 - 120	**0.440**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 25 años

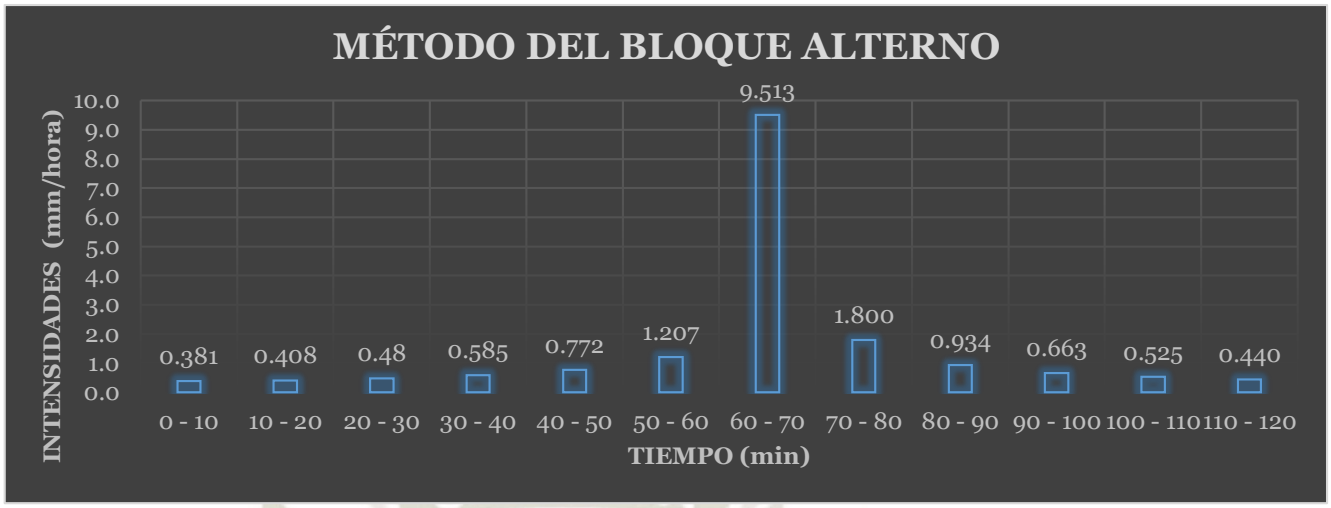
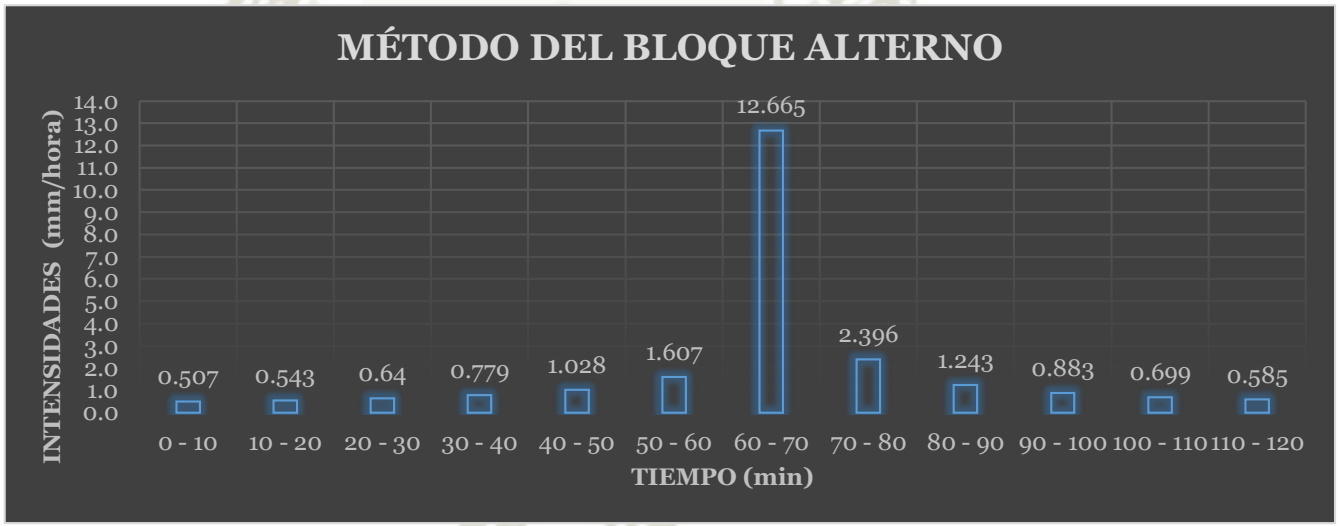


Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 25 años (con el dato excepcional)



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

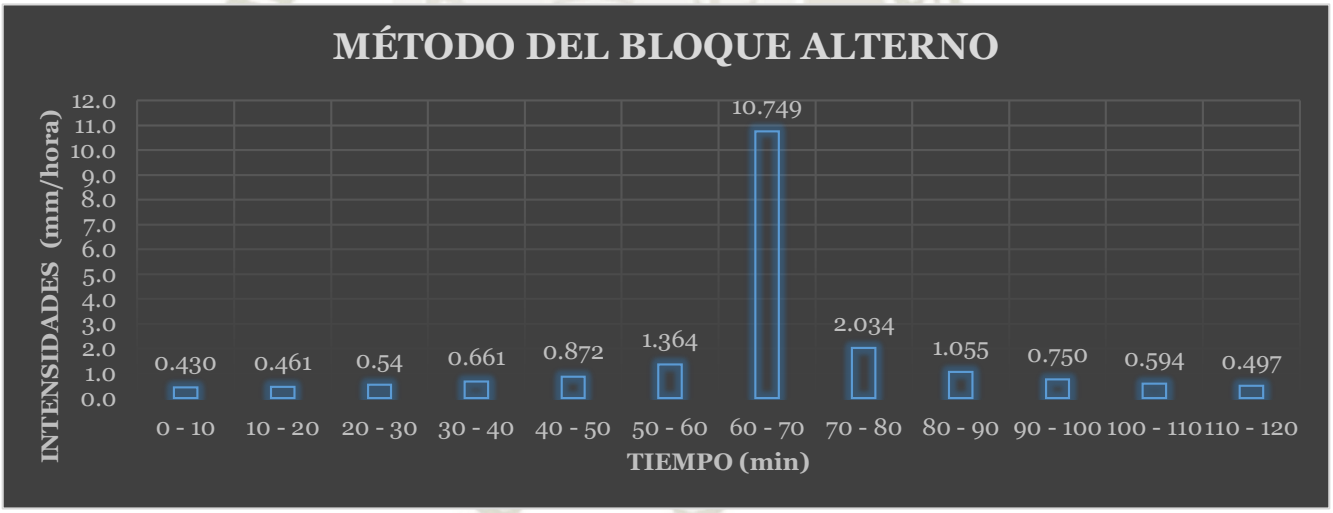
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Método del Bloque Alterno T= 50 años

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO (T = 50 AÑOS)						
DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	64.49	10.749	10.749	644.92	0 - 10	**0.430**
20	38.35	12.782	**2.034**	122.02	10 - 20	**0.461**
30	28.29	14.146	1.364	81.82	20 - 30	**0.54**
40	22.80	15.201	**1.055**	63.29	30 - 40	**0.661**
50	19.29	16.073	0.872	52.33	40 - 50	**0.872**
60	16.82	16.823	**0.750**	44.97	50 - 60	**1.364**
70	14.99	17.483	0.661	39.66	60 - 70	**10.749**
80	13.56	18.077	**0.594**	35.61	70 - 80	**2.034**
90	12.41	18.617	0.540	32.41	80 - 90	**1.055**
100	11.47	19.114	**0.497**	29.81	90 - 100	**0.750**
110	10.68	19.575	0.461	27.65	100 - 110	**0.594**
120	10.00	20.005	0.430	25.83	110 - 120	**0.497**

Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 50 años

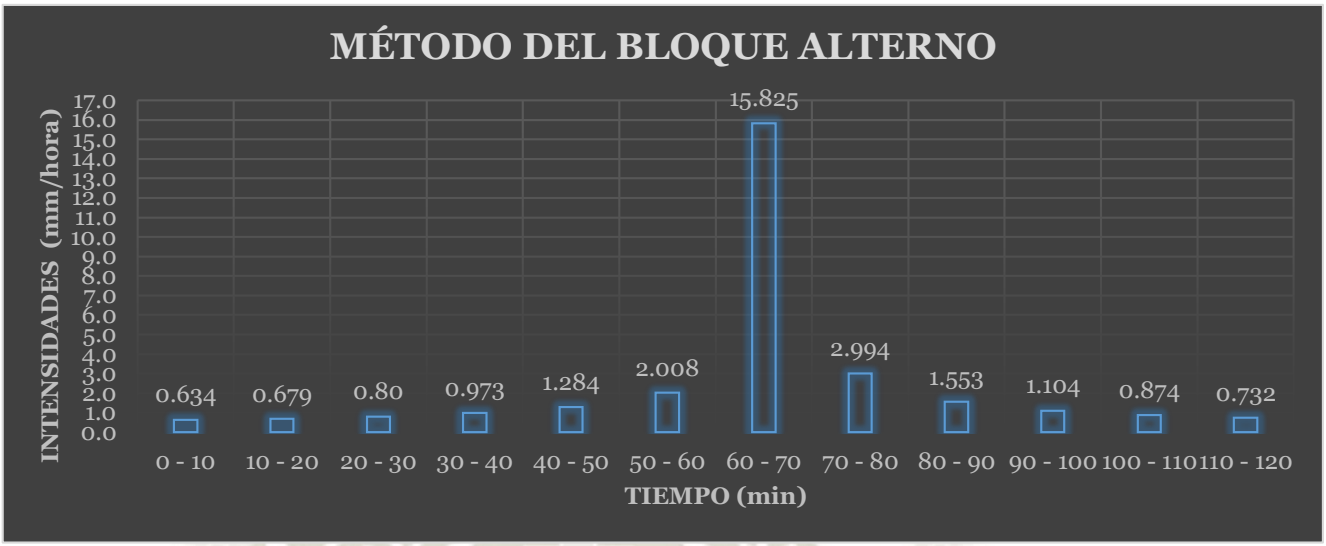


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 50 años (con el dato excepcional)



Cuadro de Método del Bloque Alterno T= 100 años

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO (T = 100 AÑOS)						
DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	72.26	12.044	12.044	722.63	0 - 10	**0.482**
20	42.97	14.323	**2.279**	136.73	10 - 20	**0.516**
30	31.70	15.850	1.528	91.68	20 - 30	**0.61**
40	25.55	17.032	**1.182**	70.92	30 - 40	**0.741**
50	21.61	18.010	0.977	58.63	40 - 50	**0.977**
60	18.85	18.849	**0.840**	50.39	50 - 60	**1.528**
70	16.79	19.590	0.741	44.44	60 - 70	**12.044**
80	15.19	20.255	**0.665**	39.90	70 - 80	**2.279**
90	13.91	20.860	0.605	36.32	80 - 90	**1.182**
100	12.85	21.417	**0.557**	33.41	90 - 100	**0.840**
110	11.96	21.934	0.516	30.99	100 - 110	**0.665**
120	11.21	22.416	0.482	28.94	110 - 120	**0.557**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 100 años

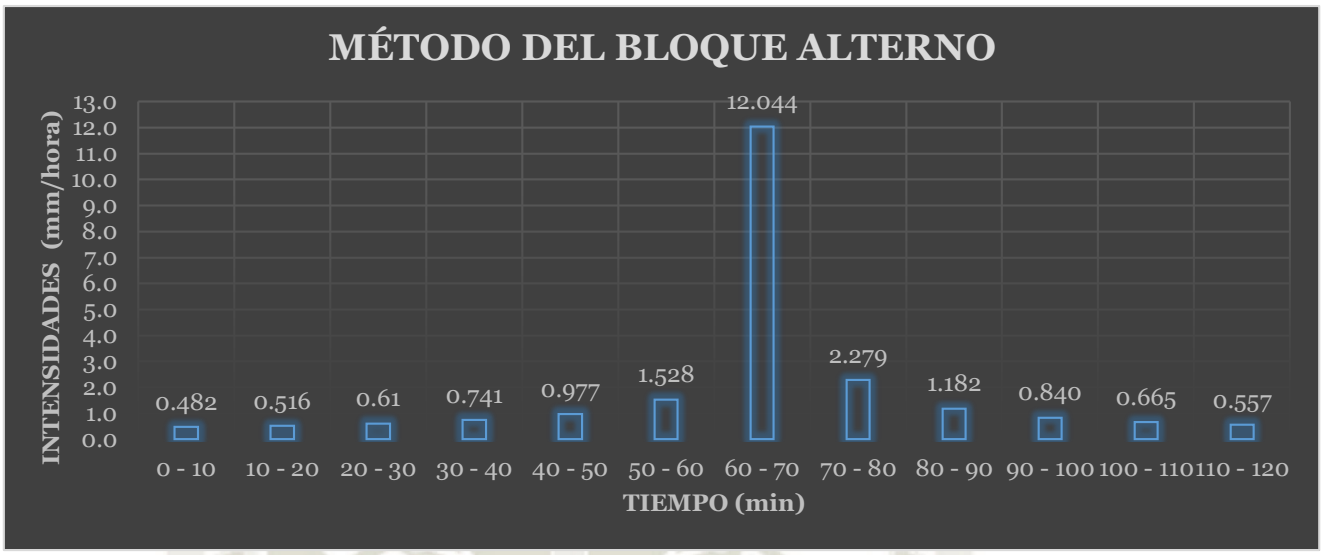
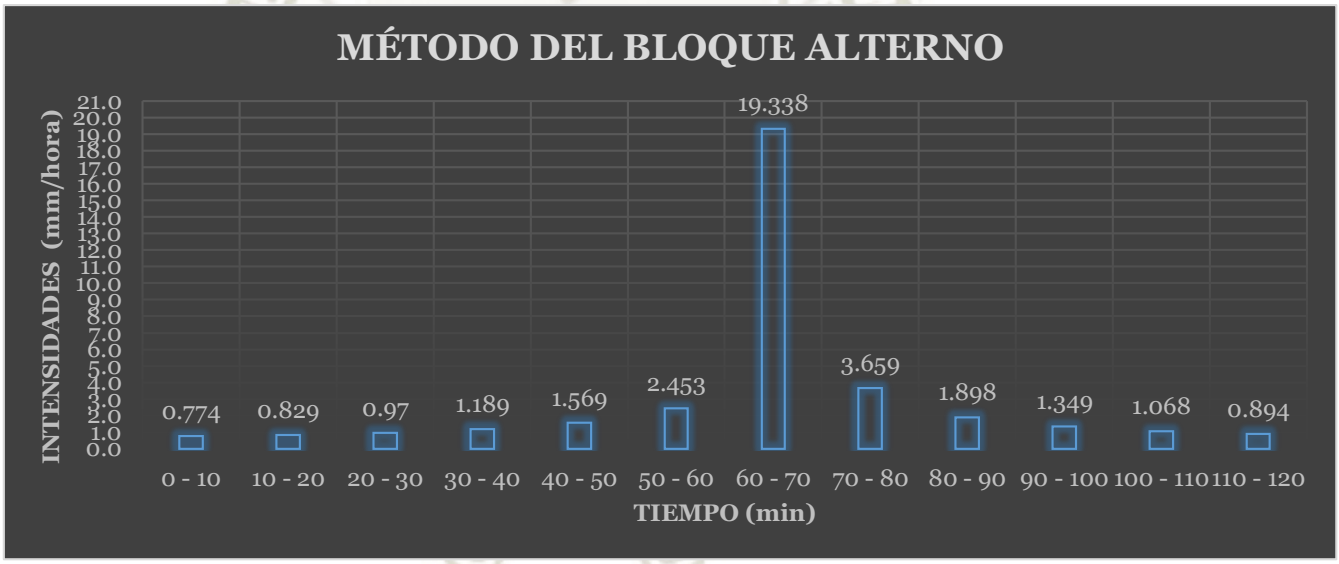


Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 100 años (con el dato excepcional)



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

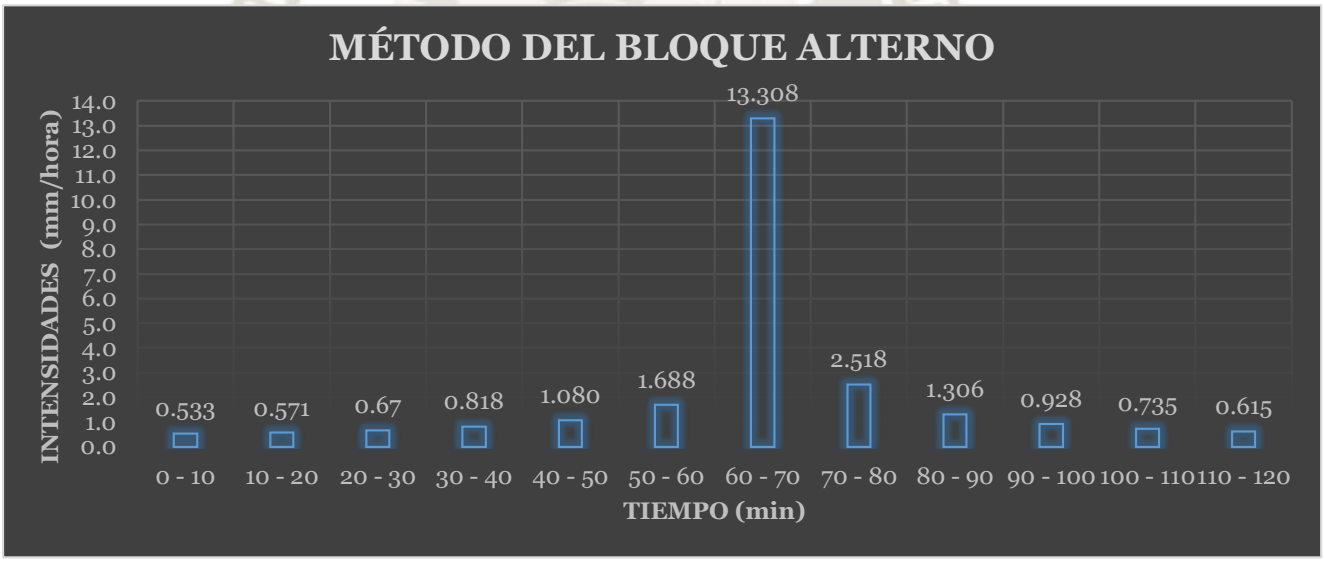
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro de Método del Bloque Alterno T= 200 años

MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO (T = 200 AÑOS)						
DURACIÓN (min)	INTENSIDAD (mm/h)	PROF ACUM (mm)	PROF INCRE (mm)	INT BLOQUE (mm/h)	TIEMPO (min)	ORDENADO
10	79.85	13.308	13.308	798.45	0 - 10	**0.533**
20	47.48	15.825	**2.518**	151.07	10 - 20	**0.571**
30	35.03	17.514	1.688	101.30	20 - 30	**0.67**
40	28.23	18.820	**1.306**	78.36	30 - 40	**0.818**
50	23.88	19.899	1.080	64.78	40 - 50	**1.080**
60	20.83	20.827	**0.928**	55.68	50 - 60	**1.688**
70	18.55	21.646	0.818	49.10	60 - 70	**13.308**
80	16.79	22.381	**0.735**	44.09	70 - 80	**2.518**
90	15.37	23.049	0.669	40.13	80 - 90	**1.306**
100	14.20	23.665	**0.615**	36.91	90 - 100	**0.928**
110	13.22	24.235	0.571	34.24	100 - 110	**0.735**
120	12.38	24.768	0.533	31.98	110 - 120	**0.615**

Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 200 años

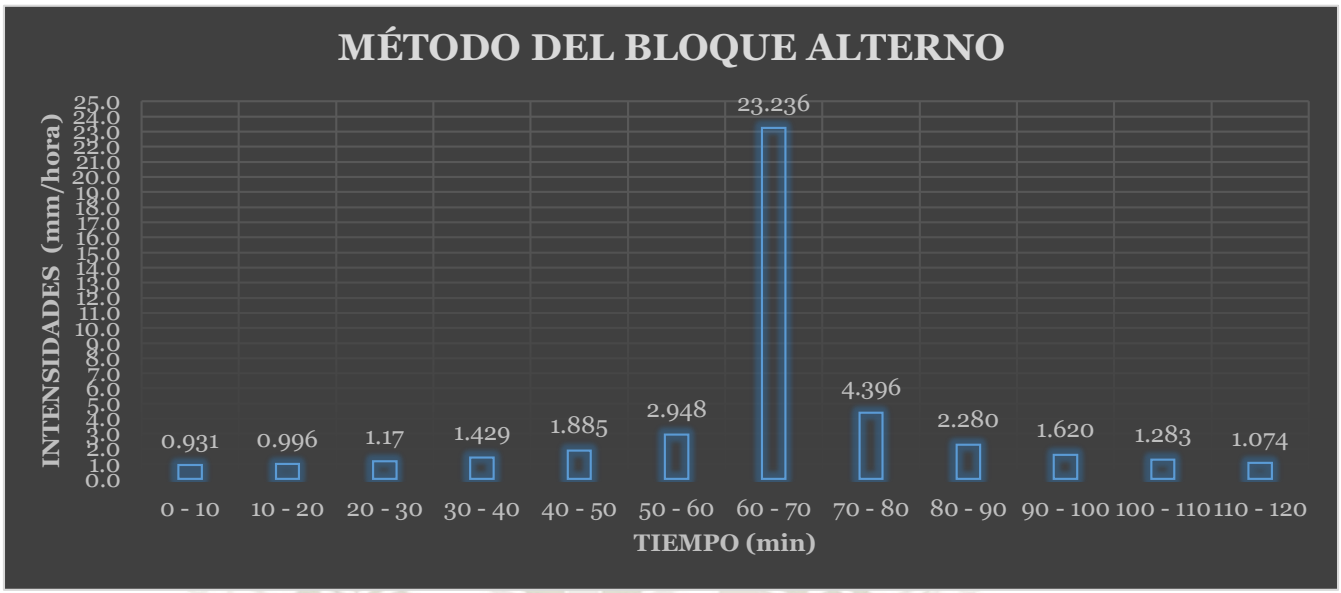


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico de Hietograma de Precipitación T= 200 años (con el dato excepcional)



CONCLUSIONES

Sin el dato excepcional (1983 y 2013)

1. De acuerdo con el análisis de datos dudosos (**Outliers**) para la muestra de precipitaciones máximas de 24 horas en la Estación La Pampilla, dio como resultado que el año 1983 y 2013 obedece a un evento de dato dudoso bajo y alto respectivamente. De las cuales se elimina de la muestra de acuerdo con el **Water Resources Council** (**1981**). Luego se repite el análisis de frecuencia utilizando el mismo procedimiento ahora con 61 valores en donde puede verse que la omisión de los datos dudosos (**1.5 mm y 124.5 mm**) ha alterado significativamente el valor del coeficiente de asimetría de **0.0106 a -0.2032**.

2. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Normal** dio como resultado **34.9168 mm**. y **34.9176 mm**. respectivamente para un **periodo de retorno de 100 años**, Luego haciendo la comparación a través de la media y la desviación estándar de la muestra utilizando un factor de frecuencia de una variable intermedia **w** y utilizando **la aproximación de Abramowitz y Stegun** para hallar el valor **z** a través de una **probabilidad de 0.99** el error efectivamente de la fórmula es menor a **0.00045** (**0.00003**).

3. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Log Normal y Log Normal II Parámetros** dio como resultado **51.6697 mm** y **51.6697 mm** respectivamente para un **periodo de retorno de 100 años**, evidenciándose los mismo resultados ya que ambas funciones de Distribución de Probabilidad utilizan los **logaritmos naturales** para las variables de la media y desviación estándar, ya sea utilizando **la aproximación**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de Abramowitz y Stegun o el factor de frecuencia según la **tabla de probabilidad acumulada** de la **distribución normal estándar**.

4. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidad Gumbel o Valor Extremo** dio como resultado **44.6911 mm** y **42.0119 mm** con tabla y un factor de frecuencia respectivamente para un **periodo de retorno de 100 años**. Luego haciendo la comparación se evidencia que al aplicar los **logaritmos naturales** para desarrollar la función distribución de probabilidad se obtiene **3.1367** y al utilizar la tabla se obtiene **4.6001**, el cual hace que sea mayor el cálculo por tabla que por el análisis de frecuencia **deducida por Chow** (**1953**). No obstante, el mejor resultado para el cálculo de esta distribución de probabilidad para una muestra sigue siendo por el **análisis de frecuencia**.

5. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidad Log Gumbel o Frechet** dio como resultado **85.5344 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**. Esto se debe a que, al aplicar los **logaritmos naturales** para las variables de la media deviación estándar, al realizar el cálculo para el factor de frecuencia hace que se maximice a **4.6001**, lo cual al aplicar el exponente respectivo dio un resultado exagerado el cual se evidencia en la comparación de la **curva de probabilidad Teórica y Empírica**.

6. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidad Gamma II Parámetros** dio como resultado **41.6097 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**. Es evidente que el cálculo se hizo por medio de la **tabla de Función de Distribución Acumulada x^2**, **gamma y Poison** en función de los **grados de libertad**, utilizando las relaciones **aproximadas de Greenwood y Durand** (**1960**) tal que comparándolas con el software HidroEsta y hyfran nos dan valores aproximados a esta.

7. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidad Pearson Tipo III o Gamma III Parámetros** dio como resultado **45.1211 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, utilizando el **coeficiente de sesgo** para el análisis respectivo. no obstante, al compararla utilizando no el coeficiente de sesgo si no el **coeficiente de asimetría** dio como resultado **41.7208 mm**. El cual nos permite establecer una variación o diferencia. Por consiguiente, se modelo con el Software HidroEsta y Hyfran que dio como resultado **41.83 mm** y **41.857 mm** respectivamente, evidenciándose así que el más aproximado método para la realización de la función de **Distribución Gamma III Parámetros** es utilizando el **coeficiente de asimetría**.

8. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidad Log Pearson Tipo III** dio como resultado **47.0299 mm** y **47.0698 mm** con tabla y un factor de frecuencia respectivamente para un **periodo de retorno de 100 años**. Esto se debe que el cálculo de los

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

logaritmos en base 10 para las variables de la media y desviación hacen que el **coeficiente de asimetría sea diferente a cero** (**Cs= -0.203**) en consecuencia el factor de frecuencia se puede aproximar al cálculo **propuesto por Kite** (**1977**), por ende, se utilizó la probabilidad en función del periodo de retorno para el cálculo de una variable intermedia **w** para el cálculo **z** por medio de la **aproximación Abramowitz y Stegun**. A su vez el cálculo por medio de los valores de asimetría positiva y negativa (**Tabla de valores Kt para la distribución Log Pearson Tipo III**) dan como resultado una diferencia mínima en comparación de las **aproximaciones por Kite** y **Abramowitz y Stegun**. El método es utilizado por **Water Resources Council**.

9. Al realizar la prueba de **Chi Cuadrado** x^2 se puede observar que la función de **Distribución de probabilidad Normal y Log Normal III Parámetros** (**Xc^2**) es mayor que el valor tabular (**Xt^2**) por consiguiente la **hipótesis nula** se rechaza, siendo necesario probar con otra distribución teórica. Esto se debe a que en el análisis de frecuencia la distribución de probabilidad tanto en el límite superior e inferior para un intervalo dado de la muestra el valor de **z** es maximizado a **4.227** y **3.478** respectivamente, dando lugar a una probabilidad acumulada de la distribución normal estándar de **1**, haciendo la diferencia de los limites un valor muy pequeño (**0.022**) y hace que la prueba de un valor de **43.787** (**muy alto para este tipo de prueba**).

10. Al realizar la prueba del **Error Cuadrático Mínimo** se puede observar que la función de **Distribución de probabilidad con el error cuadrático más pequeño es la Log Pearson Tipo III** de **8.9707** (**la más adecuada para la muestra**), caso contrario es la **Distribución Log Gumbel** de **31.38811**, no es de sorprender porque el dato estimado x_e es mayor que el dato calculado x_o con la función de distribución bajo análisis.

11. Para la formulación del presente estudio, se ha elegido los resultados del Modelo Probabilístico, **La Distribución Pearson Tipo III**, dado que según la prueba de bondad y ajuste **Smirnov – Kolmogorov** dicha distribución de probabilidades se ajusta satisfactoriamente a los datos de la muestra **1954 – 2016**. Es importante señalar que el mejor ajuste también se determina gráficamente comparando **la curva de probabilidad teórica y empírica**. Además, todos los **deltas teóricos son menores al delta tabular** (**0.1741**). No obstante, el menor delta teórico sigue siendo la función de **Distribución de probabilidad Pearson Tipo III** (**0.0541**).

12. Para la elaboración de las curvas IDF (**Intensidad-Duración-Frecuencia**) mediante la función de distribución de mejor ajuste (**Pearson Tipo III**), el método más sencillo es a través de Dick Peschke que relaciona la duración de la tormenta con la Precipitación Máxima de 24 horas, en consecuencia, elaborar Intensidades máximas (**cada 10 minutos**) conlleva obtener los Hietogramas de Diseño, el Método adecuado es del Bloque Alterno o Bloques Alternados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

13. Los Hietogramas obtenidos por el método del **Bloque Alterno** muestran características similares para un evento "**T**" años (**2, 5 y 10**) para una duración de 2 horas con y sin los datos dudosos, mientras que para 25, 50, 100 y 200 años se va alejando significativamente la precipitación centrado en el bloque máximo. Por consiguiente, queda evidenciada que al introducir al **Software HEC HMS** para periodos de retorno menores o iguales a 10 la diferencia al cálculo del caudal no es significante, caso contrario para periodos de retorno mayores a 10.

Con el dato excepcional (1983 y 2013)

1. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Normal** dio como resultado **54.2809 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, lo que evidencia una gran diferencia en el valor predecido de precipitación máxima de 24 horas sin los datos dudosos, debido al año 2013 (**dato dudoso excepcional de 124.5 mm**) que hace que aumente la tendencia y dispersión de la información (**la media y desviación estándar**).

2. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Log Normal y Log Normal II Parámetros** dio como resultado **66.6085 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, lo que evidencia una gran diferencia en el valor predecido de precipitación máxima de 24 horas sin los datos dudosos, debido a la dispersión de los logaritmos naturales de la información.

3. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Log Normal III Parámetros** dio como resultado **117.9419 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, algo irreal, por consiguiente, no se ajustan a los datos de la muestra (**1954 – 2016**).

4. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Gumbel o Valor Extremo** dio como resultado **67.5795 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, lo que evidencia una gran diferencia en el valor predecido de precipitación máxima de 24 horas sin los datos dudosos, debido al año 2013 (**dato dudoso excepcional de 124.5 mm**) que hace que aumente la tendencia y dispersión de la información (**la media y desviación estándar**).

5. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Log Gumbel o Frechet** dio como resultado **120.299 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, lo que evidencia una gran diferencia en el valor predecido de precipitación máxima de 24 horas sin los datos dudosos, debido a la dispersión de los logaritmos naturales de la información para los parámetros α y μ.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Gamma II Parámetros** dio como resultado **54.5149 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, lo que evidencia una gran diferencia en el valor predecido de precipitación máxima de 24 horas sin los datos dudosos, debido al año 2013 (**dato dudoso excepcional de 124.5 mm**) que hace al parámetro $\boldsymbol{\gamma}$ reduzca e inversamente al parámetro **β**, como también reducir el grado de libertad, por ende los valores x^2 (Chi - Cuadrado).

7. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Pearson Tipo III** dio como resultado **345.6089 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, algo irreal, por consiguiente, no se ajustan a los datos de la muestra (**1954 – 2016**). Porque la medida de dispersión (**Coeficiente de asimetría**) aumento de 1.152 a 4.873, lo que hace un grado de libertad de 0.3 (**valor muy pequeño para realizar el cálculo**).

8. El cálculo de la precipitación máxima diaria por medio de la función de **Distribución de Probabilidades Log Pearson Tipo III** dio como resultado **66.9886 mm** para un **periodo de retorno de 100 años**, lo que evidencia una gran diferencia en el valor predecido de precipitación máxima de 24 horas sin los datos dudosos, debido al año 2013 (**dato dudoso excepcional de 124.5 mm**) que hace que la medida de dispersión (coeficiente de asimetría) pase a ser positiva (**-0.203 a 0.011, la información esta desviada hacia la derecha**) en otras palabras el cálculo **propuesto por Kite** (**1977**) aumente, por ende la precipitación predecida.

9. Al realizar la prueba de **Chi Cuadrado** $\boldsymbol{x^2}$ se puede observar que todas las función de **Distribución de probabilidad excepto la Log Gumbel,** donde el valor (**Xc^2**) es mayor que el valor tabular (**Xt^2**) por consiguiente la **hipótesis nula** se rechaza. Esto se debe a que efectivamente son derivadas de la distribución normal, por lo cual los datos tienen que estar distribuidos normalmente, algo inusual para precipitaciones extremas.

10. Al realizar la prueba del **Error Cuadrático Mínimo** se puede observar que la función de **Distribución de probabilidad con el error cuadrático más pequeño es la Log Gumbel** de **43.2465** (**Distribución no adecuada para la muestra**), caso contrario es la **Distribución Normal** de **92.8816**, no es de sorprender porque el dato estimado $\boldsymbol{x_e}$ es mayor que el dato calculado $\boldsymbol{x_o}$ con la función de distribución bajo análisis. No obstante, **la Distribución Pearson Tipo III** presenta un grado de libertad muy pequeño que hace que no se pueda obtener el cálculo respectivo por medio de la **tabla de Función de Distribución Acumulada** $\boldsymbol{x^2}$, **gamma y Poison** (**Distribución no adecuada para la muestra**).

11. Para la formulación del presente estudio (**con los datos Dudosos**), se ha elegido los resultados del Modelo Probabilístico, **La Distribución Log Pearson Tipo III**, dado que según la prueba de bondad y ajuste **Smirnov – Kolmogorov** dicha distribución de probabilidades se ajusta satisfactoriamente a los datos de la muestra **1954 – 2016**. Es importante señalar que el mejor ajuste también se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

determina gráficamente comparando **la curva de probabilidad teórica y empírica**. Además, todos los **deltas teóricos son menores al delta tabular** (**0.1713**). No obstante, el menor delta teórico sigue siendo la función de **Distribución de probabilidad Log Pearson Tipo III y Log Normal II Parámetros** (**0.0465**), en la cual se eligió la primera por recomendación de **Morlat** para datos máximos en hidrología a tener en cuenta los III Parámetros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Cuadro Prueba Chi Cuadrado Xc^2 – isoyetas (5)

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
NORMAL	1	0.324	0.076	4.962	1.859
	2	0.699	0.324	7.491	0.035
	3	0.933	0.699	4.676	0.601
	4	0.993	0.933	1.207	1.207
	5	1.000	0.993	0.128	5.943
				18.465	9.64

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL III	1	0.361	0.040	6.439	0.379
	2	0.739	0.361	7.547	0.027
	3	0.921	0.739	3.638	0.112
	4	0.979	0.921	1.175	1.175
	5	0.995	0.979	0.306	1.575
				19.105	3.27

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
GUMBEL	1	0.383	0.067	6.322	0.446
	2	0.711	0.383	6.573	0.310
	3	0.886	0.711	3.498	0.071
	4	0.958	0.886	1.437	1.437
	5	0.985	0.958	0.537	0.399
				18.366	2.66

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
GAMMA II	1	0.350	0.039	6.224	0.507
	2	0.737	0.350	7.740	0.009
	3	0.925	0.737	3.764	0.155
	4	0.985	0.925	1.196	1.196
	5	0.998	0.985	0.258	2.134
				19.182	4.00

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG PEARSON TIPO III	1	0.370	0.029	6.827	0.202
	2	0.744	0.370	7.473	0.037
	3	0.916	0.744	3.436	0.055
	4	0.974	0.916	1.174	1.174
	5	0.992	0.974	0.353	1.184
				19.263	2.65

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL	1	0.370	0.029	6.827	0.202
	2	0.744	0.370	7.473	0.037
	3	0.916	0.744	3.436	0.055
	4	0.974	0.916	1.174	1.174
	5	0.992	0.974	0.353	1.184
				19.263	2.65

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL II	1	0.370	0.029	6.827	0.202
	2	0.744	0.370	7.473	0.037
	3	0.916	0.744	3.436	0.055
	4	0.974	0.916	1.174	1.174
	5	0.992	0.974	0.353	1.184
				19.263	2.65

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG GUMBEL	1	0.424	0.002	8.444	0.023
	2	0.785	0.424	7.218	0.085
	3	0.908	0.785	2.474	0.112
	4	0.955	0.908	0.927	0.927
	5	0.975	0.955	0.404	0.878
				19.467	2.03

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
PEARSON TIPO III	1	0.378	0.037	6.830	0.200
	2	0.740	0.378	7.240	0.080
	3	0.916	0.740	3.512	0.075
	4	0.995	0.916	1.574	1.574
	5	0.995	0.979	0.318	1.463
				19.474	3.39

Cuadro Método de Error Cuadrático Mínimo – isoyetas (5)

PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO						DISTRIBUCION NORMAL						DISTRIBUCION LOG NORMAL						DISTRIBUCION LOG NORMAL II PARAMETROS						DISTRIBUCION LOG NORMAL III PARAMETROS						DISTRIBUCION GUMBEL						DISTRIBUCION LOG GUMBEL						DISTRIBUCION GAMMA II PARAMETROS						DISTRIBUCION PEARSON TIPO III O GAMMA III PARAMETROS						DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III					
ITEM	AÑO	P (mm)	m	Probabilidad P = m/(n+1)	T AÑOS	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	W	Z	x_t	$(x_t-x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN X	W	Z	y	x_t	$(x_t-x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	W	Z	y	x_t	$(x_t-x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	W	Z	y	x_t	$(x_t-x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	Z	x_t	$(x_t-x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	Z	y	x_t	$(x_t-x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	X^2	x_t	$(x_t-x_0)^2$	x_0	Probabilidad P = 1-1/T	LN	W	Z	KT	Y	x_t	$(x_t-x_0)^2$
1	1995	49.40	1	0.0476	21.0000	49.40	0.9524	2.4676	1.6688	40.1907	84.8112	49.40	0.9524	3.9000	2.4676	1.6688	3.7604	42.9659	41.3978	49.40	0.9524	3.9000	2.4676	1.6688	3.7604	42.9659	41.3978	49.40	0.9524	2.4676	1.6688	3.8826	42.0974	53.2395	49.4	0.9524	1.9048	42.3686	49.4408	49.4	0.9524	3.9000	3.0202	3.8472	46.8621	6.4412	49.4	0.9524	3.9000	0.0476	26.5124	41.0496	69.7284	49.4	0.9524	17.5395	8.76975	42.2883	50.5760	49.4	0.9524	1.6937	2.4676	1.6688	1.6626	1.6321	42.8691	42.6523
2	1996	18.20	2	0.0952	10.5000	37.80	0.9048	2.1686	1.3094	36.8750	0.8556	37.80	0.9048	3.6323	2.1686	1.3094	3.6283	37.6480	0.0231	37.80	0.9048	3.6323	2.1686	1.3094	3.6283	37.6480	0.0231	37.80	0.9048	2.1686	1.3094	3.7787	37.3062	0.2438	37.8	0.9048	1.3446	37.2003	0.3396	37.8	0.9048	3.6323	2.3018	3.6413	38.1398	0.1154	37.8	0.9048	3.6323	0.0952	23.7649	36.7956	1.0067	37.8	0.9048	15.2919	7.64595	37.4914	0.0953	37.8	0.9048	1.5775	2.1686	1.3094	1.3089	1.5753	37.6138	0.0347
3	1997	37.80	3	0.1429	7.0000	34.50	0.8571	1.9728	1.0676	34.6445	0.0209	34.50	0.8571	3.5410	1.9728	1.0676	3.5394	34.4460	0.0029	34.50	0.8571	3.5410	1.9728	1.0676	3.5394	34.4460	0.0029	34.50	0.8571	1.9728	1.0676	3.7088	34.3521	0.0219	34.5	0.8571	1.0079	34.0933	0.1654	34.5	0.8571	3.5410	1.8698	3.5174	33.6903	0.6428	34.5	0.8571	3.5410	0.1429	22.0098	34.0782	0.1779	34.5	0.8571	14.014	7.007	34.7640	0.0897	34.5	0.8571	1.5378	1.9728	1.0676	1.0671	1.5371	34.4397	0.0036
4	1998	17.20	4	0.1905	5.2500	33.50	0.8095	1.8211	0.8760	32.8769	0.3882	33.50	0.8095	3.5115	1.8211	0.8760	3.4690	32.1033	1.9508	33.50	0.8095	3.5115	1.8211	0.8760	3.4690	32.1033	1.9508	33.50	0.8095	1.8211	0.8760	3.6534	32.1535	1.8132	33.5	0.8095	0.7619	31.8246	2.8070	33.5	0.8095	3.5115	1.5544	3.4270	30.7854	7.3692	33.5	0.8095	3.5115	0.1905	20.7125	32.0696	2.0462	33.5	0.8095	12.8369	6.41845	32.2518	1.5581	33.5	0.8095	1.5250	1.8211	0.8760	0.8768	1.5067	32.1125	1.9252
5	1999	33.50	5	0.2381	4.2000	29.40	0.7619	1.6942	0.7122	31.3654	3.8628	29.40	0.7619	3.3810	1.6942	0.7122	3.4087	30.2267	0.6834	29.40	0.7619	3.3810	1.6942	0.7122	3.4087	30.2267	0.6834	29.40	0.7619	1.6942	0.7122	3.6061	30.3675	0.9361	29.4	0.7619	0.5653	30.0102	0.3723	29.4	0.7619	3.3810	1.3022	3.3547	26.6381	0.5806	29.4	0.7619	3.3810	0.2381	19.6175	30.3741	0.9490	29.4	0.7619	11.9429	5.97145	30.3437	0.8906	29.4	0.7619	1.4683	1.6942	0.7122	0.7138	1.4807	30.2453	0.7145
6	2000	29.40	6	0.2857	3.5000	27.50	0.7143	1.5829	0.5656	30.0129	6.3146	27.50	0.7143	3.3142	1.5829	0.5656	3.3548	28.6407	1.3013	27.50	0.7143	3.3142	1.5829	0.5656	3.3548	28.6407	1.3013	27.50	0.7143	1.5829	0.5656	3.5637	28.8396	1.7946	27.5	0.7143	0.3992	28.4783	0.9570	27.5	0.7143	3.3142	1.0882	3.2937	26.9422	0.3112	27.5	0.7143	3.3142	0.2857	18.6819	28.9255	2.0322	27.5	0.7143	11.2061	5.60305	28.7712	1.6160	27.5	0.7143	1.4393	1.5829	0.5656	0.5679	1.4574	28.6651	1.3575
7	2001	27.20	7	0.3333	3.0000	27.20	0.6667	1.4823	0.4303	28.7648	2.4486	27.20	0.6667	3.3032	1.4823	0.4303	3.3051	27.2511	0.0026	27.20	0.6667	3.3032	1.4823	0.4303	3.3051	27.2511	0.0026	27.20	0.6667	1.4823	0.4303	3.5246	27.4860	0.0810	27.2	0.6667	0.2538	27.1366	0.0040	27.2	0.6667	3.3032	0.9027	3.2402	25.5395	2.7572	27.2	0.6667	3.3032	0.3333	17.8438	27.6279	0.1831	27.2	0.6667	10.5733	5.28665	27.4207	0.0487	27.2	0.6667	1.4346	1.4823	0.4303	0.4331	1.4358	27.2790	0.0062
8	2002	27.50	8	0.3810	2.6250	26.60	0.6190	1.3893	0.3025	27.5862	0.9727	26.60	0.6190	3.2809	1.3893	0.3025	3.2581	26.0009	0.3590	26.60	0.6190	3.2809	1.3893	0.3025	3.2581	26.0009	0.3590	26.60	0.6190	1.3893	0.3025	3.4877	26.2554	0.1187	26.6	0.6190	0.1229	25.9291	0.4501	26.6	0.6190	3.2809	0.7349	3.1921	24.3397	5.1089	26.6	0.6190	3.2809	0.3810	17.0727	26.4340	0.0276	26.6	0.6190	9.9714	4.9857	26.1360	0.2153	26.6	0.6190	1.4249	1.3893	0.3025	0.3056	1.4155	26.0305	0.3243
9	2003	13.20	9	0.4286	2.3333	25.90	0.5714	1.3018	0.1797	26.4525	0.3053	25.90	0.5714	3.2542	1.3018	0.1797	3.2130	24.8523	1.0976	25.90	0.5714	3.2542	1.3018	0.1797	3.2130	24.8523	1.0976	25.90	0.5714	1.3018	0.1797	3.4521	25.1138	0.6181	25.9	0.5714	0.0026	24.8188	1.1691	25.9	0.5714	3.2542	0.5805	3.1479	23.2863	6.8316	25.9	0.5714	3.2542	0.4286	16.3549	25.3226	0.3324	25.9	0.5714	9.4202	4.7101	24.9596	0.0843	25.9	0.5714	1.4133	1.3018	0.1797	0.1830	1.3959	24.8826	1.0351
10	2004	25.90	10	0.4762	2.1000	25.50	0.5238	1.2181	-0.0596	25.3445	0.0242	25.50	0.5238	3.2387	1.2181	-0.0596	3.1688	23.7789	2.9622	25.50	0.5238	3.2387	1.2181	-0.0596	3.1688	23.7789	2.9622	25.50	0.5238	1.2181	-0.0596	3.4174	24.0366	2.1415	25.5	0.5238	-1.1101	23.7792	2.9612	25.5	0.5238	3.2387	0.4361	3.1064	22.3413	9.9773	25.5	0.5238	3.2387	0.4762	15.6718	24.2649	1.5254	25.5	0.5238	8.9019	4.45095	23.8535	2.7111	25.5	0.5238	1.4065	1.2181	-0.0596	0.0630	1.3767	23.8087	2.8604
11	2005	17.70	11	0.5238	1.9091	24.40	0.4762	1.2181	-0.0596	24.2455	0.0239	24.40	0.4762	3.1946	1.2181	-0.0596	3.1250	22.7600	2.6897	24.40	0.4762	3.1946	1.2181	-0.0596	3.1250	22.7600	2.6897	24.40	0.4762	1.2181	-0.0596	3.3830	23.0045	1.9475	24.4	0.4762	0.2173	22.7501	2.5916	24.4	0.4762	3.1946	0.5208	3.0670	21.4779	8.5287	24.4	0.4762	3.1946	0.5238	15.0116	23.2427	1.3392	24.4	0.4762	8.4037	4.20185	22.7902	2.5916	24.4	0.4762	1.3874	1.2181	-0.0596	-0.0561	1.3577	22.7886	2.5967
12	2006	17.70	12	0.5714	1.7500	23.80	0.4286	1.3018	-0.1797	23.1375	0.4389	23.80	0.4286	3.1697	1.3018	-0.1797	3.0809	21.7769	4.0928	23.80	0.4286	3.1697	1.3018	-0.1797	3.0809	21.7769	4.0928	23.80	0.4286	1.3018	-0.1797	3.3483	21.9993	3.2427	23.8	0.4286	-0.3208	21.8350	3.8614	23.8	0.4286	3.1697	0.1657	3.0290	20.6757	9.7610	23.8	0.4286	3.1697	0.5714	14.3672	22.2450	2.4180	23.8	0.4286	7.9256	3.9628	21.7698	4.1218	23.8	0.4286	1.3796	1.3018	-0.1797	-0.1763	1.3385	21.8035	3.9860
13	2007	23.80	13	0.6190	1.6154	19.50	0.3810	1.3893	-0.3025	22.0038	4.4258	19.90	0.3810	2.9907	1.3893	-0.3025	3.0357	20.8150	8.0372	19.90	0.3810	2.9907	1.3893	-0.3025	3.0357	20.8150	8.0372	19.90	0.3810	1.3893	-0.3025	3.3127	21.0062	1.2237	19.9	0.3810	-1.4223	20.8987	0.9973	19.9	0.3810	2.9907	0.0355	2.9917	19.9105	0.0003	19.9	0.3810	2.9907	0.6190	13.7273	21.2542	1.8340	19.9	0.3810	7.4516	3.7258	20.7581	0.7364	19.9	0.3810	1.2989	1.3893	-0.3025	-0.2994	1.3189	20.8389	0.8815
14	2008	26.60	14	0.6667	1.5000	18.20	0.3333	1.4823	-0.4303	20.8252	6.8916	18.20	0.3333	2.9014	1.4823	-0.4303	2.9887	19.8600	2.7556	18.20	0.3333	2.9014	1.4823	-0.4303	2.9887	19.8600	2.7556	18.20	0.3333	1.4823	-0.4303	3.2758	20.0106	3.2782	18.2	0.3333	-0.5234	19.9665	3.1204	18.2	0.3333	2.9014	-0.0940	2.9545	19.1922	0.9844	18.2	0.3333	2.9014	0.6667	13.0822	20.2554	4.2347	18.2	0.3333	6.9836	3.4913	19.7572	2.4248	18.2	0.3333	1.2601	1.4823	-0.4303	-0.4275	1.2984	19.8805	2.8240
15	2009	14.90	15	0.7143	1.4000	17.70	0.2857	1.5829	-0.5656	19.5771	3.5235	17.70	0.2857	2.8736	1.5829	-0.5656	2.9390	18.8964	1.4314	17.70	0.2857	2.8736	1.5829	-0.5656	2.9390	18.8964	1.4314	17.70	0.2857	1.5829	-0.5656	3.2367	18.9956	1.6785	17.7	0.2857	-0.6257	19.0220	1.7476	17.7	0.2857	2.8736	-0.2254	2.6169	18.4833	0.6135	17.7	0.2857	2.8736	0.7143	12.423	19.2348	2.3555	17.7	0.2857	6.5108	3.2554	18.7502	1.1030	17.7	0.2857	1.2480	1.5829	-0.5656	-0.5632	1.2768	18.9127	1.4706
16	2010	11.60	16	0.7619	1.3125	17.70	0.2381	1.6942	-0.7122	18.2246	0.2752	17.70	0.2381	2.8736	1.6942	-0.7122	2.8851	17.9049	0.0420	17.70	0.2381	2.8736	1.6942	-0.7122	2.8851	17.9049	0.0420	17.70	0.2381	1.6942	-0.7122	3.1943	17.9386	0.0574	17.7	0.2381	-0.7317	18.0446	0.1187	17.7	0.2381	2.8736	-0.3612	2.8779	17.7772	0.0060	17.7	0.2381	2.8736	0.7619	11.7337	18.1675	0.2186	17.7	0.2381	6.0241	3.012 05	17.7115	0.0001	17.7	0.2381	1.2480	1.6942	-0.7122	-0.7105	1.2532	17.9162	0.0467
17	2011	24.40	17	0.8095	1.2353	17.20	0.1905	1.8211	-0.8760	16.7131	0.2371	17.20	0.1905	2.8449	1.8211	-0.8760	2.8248	16.8583	0.1167	17.20	0.1905	2.8449	1.8211	-0.8760	2.8248	16.8583	0.1167	17.20	0.1905	1.8211	-0.8760	3.1469	16.8111	0.1512	17.2	0.1905	-0.8444	17.0049	0.0380	17.2	0.1905	2.8449	-0.5057	2.8365	17.0558	0.0208	17.2	0.1905	2.8449	0.8095	10.9998	17.0312	0.0285	17.2	0.1905	5.5017	2.75085	16.5966	0.3641	17.2	0.1905	1.2355	1.8211	-0.8760	-0.8752	1.2269	16.8634	0.1133
18	2012	34.50	18	0.8571	1.1667	14.90	0.1429	1.9728	-1.0676	14.9455	0.0021	14.90	0.1429	2.7014	1.9728	-1.0676	2.7544	15.7118	0.6589	14.90	0.1429	2.7014	1.9728	-1.0676	2.7544	15.7118	0.6589	14.90	0.1429	1.9728	-1.0676	3.0916	15.5576	0.4325	14.9	0.1429	-0.9691	15.8542	0.9104	14.9	0.1429	2.7014	-0.6657	2.7906	16.2913	1.9357	14.9	0.1429	2.7014	0.8571	10.174	15.7536	0.7269	14.9	0.1429	4.9102	2.4551	15.3341	0.1885	14.9	0.1429	1.1732	1.9728	-1.0676	-1.0681	1.1962	15.7091	0.6547
19	2014	19.90	19	0.9048	1.1053	13.20	0.0952	2.1686	-1.3094	12.7150	0.2352	13.20	0.0952	2.5802	2.1686	-1.3094	2.6655	14.3755	1.3817	13.20	0.0952	2.5802	2.1686	-1.3094	2.6655	14.3755	1.3817	13.20	0.0952	2.1686	-1.3094	3.0217	14.0717	0.7598	13.2	0.0952	-1.1167	14.4927	1.6710	13.2	0.0952	2.5802	-0.8550	2.7364	15.4310	4.9773	13.2	0.0952	2.5802	0.9048	9.2034	14.2498	1.1021	13.2	0.0952	4.2938	2.1469	14.0186	0.6701	13.2	0.0952	1.1206	2.1686	-1.3094	-1.3118	1.1572	14.3627	1.3518
20	2015	25.50	20	0.9524	1.0500	11.60	0.0476	2.4676	-1.6688	9.3993	4.8431	11.60	0.0476	2.4510	2.4676	-1.6688	2.5334	12.5962	0.9924	11.60	0.0476	2.4510	2.4676	-1.6688	2.5334	12.5962	0.9924	11.60	0.0476	2.4676	-1.6688	2.9178	12.0462	0.1991	11.6	0.0476	-1.3181	12.6343	1.0698	11.6	0.0476	2.4510	-1.1133	2.6623	14.3295	7.4504	11.6	0.0476	2.4510	0.9524	7.8768	12.1958	0.3550	11.6	0.0476	3.4475	1.72375	12.2124	0.3750	11.6	0.0476	1.0645	2.4676	-1.6688	-1.6748	1.0993	12.5680	0.9371
Ó											**10.9955**								**0.0486**								**0.0486**								**8.6063**				**6.6494**								**8.6269**								**9.6236**								**8.4404**								**8.1103**

Cuadro Método de Smirnov Kolmogorov – isoyetas (5)

PRUEBA DE SMIRNOV – KOLMOGOROV				DISTRIBUCION NORMAL			DISTRIBUCION LOG NORMAL				DISTRIBUCION LOG NORMAL II				DISTRIBUCION LOG NORMAL III				DISTRIBUCION GUMBEL			DISTRIBUCION LOG GUMBEL				DISTRIBUCION GAMMA II			DISTRIBUCION PEARSON III			DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III			
m	P (mm)	x_m	$F_o(x_m)$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LN X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	X^2	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	X^2	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$	LOG X	Z	$F(x_m)$	$\lvert F_o(x_m) - F(x_m)\rvert$
1	49.40	49.40	0.9524	2.6670	0.9960	0.0436	3.9000	2.0483	0.9799	0.0275	3.9000	2.0483	0.9799	0.0275	2.1534	0.9845	0.0321	3.9977	0.9818	0.0294	3.9000	3.2042	0.9602	0.0078	31.9056	0.9896	0.0372	20.8717	0.9837	0.0313	1.6937	2.0483	0.9799	0.0275
2	18.20	37.80	0.9048	1.4096	0.9207	0.0159	3.6323	1.3203	0.9065	0.0018	3.6323	1.3203	0.9065	0.0018	1.3482	0.9111	0.0064	2.3851	0.9120	0.0073	3.6323	2.2705	0.9019	0.0029	24.4136	0.9158	0.0110	15.4365	0.9080	0.0032	1.5775	1.3203	0.9065	0.0018
3	37.80	34.50	0.8571	1.0519	0.8534	0.0038	3.5410	1.0719	0.8579	0.0007	3.5410	1.0719	0.8579	0.0007	1.0801	0.8597	0.0026	1.9263	0.8644	0.0073	3.5410	1.9519	0.8676	0.0105	22.2822	0.8591	0.0020	13.8903	0.8521	0.0050	1.5378	1.0719	0.8579	0.0007
4	17.20	33.50	0.8095	0.9435	0.8271	0.0176	3.5115	0.9918	0.8391	0.0296	3.5115	0.9918	0.8391	0.0296	0.9946	0.8398	0.0303	1.7873	0.8459	0.0363	3.5115	1.8492	0.8544	0.0449	21.6364	0.8534	0.0439	13.4218	0.8332	0.0237	1.5250	0.9918	0.8391	0.0296
5	33.50	29.40	0.7619	0.4991	0.6914	0.0705	3.3810	0.6367	0.7380	0.0239	3.3810	0.6367	0.7380	0.0239	0.6201	0.7326	0.0294	1.2173	0.7438	0.0181	3.3810	1.3938	0.7803	0.0184	18.9883	0.73	0.0319	11.5007	0.7341	0.0278	1.4683	0.6367	0.7380	0.0239
6	29.40	27.50	0.7143	0.2932	0.6154	**0.0989**	3.3142	0.4550	0.6757	0.0386	3.3142	0.4550	0.6757	0.0386	0.4317	0.6672	0.0470	0.9532	0.6801	0.0342	3.3142	1.1607	0.7311	0.0168	17.7612	0.6599	0.0544	10.6105	0.6696	0.0447	1.4393	0.4550	0.6757	0.0386
7	27.20	27.20	0.6667	0.2607	0.6028	0.0639	3.3032	0.4252	0.6649	0.0018	3.3032	0.4252	0.6649	0.0018	0.4010	0.6560	0.0107	0.9115	0.6690	0.0024	3.3032	1.1225	0.7222	0.0555	17.5674	0.6481	0.0186	10.4699	0.6585	0.0082	1.4346	0.4252	0.6649	0.0018
8	27.50	26.60	0.6190	0.1956	0.5774	0.0416	3.2809	0.3645	0.6424	0.0234	3.2809	0.3645	0.6424	0.0234	0.3388	0.6327	0.0137	0.8281	0.6460	0.0270	3.2809	1.0447	0.7034	0.0844	17.1799	0.6244	0.0054	10.1888	0.6362	0.0172	1.4249	0.3645	0.6424	0.0234
9	13.20	25.90	0.5714	0.1198	0.5474	0.0240	3.2542	0.2920	0.6149

Cuadro Prueba Chi Cuadrado Xc^2 – Aritmético (5)

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
NORMAL	1	0.266	0.062	4.084	2.082
	2	0.614	0.266	6.945	0.545
	3	0.885	0.614	5.424	0.061
	4	0.983	0.885	1.958	0.468
	5	0.999	0.983	0.314	1.498
				18.725	4.65

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL II	1	0.302	0.022	5.598	0.351
	2	0.669	0.302	7.341	0.746
	3	0.873	0.669	4.076	0.908
	4	0.956	0.873	1.653	0.258
	5	0.985	0.956	0.582	0.301
				19.249	2.56

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
GUMBEL	1	0.317	0.048	5.373	0.493
	2	0.647	0.317	6.594	0.386
	3	0.848	0.647	4.017	0.979
	4	0.939	0.848	1.832	0.378
	5	0.976	0.939	0.745	0.087
				18.562	2.32

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
GAMMA II	1	0.285	0.031	5.090	0.717
	2	0.656	0.285	7.422	0.790
	3	0.882	0.656	4.524	0.482
	4	0.970	0.882	1.758	0.327
	5	0.994	0.970	0.478	0.570
				19.272	2.89

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG PEARSON TIPO III	1	0.302	0.022	5.598	0.351
	2	0.669	0.302	7.341	0.746
	3	0.873	0.669	4.076	0.908
	4	0.956	0.873	1.653	0.258
	5	0.985	0.956	0.582	0.301
				19.249	2.56

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL	1	0.302	0.022	5.598	0.351
	2	0.669	0.302	7.341	0.746
	3	0.873	0.669	4.076	0.908
	4	0.956	0.873	1.653	0.258
	5	0.985	0.956	0.582	0.301
				19.249	2.56

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL III	1	0.276	0.052	4.494	1.397
	2	0.633	0.276	7.128	0.635
	3	0.882	0.633	4.988	0.205
	4	0.975	0.882	1.867	0.403
	5	0.996	0.975	0.414	0.829
				18.891	3.47

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG GUMBEL	1	0.336	0.001	6.713	0.012
	2	0.726	0.336	7.792	1.000
	3	0.878	0.726	3.049	2.856
	4	0.939	0.878	1.206	0.035
	5	0.966	0.939	0.540	0.391
				19.300	4.30

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
PEARSON TIPO III	1	0.296	0.044	5.034	0.768
	2	0.656	0.296	7.206	0.675
	3	0.882	0.656	4.530	0.477
	4	0.971	0.882	1.772	0.336
	5	0.994	0.971	0.466	0.612
				19.008	2.87

Cuadro Método de Error Cuadrático Mínimo – Aritmético (5)

| PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO | | | | | DISTRIBUCION NORMAL | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL | | | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL II PARAMETROS | | | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL III PARAMETROS | | | | | | | DISTRIBUCION GUMBEL | | | | | DISTRIBUCION LOG GUMBEL | | | | | | | DISTRIBUCION GAMMA II PARAMETROS | | | | | | DISTRIBUCION PEARSON TIPO III O GAMMA III PARAMETROS | | | | | | DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---

Cuadro Prueba Chi Cuadrado x_c^2 – Polígono de Thiessen (5)

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
NORMAL	1	0.330	0.079	5.029	1.756
	2	0.704	0.330	7.476	0.030
	3	0.935	0.704	4.608	0.080
	4	0.993	0.935	1.177	1.177
	5	1.000	0.993	0.124	6.195
				18.413	9.24

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL II	1	0.380	0.031	6.976	0.150
	2	0.748	0.380	7.355	0.017
	3	0.916	0.748	3.357	0.123
	4	0.974	0.916	1.161	1.161
	5	0.992	0.974	0.357	1.157
				19.206	2.61

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
GUMBEL	1	0.389	0.070	6.380	0.411
	2	0.715	0.389	6.522	0.035
	3	0.888	0.715	3.452	0.087
	4	0.959	0.888	1.417	1.417
	5	0.985	0.959	0.530	0.417
				18.300	2.37

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
GAMMA II	1	0.355	0.041	6.290	0.465
	2	0.739	0.355	7.672	0.059
	3	0.925	0.739	3.730	0.020
	4	0.984	0.925	1.188	1.188
	5	0.997	0.984	0.264	2.052
				19.144	3.78

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG PEARSON TIPO III	1	0.380	0.031	6.976	0.150
	2	0.748	0.380	7.355	0.017
	3	0.916	0.748	3.357	0.123
	4	0.974	0.916	1.161	1.161
	5	0.992	0.974	0.357	1.157
				19.206	2.61

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL	1	0.380	0.031	6.976	0.150
	2	0.748	0.380	7.355	0.017
	3	0.916	0.748	3.357	0.123
	4	0.974	0.916	1.161	1.161
	5	0.992	0.974	0.357	1.157
				19.206	2.61

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL III	1	0.365	0.047	6.366	0.420
	2	0.739	0.365	7.472	0.030
	3	0.922	0.739	3.668	0.030
	4	0.981	0.922	1.169	1.169
	5	0.995	0.981	0.290	1.733
				18.966	3.38

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG GUMBEL	1	0.436	0.002	8.675	0.053
	2	0.788	0.436	7.036	0.000
	3	0.909	0.788	2.413	1.043
	4	0.954	0.909	0.915	0.915
	5	0.974	0.954	0.403	0.882
				19.443	2.89

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
PEARSON TIPO III	1	0.377	0.045	6.648	0.275
	2	0.742	0.377	7.296	0.012
	3	0.918	0.742	3.526	0.064
	4	0.981	0.918	1.256	1.256
	5	0.996	0.981	0.304	1.593
				19.030	3.20

Cuadro Método de Error Cuadrático Mínimo – Polígono de Thiessen (5)

| PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MINIMO | | | | | | DISTRIBUCION NORMAL | | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL | | | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL II PARAMETROS | | | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL III PARAMETROS | | | | | | | DISTRIBUCION GUMBEL | | | | | | | DISTRIBUCION LOG GUMBEL | | | | | | | DISTRIBUCION GAMMA II PARAMETROS | | | | | | | DISTRIBUCION PEARSON TIPO III O GAMMA III PARAMETROS | | | | | | | DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---

Cuadro Prueba Chi Cuadrado x_c^2 – Estación Chiguata

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
NORMAL	1	0.368	0.131	4.730	2.261
	2	0.673	0.368	6.098	0.593
	3	0.891	0.673	4.360	4.360
	4	0.978	0.891	1.752	0.888
	5	0.997	0.978	0.380	1.012
				17.320	9.11

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL II	1	0.438	0.061	7.554	0.026
	2	0.747	0.438	6.169	0.543
	3	0.894	0.747	2.937	2.937
	4	0.956	0.894	1.239	2.505
	5	0.981	0.956	0.505	0.485
				18.404	6.50

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
GUMBEL	1	0.428	0.142	5.723	0.906
	2	0.692	0.428	5.270	1.415
	3	0.852	0.692	3.205	3.205
	4	0.933	0.852	1.615	1.187
	5	0.970	0.933	0.749	0.084
				16.562	6.80

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
GAMMA II	1	0.396	0.072	6.478	0.358
	2	0.719	0.396	6.470	0.362
	3	0.894	0.719	3.504	3.504
	4	0.965	0.894	1.412	1.786
	5	0.990	0.965	0.510	0.471
				18.374	6.48

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG PEARSON TIPO III	1	0.438	0.061	7.554	0.026
	2	0.747	0.438	6.169	0.543
	3	0.894	0.747	2.937	2.937
	4	0.956	0.894	1.239	2.505
	5	0.981	0.956	0.505	0.485
				18.404	6.50

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL	1	0.438	0.061	7.554	0.026
	2	0.747	0.438	6.169	0.543
	3	0.894	0.747	2.937	2.937
	4	0.956	0.894	1.239	2.505
	5	0.981	0.956	0.505	0.485
				18.404	6.50

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG NORMAL III	1	0.423	0.095	6.566	0.313
	2	0.727	0.423	6.087	0.601
	3	0.890	0.727	3.249	3.249
	4	0.959	0.890	1.383	1.891
	5	0.985	0.959	0.522	0.439
				17.806	6.49

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
LOG GUMBEL	1	0.504	0.017	9.743	0.312
	2	0.787	0.504	5.662	0.965
	3	0.893	0.787	2.116	2.116
	4	0.939	0.893	0.914	4.757
	5	0.961	0.939	0.455	0.651
				18.891	8.80

PRUEBA ESTADÍSTICA DE AJUSTE Xc²					
Funcion de distribucion	Intervalo i	$F(S_i)$	$F(I_i)$	ϵ_i	$(\theta_i-\epsilon_i)^2/\epsilon_i$
PEARSON TIPO III	1	0.429	0.092	6.736	0.237
	2	0.732	0.429	6.068	0.615
	3	0.880	0.732	2.958	2.958
	4	0.955	0.880	1.502	1.494
	5	0.984	0.955	0.576	0.312
				17.840	5.62

Cuadro Método de Error Cuadrático Mínimo – Estación Chiguata

| PRUEBA DE ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO | | | | | DISTRIBUCION NORMAL | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL | | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL II PARAMETROS | | | | | | DISTRIBUCION LOG NORMAL III PARAMETROS | | | | | | DISTRIBUCION GUMBEL | | | | | | DISTRIBUCION LOG GUMBEL | | | | | | DISTRIBUCION GAMMA II PARAMETROS | | | | | | DISTRIBUCION PEARSON TIPO III O GAMMA III PARAMETROS | | | | | | DISTRIBUCION LOG PEARSON TIPO III | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---

Cuadro de Parámetros Hidráulicos del Rio Socabaya

PROGRESIVA	T	Q	FONDO DE RIO	NIVEL DE AGUA	TIRANTE	ALTURA CRITICA	ALTURA DE ENERGIA	S. LINEA DE ENERGIA	VEL.	AREA MOJADA	ESPEJO DE AGUA	NRO FROUDE
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
12933.81	T= 100 años	94.7	2496	2497.81	1.80		2497.91	0.001406	0.88	110.25	62.66	0.21
12904.79	T= 100 años	94.7	2496	2497.77	1.70		2497.87	0.001324	0.84	119.54	74.63	0.2
12881.84	T= 100 años	94.7	2496	2497.71	1.70		2497.83	0.002246	1.07	94.51	63.98	0.26
12859.87	T= 100 años	94.7	2496	2497.63	1.60		2497.76	0.003481	1.19	80.34	60.62	0.32
12831.12	T= 100 años	94.7	2496	2497.56	1.50		2497.67	0.002673	1.03	94.02	74.74	0.28
12790.74	T= 100 años	94.7	2496	2497.42	1.40		2497.54	0.004004	1.16	84.21	78.74	0.33
12768.69	T= 100 años	94.7	2496	2497.34	1.30		2497.46	0.003818	1.14	87.24	84.87	0.33
12726.32	T= 100 años	94.7	2496	2496.67	0.60	2496.71	2497.05	0.045151	2.55	37.14	56.23	1
12662.05	T= 100 años	94.7	2494	2494.94	0.90	2494.7	2495.1	0.012922	1.61	62.37	84.53	0.56
12639.44	T= 100 años	94.7	2493.92	2494.69	0.70		2494.83	0.012652	1.45	68.61	99.96	0.54
12615.37	T= 100 años	94.7	2493.28	2494.2	0.90		2494.41	0.03237	1.9	50.99	98.95	0.82
12590.38	T= 100 años	94.7	2492.5	2493.28	0.70	2493.29	2493.55	0.041073	2.21	45.02	85.33	0.93
12574.35	T= 100 años	94.7	2491.78	2492.55	0.70	2492.57	2492.84	0.048719	2.21	41.32	77.46	1
12554.03	T= 100 años	94.7	2490.48	2491.39	0.90	2491.26	2491.6	0.017071	1.62	55.25	73.46	0.62
12531.25	T= 100 años	94.7	2490	2491.24	1.20		2491.39	0.005182	1.31	73.32	64.08	0.38
12506.55	T= 100 años	94.7	2489.73	2490.63	0.90	2490.68	2491.08	0.043123	2.81	33.67	42.39	1.01
12481.26	T= 100 años	94.7	2488	2489.33	1.30	2489.04	2489.61	0.014971	2.09	45.27	40.12	0.63
12435.03	T= 100 años	94.7	2488	2489.16	1.10		2489.27	0.0036	1.02	92.73	81.51	0.31
12416.42	T= 100 años	94.7	2488	2489.1	1.00		2489.2	0.004485	1.08	87.24	82.68	0.34
12396.03	T= 100 años	94.7	2488	2488.98	0.90		2489.11	0.007325	1.29	73.33	78.88	0.43
12379.46	T= 100 años	94.7	2487.99	2488.78	0.70		2488.95	0.014377	1.65	59.02	77.79	0.59

12366.69	T= 100 años	94.7	2487.5	2488.37	0.80	2488.37	2488.65	0.038322	2.25	43.37	75.34	0.91
12359.70	T= 100 años	94.7	2487.21	2488.22	1.00		2488.44	0.021193	1.9	50.78	73.28	0.7
12340.16	T= 100 años	94.7	2486.42	2487.49	1.00	2487.52	2487.85	0.04395	2.57	37.41	58.39	0.99
12330.37	T= 100 años	94.7	2486	2487.45	1.40	2487.02	2487.62	0.007592	1.5	64.51	61.41	0.45
12311.90	T= 100 años	94.7	2486	2487.36	1.30		2487.51	0.004888	1.34	71.73	56.08	0.37
12297.85	T= 100 años	94.7	2486	2487.28	1.20		2487.43	0.006142	1.39	67.98	57	0.41
12280.50	T= 100 años	94.7	2486	2487.13	1.10		2487.3	0.008682	1.54	61.4	57.4	0.48
12266.75	T= 100 años	94.7	2486	2486.68	0.60	2486.71	2487.05	0.04508	2.59	36.6	54.2	1
12250.62	T= 100 años	94.7	2484.64	2485.55	0.90	2485.72	2486.14	0.071915	3.28	28.91	42.66	1.27
12237.92	T= 100 años	94.7	2484	2484.92	0.90	2484.98	2485.37	0.048416	2.84	33.32	45.06	1.05
12228.05	T= 100 años	94.7	2483.39	2484.33	0.90	2484.45	2484.82	0.066734	2.97	31.89	51.57	1.21
12199.34	T= 100 años	94.7	2482	2483.78	1.70	2483.47	2484.02	0.01392	1.85	51.06	51.66	0.6
12183.10	T= 100 años	94.7	2482	2483.57	1.50		2483.8	0.013216	1.86	50.87	49.23	0.58
12165.70	T= 100 años	94.7	2482	2483.31	1.30		2483.55	0.016905	1.92	49.26	54.67	0.65
12147.20	T= 100 años	94.7	2482	2483.13	1.10		2483.3	0.00964	1.54	62.06	67.29	0.49
12132.31	T= 100 años	94.7	2482	2482.68	0.60	2482.71	2483.01	0.046079	2.44	39.06	68.17	1
12087.24	T= 100 años	94.7	2479.29	2480.47	1.10	2480.54	2480.91	0.048332	2.79	33.89	47.21	1.05
12075.33	T= 100 años	94.7	2478.15	2479.44	1.20	2479.68	2480.14	0.087418	3.58	26.48	39.72	1.4
12060.24	T= 100 años	94.7	2478	2479.18	1.10	2479.02	2479.4	0.018061	1.87	51.8	65.29	0.66
12048.37	T= 100 años	94.7	2478	2479.1	1.00		2479.24	0.007489	1.35	70.88	73.82	0.44
12037.38	T= 100 años	94.7	2478	2479.04	1.00		2479.16	0.006434	1.29	74.51	78.94	0.41
12004.42	T= 100 años	94.7	2477.78	2478.4	0.60	2478.42	2478.7	0.045189	2.36	41.77	77.24	0.98
11974.79	T= 100 años	94.7	2476.54	2477.9	1.30		2478.08	0.010634	1.51	64.55	73.64	0.48
11963.38	T= 100 años	94.7	2476.15	2477.83	1.60		2477.98	0.006025	1.26	77.01	71.61	0.37
11949.07	T= 100 años	94.7	2476	2477.81	1.80		2477.92	0.002015	0.87	111.8	74.28	0.23
11923.48	T= 100 años	94.7	2476	2477.75	1.70		2477.86	0.002226	0.93	106.47	72.16	0.24
11914.12	T= 100 años	94.7	2476	2477.72	1.70		2477.84	0.00244	0.98	102.86	73.57	0.25

11903.13	T= 100 años	94.7	2476	2477.7	1.60		2477.81	0.002546	1	102.59	76.19	0.25
11888.97	T= 100 años	94.7	2476	2477.67	1.60		2477.78	0.002185	0.92	109.86	77.46	0.24
11865.48	T= 100 años	94.7	2476	2477.62	1.60		2477.73	0.002361	0.95	104.4	75.49	0.24
11852.47	T= 100 años	94.7	2476	2477.59	1.50		2477.7	0.002168	0.9	108.56	77.91	0.23
11839.33	T= 100 años	94.7	2476	2477.56	1.50		2477.67	0.002362	0.91	105.91	78.67	0.24
11816.87	T= 100 años	94.7	2476	2477.5	1.50		2477.61	0.002631	0.95	102.73	79.58	0.25
11794.85	T= 100 años	94.7	2476	2477.43	1.40		2477.55	0.00322	1.03	97.8	77.39	0.28
11780.82	T= 100 años	94.7	2476	2477.34	1.30		2477.48	0.005846	1.33	73.82	61.95	0.37
11765.38	T= 100 años	94.7	2476	2477.15	1.10		2477.35	0.012066	1.71	55.83	53.52	0.52
11752.72	T= 100 años	94.7	2476	2476.96	0.90		2477.18	0.01569	1.81	52.66	55.2	0.58
11739.53	T= 100 años	94.7	2475.71	2476.47	0.70	2476.5	2476.82	0.052101	2.53	37.64	58.7	1
11725.08	T= 100 años	94.7	2474.82	2475.71	0.80	2475.76	2476.07	0.05303	2.49	38.02	60.21	1
11708.44	T= 100 años	94.7	2474	2475.34	1.30	2474.74	2475.46	0.004897	1.14	83.36	73.12	0.34
11692.22	T= 100 años	94.7	2474	2475.31	1.30		2475.4	0.002372	0.88	114.04	92.73	0.24
11669.58	T= 100 años	94.7	2474	2475.26	1.20		2475.34	0.002623	0.9	114.48	100.17	0.25
11649.38	T= 100 años	94.7	2474	2475.17	1.10		2475.27	0.004894	1.1	95.21	101.86	0.33
11631.95	T= 100 años	94.7	2474	2474.91	0.90		2475.11	0.020818	1.84	54.34	71.81	0.65
11613.19	T= 100 años	94.7	2473.27	2474.25	0.90	2474.28	2474.53	0.050938	2.26	44.91	91.56	0.96
11575.62	T= 100 años	94.7	2472	2474.08	2.00	2472.99	2474.21	0.001658	0.84	117	82.47	0.21
11561.52	T= 100 años	94.7	2472	2474.06	2.00		2474.19	0.00106	0.73	140.43	92.57	0.17
11548.76	T= 100 años	94.7	2472	2474.05	2.00		2474.17	0.000802	0.66	156.03	90.87	0.15
11521.28	T= 100 años	94.7	2472	2474.04	2.00		2474.15	0.000663	0.63	167.38	91.82	0.14
11494.74	T= 100 años	94.7	2472	2474.01	2.00		2474.13	0.000782	0.68	149.57	75.62	0.15
11467.77	T= 100 años	94.7	2472	2473.98	1.90		2474.11	0.001176	0.8	126.39	70.94	0.18
11450.26	T= 100 años	94.7	2472	2473.96	1.90		2474.08	0.001114	0.76	130.72	69.06	0.17
11433.11	T= 100 años	94.7	2471.74	2473.95	2.20		2474.07	0.00077	0.65	156.19	84.88	0.15
11413.08	T= 100 años	94.7	2470.14	2473.95	3.80		2474.06	0.000188	0.41	252.12	93.86	0.08

11396.22	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000091	0.34	303.59	93.57	0.06
11382.42	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000079	0.32	315.23	88.83	0.05
11372.48	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000063	0.3	346.03	91.8	0.05
11360.65	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000054	0.27	381.43	113.99	0.04
11351.33	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000048	0.26	405.07	114.34	0.04
11344.23	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000043	0.24	424.31	118.44	0.04
11327.32	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000042	0.24	436.29	125.52	0.04
11317.52	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000047	0.26	403.87	118.24	0.04
11306.84	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.00004	0.24	429.31	113.31	0.04
11295.46	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000041	0.24	424.31	113.76	0.04
11274.36	T= 100 años	94.7	2470	2473.95	3.90		2474.05	0.000047	0.25	403.18	111.85	0.04
11221.75	T= 100 años	94.7	2470	2473.94	3.90		2474.04	0.000068	0.3	326.16	84.78	0.05
11206.92	T= 100 años	94.7	2470	2473.94	3.90		2474.04	0.000068	0.31	323.09	83.67	0.05
11186.21	T= 100 años	94.7	2470	2473.94	3.90		2474.04	0.00009	0.34	287.2	76.27	0.06
11174.26	T= 100 años	94.7	2470	2473.94	3.90		2474.04	0.000109	0.37	260.77	69.4	0.06
11163.88	T= 100 años	94.7	2470	2473.93	3.90		2474.04	0.000133	0.4	237.8	65.88	0.07
11153.61	T= 100 años	94.7	2470	2473.93	3.90		2474.04	0.000127	0.39	243.18	69.05	0.07
11143.50	T= 100 años	94.7	2470	2473.93	3.90		2474.03	0.000153	0.41	228.56	64.39	0.07
11131.85	T= 100 años	94.7	2470	2473.93	3.90		2474.03	0.000219	0.49	193.28	55.27	0.08
11119.95	T= 100 años	94.7	2470	2473.92	3.90		2474.03	0.00019	0.46	207.88	60.03	0.08
11105.88	T= 100 años	94.7	2470	2473.92	3.90		2474.03	0.000187	0.45	211.56	62.63	0.08
11090.57	T= 100 años	94.7	2470	2473.92	3.90		2474.02	0.000156	0.42	226.71	66.07	0.07
11076.18	T= 100 años	94.7	2470	2473.92	3.90		2474.02	0.000163	0.42	228.44	73.98	0.07
11062.27	T= 100 años	94.7	2470	2473.92	3.90		2474.02	0.000182	0.44	223.48	78.71	0.08
11048.60	T= 100 años	94.7	2470	2473.91	3.90		2474.02	0.000176	0.46	215.21	79.56	0.08
11032.65	T= 100 años	94.7	2470	2473.9	3.90		2474.01	0.000295	0.56	178.93	76.67	0.1
11015.49	T= 100 años	94.7	2470	2473.9	3.90		2474.01	0.00033	0.58	172.39	76.3	0.11

11001.07	T= 100 años	94.7	2470	2473.88	3.80		2474	0.000714	0.75	134.34	72.07	0.15
10987.05	T= 100 años	94.7	2466	2473.86	7.80		2473.99	0.001124	0.84	118.78	64.6	0.17
10933.94	T= 100 años	94.7	2466.28	2473.86	7.50		2473.96	0.000151	0.38	248.93	49.81	0.05
10922.70	T= 100 años	94.7	2468	2473.86	5.80		2473.96	0.00026	0.47	203.17	47.73	0.07
10910.11	T= 100 años	94.7	2466.25	2473.86	7.60		2473.96	0.000162	0.42	223.49	42.71	0.06
10891.16	T= 100 años	94.7	2466	2473.86	7.80		2473.95	0.000153	0.37	256	40.99	0.05
10876.38	T= 100 años	94.7	2471.71	2473.7	1.90		2473.93	0.007672	1.75	54	31.61	0.43
10864.91	T= 100 años	94.7	2466	2473.74	7.70		2473.87	0.001268	0.96	98.6	27.54	0.16
10847.02	T= 100 años	94.7	2466	2473.69	7.60		2473.84	0.002279	1.17	81.05	26.61	0.21
10816.51	T= 100 años	94.7	2472	2473.59	1.50		2473.75	0.00396	1.33	71.25	45.35	0.34
10793.54	T= 100 años	94.7	2472	2473.53	1.50		2473.66	0.002906	1.12	84.62	55.57	0.29
10763.43	T= 100 años	94.7	2472	2473.45	1.40		2473.57	0.002793	1.09	88.29	59.99	0.28
10752.02	T= 100 años	94.7	2472	2473.41	1.40		2473.54	0.003197	1.14	84.22	58.51	0.3
10724.14	T= 100 años	94.7	2472	2473.18	1.10		2473.39	0.009441	1.73	54.98	46.41	0.5
10705.81	T= 100 años	94.7	2471.24	2472.61	1.30	2472.66	2473.05	0.043426	2.77	34.19	43.97	1
10671.90	T= 100 años	94.7	2470	2471.86	1.80	2470.79	2471.98	0.002018	0.99	95.32	56.66	0.24
10653.13	T= 100 años	94.7	2470	2471.8	1.80		2471.93	0.002952	1.13	84.1	54.78	0.29
10589.12	T= 100 años	94.7	2470	2471.61	1.60		2471.74	0.00312	1.12	84.34	57.76	0.3
10542.96	T= 100 años	94.7	2470	2471.44	1.40		2471.57	0.004032	1.18	84.93	68.44	0.33
10531.17	T= 100 años	94.7	2470	2471.37	1.30		2471.5	0.005464	1.32	74.85	63.7	0.38
10518.64	T= 100 años	94.7	2470	2471.29	1.20		2471.43	0.005715	1.32	74.37	64.44	0.39
10505.18	T= 100 años	94.7	2470	2471.25	1.20		2471.36	0.00356	1.06	92.65	78.34	0.31
10491.83	T= 100 años	94.7	2470	2471.21	1.20		2471.32	0.004214	1.07	90.17	82.72	0.33
10454.48	T= 100 años	94.7	2470	2471.11	1.10		2471.22	0.003624	1.04	93.84	81.74	0.31
10423.62	T= 100 años	94.7	2470	2470.9	0.90		2471.05	0.018455	1.47	65.9	71.42	0.49
10406.17	T= 100 años	94.7	2469.02	2470.41	1.30		2470.64	0.032865	1.87	52.42	65.16	0.64
10387.57	T= 100 años	94.7	2468	2470.16	2.10		2470.31	0.009999	1.3	74.58	68.19	0.37

10366.08	T= 100 años	94.7	2468	2469.99	1.90		2470.13	0.007122	1.18	82.54	67.88	0.32
10348.67	T= 100 años	94.7	2468	2469.88	1.80		2470.02	0.005939	1.16	81.93	55.61	0.3
10329.00	T= 100 años	94.7	2468	2469.72	1.70		2469.88	0.008449	1.33	71.04	48.75	0.35
10300.33	T= 100 años	94.7	2468	2469.36	1.30		2469.55	0.017061	1.56	60.56	55.75	0.48
10269.25	T= 100 años	94.7	2466.63	2468.11	1.40	2468.15	2468.52	0.088047	2.69	35.2	49.24	1.02
10248.74	T= 100 años	94.7	2466	2467.46	1.40	2466.9	2467.64	0.013311	1.57	60.19	45.4	0.44
10230.55	T= 100 años	94.7	2466	2467.25	1.20		2467.41	0.012217	1.43	66.47	55.5	0.41
10215.03	T= 100 años	94.7	2466	2467.02	1.00		2467.18	0.017685	1.54	63.57	64.29	0.48
10201.98	T= 100 años	94.7	2465.58	2466.8	1.20		2466.95	0.019828	1.5	65.1	74.78	0.5
10192.56	T= 100 años	94.7	2465.11	2466.24	1.10	2466.27	2466.59	0.089364	2.5	37.85	59.77	1
10174.22	T= 100 años	94.7	2464.06	2465.65	1.50	2465.19	2465.82	0.014645	1.51	62.52	53.7	0.45
10118.05	T= 100 años	94.7	2463.01	2463.73	0.70	2463.76	2464.06	0.090376	2.5	39.76	68.19	1.01
10105.50	T= 100 años	94.7	2462	2463.61	1.60	2462.92	2463.73	0.005616	1.06	94.87	75.27	0.29
10075.01	T= 100 años	94.7	2462	2463.31	1.30		2463.47	0.011648	1.43	67.35	53.59	0.41
10054.40	T= 100 años	94.7	2461.69	2462.5	0.80	2462.55	2462.91	0.079682	2.75	36.26	51.08	0.98
10033.24	T= 100 años	94.7	2460	2461.27	1.20	2460.8	2461.43	0.015765	1.4	65.37	61.19	0.45
10022.74	T= 100 años	94.7	2460	2460.73	0.70	2460.76	2461.07	0.043324	2.71	39.15	63.13	1.07
9967.98	T= 100 años	94.7	2458.65	2459.4	0.70	2459.46	2459.8	0.041071	2.18	36.82	53.25	0.99
9928.36	T= 100 años	94.7	2458	2458.84	0.80	2458.68	2459.07	0.016594	1.98	49.08	59.03	0.69
9870.05	T= 100 años	94.7	2456.11	2457.36	1.20	2457.41	2457.81	0.032624	2.82	34.44	45.47	0.97
9850.92	T= 100 años	94.7	2456	2456.87	0.80	2456.66	2457.07	0.01424	1.87	53.21	61.27	0.64
9831.96	T= 100 años	94.7	2455.73	2456.35	0.60	2456.34	2456.6	0.038117	1.99	45.36	82.74	0.94
9813.87	T= 100 años	94.7	2454.96	2455.79	0.80	2455.7	2455.99	0.025001	1.87	51.76	83.89	0.79
9798.42	T= 100 años	94.7	2454.48	2455.21	0.70	2455.23	2455.49	0.04331	2.42	42.89	81.67	1.04
9783.23	T= 100 años	94.7	2454	2454.9	0.90	2454.74	2455.07	0.013855	1.72	61.14	86.82	0.62
9767.32	T= 100 años	94.7	2453.69	2454.45	0.70	2454.46	2454.71	0.040479	2.26	44.89	86.3	0.99
9750.55	T= 100 años	94.7	2452.89	2453.68	0.70	2453.71	2453.99	0.046662	2.47	40.75	73.63	1.07

9738.48	T= 100 años	94.7	2452.33	2453.07	0.70	2453.12	2453.4	0.054852	2.65	39.27	76.7	1.16
9716.48	T= 100 años	94.7	2451.88	2452.64	0.70	2452.54	2452.85	0.021903	1.98	52.21	77.72	0.76
9705.73	T= 100 años	94.7	2451.54	2452.35	0.80		2452.59	0.030111	2.16	47.51	77.45	0.88
9693.90	T= 100 años	94.7	2451.12	2451.94	0.80	2451.93	2452.21	0.035945	2.35	44.65	77.26	0.96
9680.16	T= 100 años	94.7	2450.62	2451.46	0.80	2451.44	2451.74	0.033395	2.39	44.41	73.97	0.94
9668.06	T= 100 años	94.7	2450.18	2450.97	0.70	2451.01	2451.31	0.038566	2.61	40.68	68.32	1.01
9655.76	T= 100 años	94.7	2449.17	2450.28	1.10	2450.41	2450.77	0.048742	3.08	33.33	56.15	1.15
9642.60	T= 100 años	94.7	2447.36	2448.56	1.10	2448.99	2449.77	0.115995	4.76	19.88	27	1.77
9629.17	T= 100 años	94.7	2446	2447.18	1.10	2447.62	2448.49	0.08074	4.94	19.17	18.43	1.55
9618.35	T= 100 años	94.7	2446	2447.58	1.50	2447.21	2447.93	0.011586	2.33	40.57	27.96	0.62
9603.63	T= 100 años	94.7	2446	2447.07	1.00	2447.12	2447.63	0.033869	3.18	29.76	29.15	1.01
9586.62	T= 100 años	94.7	2445.67	2446.56	0.80	2446.6	2446.94	0.042049	2.75	35.75	54.31	1.06
9573.26	T= 100 años	94.7	2444.96	2445.74	0.70	2445.89	2446.24	0.065543	3.12	32.83	63.04	1.29
9563.89	T= 100 años	94.7	2444.48	2445.23	0.70	2445.3	2445.58	0.054436	2.78	38.3	75.17	1.17
9551.46	T= 100 años	94.7	2444	2444.73	0.70	2444.56	2444.9	0.01612	1.73	57.82	80.75	0.66
9543.17	T= 100 años	94.7	2443.59	2444.54	0.90		2444.72	0.017569	1.73	57.29	85.24	0.68
9488.52	T= 100 años	94.7	2442	2443.03	1.00	2443.07	2443.45	0.045467	2.81	35.91	47.93	1.1
9471.43	T= 100 años	94.7	2440.8	2442.54	1.70	2438.92	2442.63	0.000782	0.54	150.79	74.86	0.16
9459.26	T= 100 años	94.7	2440	2442.49	2.40		2442.62	0.001904	1.07	90.36	61.42	0.26
9441.42	T= 100 años	94.7	2440	2442.46	2.40		2442.58	0.002054	1.04	97.05	64.89	0.27
9429.10	T= 100 años	94.7	2440	2442.47	2.40		2442.56	0.000519	0.51	161.59	81.42	0.13
9414.15	T= 100 años	94.7	2440	2442.45	2.40		2442.55	0.000888	0.67	131.8	70.59	0.17
9400.21	T= 100 años	94.7	2440	2442.43	2.40		2442.53	0.001516	0.81	108.48	61.86	0.22
9385.75	T= 100 años	94.7	2441.43	2441.5	0.00	2441.91	2442.42	0.046684	1.44	31.66	33.23	0.94
9373.14	T= 100 años	94.7	2441.36	2441.07	-0.20	2440.63	2441.59	0.028782		33.11	17.38	0
9361.38	T= 100 años	94.7	2440.06	2441.23	1.10		2441.42	0.003261	0.75	74.48	42.85	0.29
9350.24	T= 100 años	94.7	2440	2441.01	1.00		2441.35	0.015175	1.61	46.89	37.97	0.63

9338.40	T= 100 años	94.7	2440	2441.01	1.00		2441.22	0.005986	0.99	62.44	33.44	0.39
9327.87	T= 100 años	94.7	2440	2440.79	0.70		2441.13	0.013416	1.28	45.93	33.04	0.57
9315.00	T= 100 años	94.7	2440	2440.51	0.50		2440.91	0.025127	1.34	37.11	32.25	0.73
9301.40	T= 100 años	94.7	2440	2440.66	0.60		2440.75	0.00194	0.45	95.66	52.08	0.21
9291.13	T= 100 años	94.7	2440	2440.34	0.30	2440.4	2440.68	0.032885	1.59	43.57	64.42	0.84
9256.30	T= 100 años	94.7	2436	2439.88	3.80	2438.35	2440.03	0.001748	1.15	97.6	41.88	0.19
9249.03	T= 100 años	94.7	2440	2439.76	-0.20		2440	0.004325		55.41	18.98	0
9209.82	T= 100 años	94.7	2439.59	2439.71	0.10		2439.9	0.004253	0.25	72.54	40.92	0.25
9201.21	T= 100 años	94.7	2439.47	2439.51	0.00		2439.82	0.01806	0.36	45.51	35.56	0.46
9166.12	T= 100 años	94.7	2438.97	2439.51	0.50		2439.63	0.001224	0.29	122.24	63.2	0.16
9155.83	T= 100 años	94.7	2438.61	2439.5	0.80		2439.62	0.001175	0.38	123.41	61.49	0.17
9143.99	T= 100 años	94.7	2438.59	2439.48	0.80		2439.6	0.001074	0.35	119.99	53.32	0.16
9137.24	T= 100 años	94.7	2438.68	2439.47	0.70		2439.59	0.001068	0.32	117.08	50.85	0.16
9110.09	T= 100 años	94.7	2439.12	2439.45	0.30		2439.57	0.001078	0.2	105.96	41.69	0.14
9057.27	T= 100 años	94.7	2438.27	2439.38	1.10		2439.55	0.003063	0.77	72.55	37.65	0.29
9043.49	T= 100 años	94.7	2439.06	2439.28	0.20		2439.5	0.005905	0.37	58.09	36.37	0.31
9030.34	T= 100 años	94.7	2439.28	2439.21	0.00		2439.4	0.005232		63.72	42.68	0
9017.47	T= 100 años	94.7	2438.3	2439.22	0.90		2439.34	0.001614	0.43	103.64	60.44	0.19
9004.30	T= 100 años	94.7	2437.53	2439.2	1.60		2439.32	0.002274	0.72	106.96	70.95	0.24
8935.68	T= 100 años	94.7	2437.17	2439.17	2.00		2439.26	0.000765	0.44	151.23	80.55	0.14
8920.76	T= 100 años	94.7	2438	2439.14	1.10		2439.25	0.001386	0.41	123.28	84.37	0.17
8900.46	T= 100 años	94.7	2436.19	2438.96	2.70		2439.17	0.008257	1.26	58.47	46.34	0.44
8885.84	T= 100 años	94.7	2436.5	2438.9	2.40		2439.05	0.005019	0.92	72.78	55.42	0.34
8873.41	T= 100 años	94.7	2436.81	2438.88	2.00		2439	0.002903	0.68	91.72	65.53	0.26
8858.78	T= 100 años	94.7	2436	2438.86	2.80		2438.96	0.002137	0.48	110.38	95.68	0.2
8844.66	T= 100 años	94.7	2436.04	2438.86	2.80		2438.94	0.001335	0.62	136.61	97.37	0.19
8787.97	T= 100 años	94.7	2437.04	2438.82	1.70		2438.9	0.000872	0.46	152.86	98.55	0.15

8772.68	T= 100 años	94.7	2436.67	2438.82	2.10		2438.89	0.000621	0.38	171.42	102.69	0.12
8758.86	T= 100 años	94.7	2436	2438.8	2.80		2438.88	0.000903	0.45	149.94	98.91	0.15
8746.28	T= 100 años	94.7	2437.47	2438.79	1.30		2438.86	0.001303	0.52	134.5	97.23	0.18
8734.29	T= 100 años	94.7	2437.66	2438.77	1.10		2438.85	0.001237	0.49	138.59	100.32	0.17
8720.80	T= 100 años	94.7	2437.91	2438.76	0.80		2438.83	0.000911	0.42	160.66	112.81	0.15
8704.62	T= 100 años	94.7	2436	2438.71	2.70		2438.8	0.004363	1	96.95	99.21	0.33
8689.41	T= 100 años	94.7	2436	2438.36	2.30	2438.38	2438.67	0.057102	2.21	39.96	74.6	1.03
8678.33	T= 100 años	94.7	2436	2438.34	2.30	2437.78	2438.49	0.005771	0.96	80.52	82.09	0.36
8666.66	T= 100 años	94.7	2436	2438.36	2.30		2438.45	0.001104	0.64	138.82	87.63	0.17
8654.38	T= 100 años	94.7	2436	2438.15	2.10		2438.4	0.025164	1.91	54.01	82.19	0.71
8640.34	T= 100 años	94.7	2436	2438.18	2.10		2438.3	0.001875	0.95	117.36	100.06	0.23
8627.20	T= 100 años	94.7	2436	2438.11	2.10		2438.26	0.003643	1.21	87.53	96.52	0.32
8604.23	T= 100 años	94.7	2436	2438	2.00		2438.18	0.003946	1.39	71.69	53.38	0.34
8576.33	T= 100 años	94.7	2436	2437.67	1.60		2437.98	0.013432	2.17	43.6	32.84	0.6
8547.32	T= 100 años	94.7	2436	2437.36	1.30		2437.6	0.011189	1.92	51.73	47.44	0.55
8511.45	T= 100 años	94.7	2436	2436.5	0.50		2436.73	0.030882	1.65	48.54	78.39	0.78
8498.90	T= 100 años	94.7	2435.72	2435.76	0.00	2435.8	2436.16	0.052195	0.43	35.82	52.23	0.68
8486.26	T= 100 años	94.7	2435.2	2435.23	0.00	2435.01	2435.43	0.016919	0.26	54.93	63.93	0.39
8385.17	T= 100 años	94.7	2433.5	2434.74	1.20		2434.88	0.008723	1.41	72.64	84.74	0.47
8366.92	T= 100 años	94.7	2432.23	2434.7	2.40		2434.8	0.002571	1.07	101.19	86.19	0.28
8341.31	T= 100 años	94.7	2432	2434.67	2.60		2434.75	0.001118	0.82	133.12	93.43	0.19
8323.12	T= 100 años	94.7	2432.48	2434.6	2.10		2434.71	0.0055	1.22	85.28	91.7	0.38
8308.96	T= 100 años	94.7	2432.21	2434.39	2.10	2434.29	2434.57	0.019305	1.8	58.11	92.41	0.67
8285.92	T= 100 años	94.7	2432	2433.65	1.60	2433.65	2434.02	0.032961	2.45	39.82	55.63	0.87
8261.29	T= 100 años	94.7	2432	2433.48	1.40		2433.67	0.00655	1.59	60.18	45.69	0.43
8247.84	T= 100 años	94.7	2432	2433.29	1.20		2433.54	0.01215	1.99	47.68	38.6	0.57
8236.06	T= 100 años	94.7	2432	2433.12	1.10		2433.39	0.01532	2.08	46.11	45.7	0.63

8222.64	T= 100 años	94.7	2432	2433	1.00		2433.19	0.011583	1.74	58.29	61.34	0.54
8212.36	T= 100 años	94.7	2432	2432.81	0.80		2433.03	0.021613	2.05	49.55	64.92	0.72
8202.14	T= 100 años	94.7	2431.79	2432.63	0.80		2432.81	0.020519	1.77	56.17	82.87	0.68
8190.98	T= 100 años	94.7	2431.09	2432.22	1.10	2432.25	2432.52	0.032038	2.41	44.87	80.8	0.87
8169.06	T= 100 años	94.7	2430	2431.41	1.40	2430.93	2431.59	0.00776	1.56	60.72	52.29	0.46
8160.93	T= 100 años	94.7	2430	2431.37	1.30		2431.53	0.005647	1.38	68.43	54.12	0.39
8116.51	T= 100 años	94.7	2430	2430.61	0.60	2430.65	2430.96	0.045252	2.5	38.19	60.87	1
8088.41	T= 100 años	94.7	2428.41	2429.59	1.10	2429.38	2429.83	0.017471	1.87	50.75	57.69	0.65
8058.88	T= 100 años	94.7	2428	2429.41	1.40		2429.53	0.003718	1.11	87	69.02	0.32
8037.97	T= 100 años	94.7	2428	2429.34	1.30		2429.45	0.003155	1.02	94.04	74.84	0.29
8018.35	T= 100 años	94.7	2428	2429.23	1.20		2429.36	0.00534	1.28	75.13	64.33	0.38
8001.47	T= 100 años	94.7	2428	2428.97	0.90		2429.2	0.016914	1.96	48.76	53.36	0.65
7985.64	T= 100 años	94.7	2428	2428.51	0.50	2428.55	2428.86	0.025227	1.61	43.65	60.68	0.72
7976.80	T= 100 años	94.7	2427.47	2427.68	0.20	2428.03	2428.5	0.060119	1.07	27.21	47.69	0.9
7967.10	T= 100 años	94.7	2426	2426.95	0.90	2427.22	2427.75	0.120284	2.42	26.47	55.92	1.43
7956.62	T= 100 años	94.7	2426	2426.74	0.70	2426.78	2427.11	0.047408	2.61	37.57	58.67	1.03
7903.90	T= 100 años	94.7	2422	2423.64	1.60	2422.94	2423.84	0.006778	1.63	58.24	35.97	0.41
7888.71	T= 100 años	94.7	2422	2423.46	1.40		2423.71	0.011088	1.93	49.01	33.3	0.51
7875.37	T= 100 años	94.7	2421.97	2422.91	0.90	2422.96	2423.42	0.048275	3	31.62	34.63	1
7863.62	T= 100 años	94.7	2420.96	2422.01	1.00	2422.19	2422.69	0.078621	3.52	26.93	34.02	1.26
7852.61	T= 100 años	94.7	2419.83	2421.17	1.30	2421.35	2421.89	0.069179	3.6	26.32	29.05	1.21
7842.58	T= 100 años	94.7	2418	2420.29	2.20	2419.75	2420.61	0.0122	2.12	44.67	29.37	0.55
7831.79	T= 100 años	94.7	2418	2420.2	2.10		2420.48	0.009693	1.96	48.24	29.91	0.49
7818.09	T= 100 años	94.7	2418	2420	2.00		2420.32	0.013589	2.19	43.18	29.28	0.58
7801.57	T= 100 años	94.7	2418	2419.78	1.70		2420.1	0.013667	2.14	44.32	31.25	0.57
7779.87	T= 100 años	94.7	2417.29	2418.95	1.60	2419.02	2419.58	0.046106	3.31	28.6	25.61	1
7753.94	T= 100 años	94.7	2416	2418.39	2.30	2417.2	2418.57	0.00314	1.27	74.42	37.83	0.29

7743.09	T= 100 años	94.7	2416	2418.26	2.20		2418.51	0.00839	1.75	54.26	35.87	0.45
7727.64	T= 100 años	94.7	2416	2417.88	1.80		2418.3	0.019588	2.63	36.02	24.25	0.69
7716.71	T= 100 años	94.7	2416	2417.85	1.80		2418.12	0.009046	1.95	48.58	28.35	0.48
7707.38	T= 100 años	94.7	2416	2417.76	1.70		2418.03	0.009746	1.98	47.93	29.11	0.49
7695.78	T= 100 años	94.7	2416	2417.64	1.60		2417.91	0.010806	2.01	47.13	30.29	0.51
7681.56	T= 100 años	94.7	2416	2417.3	1.30		2417.68	0.025124	2.52	37.55	33	0.75
7671.66	T= 100 años	94.7	2416	2417.27	1.20		2417.48	0.010428	1.74	54.51	42.9	0.49
7660.39	T= 100 años	94.7	2416	2416.78	0.70	2416.83	2417.23	0.050099	2.83	33.5	41.41	1
7597.91	T= 100 años	94.7	2414	2415.12	1.10	2414.78	2415.31	0.013185	1.76	58.13	57.39	0.54
7584.98	T= 100 años	94.7	2413.96	2414.72	0.70	2414.69	2415.03	0.043938	2.44	40.93	58.23	0.93
7571.11	T= 100 años	94.7	2413.08	2414.24	1.10	2414.22	2414.52	0.03176	2.2	47.09	75.97	0.8
7558.53	T= 100 años	94.7	2412.28	2413.57	1.20	2413.62	2414.02	0.04928	2.81	33.76	42.79	1
7541.64	T= 100 años	94.7	2412	2413.09	1.00	2412.64	2413.21	0.007027	1.25	82.66	83.84	0.4
7528.14	T= 100 años	94.7	2412	2412.99	0.90		2413.1	0.008333	1.31	77.74	82.8	0.43
7512.36	T= 100 años	94.7	2411.97	2412.54	0.50	2412.54	2412.82	0.052818	2.33	45.25	78.97	0.98
7497.91	T= 100 años	94.7	2410.45	2411.57	1.10	2411.62	2412.06	0.048757	2.93	32.33	37.41	1.01
7488.63	T= 100 años	94.7	2410	2411.06	1.00	2410.76	2411.27	0.014657	1.8	52.72	52.84	0.57
7473.88	T= 100 años	94.7	2410	2410.97	0.90		2411.1	0.007462	1.28	74.34	76.76	0.41
7465.43	T= 100 años	94.7	2410	2410.89	0.80		2411.03	0.009666	1.38	69.72	79.81	0.46
7455.05	T= 100 años	94.7	2410	2410.79	0.70		2410.92	0.011357	1.38	68.96	88.14	0.48
7442.32	T= 100 años	94.7	2409.25	2410.52	1.20		2410.72	0.022223	1.73	56.91	90.67	0.66
7431.11	T= 100 años	94.7	2408.05	2409.74	1.60	2409.8	2410.34	0.045788	3.25	29.13	27.41	1.01
7418.68	T= 100 años	94.7	2408	2408.87	0.80	2409.08	2409.58	0.085345	3.69	26.17	34.9	1.32
7409.98	T= 100 años	94.7	2408	2408.58	0.50	2408.61	2408.92	0.041076	2.04	40.55	63.45	0.86
7396.49	T= 100 años	94.7	2407.59	2407.92	0.30	2407.96	2408.41	0.041431	0.97	32.49	40.06	0.72
7363.19	T= 100 años	94.7	2406	2407.27	1.20	2406.75	2407.41	0.005909	1.06	76.36	71.71	0.35
7345.97	T= 100 años	94.7	2406	2407.23	1.20		2407.34	0.003982	1.01	89.06	75.27	0.3

7333.59	T= 100 años	94.7	2406	2407.18	1.10		2407.29	0.003717	0.95	93.1	80.47	0.29
7323.11	T= 100 años	94.7	2406	2407.15	1.10		2407.25	0.003531	0.92	96.85	85.51	0.28
7309.74	T= 100 años	94.7	2406	2407.06	1.00		2407.18	0.006825	1.23	76.2	76.2	0.39
7297.83	T= 100 años	94.7	2406	2406.93	0.90		2407.07	0.011639	1.44	65.35	78.1	0.49
7285.60	T= 100 años	94.7	2406	2406.85	0.80		2406.95	0.007604	1.17	81.88	100	0.4
7271.59	T= 100 años	94.7	2406	2406.59	0.50		2406.75	0.022545	1.6	58.97	99.82	0.65
7257.46	T= 100 años	94.7	2405.17	2406.1	0.90	2406.13	2406.34	0.03321	2.12	49.05	114.19	0.8
7243.90	T= 100 años	94.7	2404.34	2405.58	1.20	2405.5	2405.87	0.029356	2.2	43.79	59.79	0.77
7233.00	T= 100 años	94.7	2404	2405.42	1.40		2405.63	0.014477	1.76	54.22	58	0.56
7223.54	T= 100 años	94.7	2404	2405.33	1.30		2405.51	0.010197	1.58	61.17	62.32	0.48
7199.65	T= 100 años	94.7	2404	2405.14	1.10		2405.28	0.008094	1.38	71.24	77.23	0.42
7182.20	T= 100 años	94.7	2404	2405.03	1.00		2405.14	0.005904	1.1	82.64	89.94	0.35
7173.19	T= 100 años	94.7	2404	2404.98	0.90		2405.09	0.005272	1.01	86.66	95.06	0.33
7134.92	T= 100 años	94.7	2404	2404.81	0.80		2404.93	0.008418	1.15	75.3	95.5	0.41
7111.07	T= 100 años	94.7	2403.51	2404.36	0.80	2404.38	2404.62	0.05051	2.21	44.02	93.78	0.94
7092.21	T= 100 años	94.7	2402.64	2403.93	1.20	2403.65	2404.1	0.009766	1.43	68.19	98.06	0.46
7079.92	T= 100 años	94.7	2402	2403.94	1.90		2404.04	0.001389	0.71	127.46	109.1	0.18
7071.50	T= 100 años	94.7	2402	2403.94	1.90		2404.03	0.00061	0.51	169.56	121.81	0.12
7049.25	T= 100 años	94.7	2402	2403.93	1.90		2404.02	0.000668	0.47	154.74	108.53	0.13
7021.11	T= 100 años	94.7	2402	2403.9	1.90		2404.01	0.001104	0.47	114.83	82.68	0.15
7007.72	T= 100 años	94.7	2402.06	2403.89	1.80		2403.99	0.000962	0.44	120.52	85.32	0.14
6997.61	T= 100 años	94.7	2402	2403.88	1.80		2403.98	0.000939	0.46	124.47	86.17	0.14
6986.45	T= 100 años	94.7	2402	2403.87	1.80		2403.97	0.000809	0.51	139.26	90.41	0.14
6971.98	T= 100 años	94.7	2402	2403.87	1.80		2403.96	0.000745	0.56	143.56	85.22	0.14
6957.14	T= 100 años	94.7	2402	2403.85	1.80		2403.94	0.001258	0.72	119.38	75.33	0.18
6934.56	T= 100 años	94.7	2402	2403.8	1.80		2403.91	0.002602	0.99	96.15	77.59	0.25
6920.09	T= 100 años	94.7	2402	2403.69	1.60		2403.85	0.00679	1.43	69.57	65.84	0.4

6900.38	T= 100 años	94.7	2402	2403.41	1.40		2403.65	0.016806	2	49.43	53.98	0.61
6889.52	T= 100 años	94.7	2402	2403.24	1.20		2403.48	0.01736	1.98	49.5	54.01	0.61
6878.27	T= 100 años	94.7	2401.68	2402.74	1.00	2402.78	2403.15	0.053076	2.7	35.14	48.56	1.01
6866.59	T= 100 años	94.7	2400.75	2401.88	1.10	2402.03	2402.42	0.073536	3.19	30.17	45.82	1.19
6857.58	T= 100 años	94.7	2400	2401.1	1.00	2401.3	2401.74	0.077082	3.4	27.94	40.21	1.23
6848.14	T= 100 años	94.7	2400	2401.22	1.20	2400.83	2401.4	0.007061	1.2	62.9	61.75	0.39
6823.98	T= 100 años	94.7	2400	2401.16	1.10		2401.3	0.005019	1.05	75.28	73.77	0.33
6815.96	T= 100 años	94.7	2400	2401.12	1.10		2401.26	0.006051	1.16	72.02	73.8	0.36
6798.38	T= 100 años	94.7	2400	2401.04	1.00		2401.18	0.006836	1.16	71.36	79.73	0.38
6783.97	T= 100 años	94.7	2400	2400.94	0.90		2401.1	0.008615	1.17	65.65	80.55	0.41
6769.07	T= 100 años	94.7	2400	2400.67	0.60	2400.66	2400.96	0.026893	1.68	43.37	71.06	0.69
6755.45	T= 100 años	94.7	2399	2400.43	1.40		2400.68	0.033947	2.19	49.47	81.35	0.82
6741.73	T= 100 años	94.7	2397.69	2400.33	2.60		2400.47	0.008689	1.47	74.97	85.3	0.44
6718.33	T= 100 años	94.7	2398	2399.71	1.70	2399.76	2400.16	0.036066	3.16	37.41	46.78	0.91
6678.77	T= 100 años	94.7	2398	2399.07	1.00	2398.78	2399.24	0.01348	1.67	60.75	72.45	0.54
6671.09	T= 100 años	94.7	2398	2398.93	0.90		2399.13	0.017823	1.8	56.28	72.19	0.61
6662.38	T= 100 años	94.7	2397.71	2398.81	1.00		2398.97	0.015708	1.65	61.48	83.32	0.57
6650.77	T= 100 años	94.7	2397	2398.36	1.30	2398.39	2398.66	0.049797	2.4	42.21	77.36	0.97
6629.53	T= 100 años	94.7	2396	2397.67	1.60		2398.02	0.020647	2.39	39.63	32.63	0.69
6618.29	T= 100 años	94.7	2396	2397.54	1.50		2397.81	0.01378	2.01	47.14	37.22	0.57
6601.98	T= 100 años	94.7	2396	2397.35	1.30		2397.59	0.012737	1.87	50.69	41.96	0.54
6591.14	T= 100 años	94.7	2395.15	2396.8	1.60	2396.86	2397.33	0.047288	3.03	31.28	33.6	1
6578.10	T= 100 años	94.7	2394	2396.49	2.40	2396.23	2396.83	0.021415	2.32	40.8	35.77	0.69
6564.00	T= 100 años	94.7	2394	2395.84	1.80	2395.9	2396.37	0.050111	3.04	31.17	34.66	1.02
6544.41	T= 100 años	94.7	2394	2395.67	1.60	2395.22	2395.87	0.010851	1.65	57.53	51.26	0.5
6529.50	T= 100 años	94.7	2394	2395.58	1.50		2395.74	0.006222	1.36	70.46	56.32	0.39
6519.81	T= 100 años	94.7	2394	2395.53	1.50		2395.68	0.005419	1.28	74.91	58.71	0.36

6508.62	T= 100 años	94.7	2394	2395.48	1.40		2395.62	0.004839	1.22	78.06	60.93	0.34
6491.55	T= 100 años	94.7	2392	2395.5	3.50		2395.58	0.000425	0.58	166.56	66.85	0.11
6476.86	T= 100 años	94.7	2392.92	2395.47	2.50	2394.19	2395.57	0.001327	0.83	117.73	65.62	0.19
6476.86	**Puente Sabandia**											
6465.66	T= 100 años	94.7	2394	2395.42	1.40		2395.53	0.003245	1.07	91.21	65.3	0.28
6455.02	T= 100 años	94.7	2394	2395.39	1.30		2395.5	0.002879	0.99	97.32	69.63	0.27
6441.68	T= 100 años	94.7	2394	2395.35	1.30		2395.46	0.003307	1.04	92.49	67.41	0.28
6429.53	T= 100 años	94.7	2394	2395.3	1.30		2395.42	0.003792	1.09	88.51	66.74	0.3
6416.55	T= 100 años	94.7	2393.09	2395.29	2.10		2395.38	0.001679	0.82	119.23	78.62	0.21
6404.29	T= 100 años	94.7	2391.77	2395.3	3.50		2395.37	0.000233	0.46	221.41	94.46	0.09
6387.97	T= 100 años	94.7	2389.51	2395.3	5.70		2395.36	0.000038	0.26	397.55	107.13	0.04
6371.53	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.000012	0.19	565.69	104.86	0.02
6357.14	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.000011	0.18	596.77	109.71	0.02
6343.35	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.00001	0.17	632.38	112.03	0.02
6327.53	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.000012	0.18	600.37	111.79	0.02
6311.96	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.000024	0.24	455.28	105.89	0.03
6295.35	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.000034	0.26	372.48	71.25	0.03
6275.38	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.000034	0.27	359.16	58.68	0.03
6259.70	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.000043	0.28	351.91	68.07	0.04
6240.28	T= 100 años	94.7	2388	2395.3	7.30		2395.36	0.000021	0.21	496.55	105.79	0.03
6221.99	T= 100 años	94.7	2387.99	2395.3	7.30		2395.36	0.000018	0.18	624.29	136.52	0.02
6201.32	T= 100 años	94.7	2386	2395.3	9.30		2395.36	0.000008	0.14	838.65	137.09	0.02
6183.07	T= 100 años	94.7	2386	2395.3	9.30		2395.36	0.000006	0.13	852.99	128.46	0.01
6162.79	T= 100 años	94.7	2386	2395.3	9.30		2395.36	0.000004	0.12	939.11	119.39	0.01
6148.46	T= 100 años	94.7	2386	2395.3	9.30		2395.36	0.000005	0.12	974.02	145.77	0.01
6134.95	T= 100 años	94.7	2386	2395.3	9.30		2395.36	0.000006	0.1	960.2	146.01	0.01
6119.57	T= 100 años	94.7	2386.76	2395.3	8.50		2395.36	0.00001	0.12	831.94	153.42	0.02

6096.51	T= 100 años	94.7	2389.87	2395.3	5.40		2395.36	0.00002	0.08	684.51	155.72	0.02
6083.00	T= 100 años	94.7	2386	2395.3	9.30		2395.36	0.000024	0.09	642.75	153.71	0.02
6053.19	T= 100 años	94.7	2388.42	2395.29	6.80		2395.35	0.00004	0.14	551.33	151.24	0.03
6039.16	T= 100 años	94.7	2388.84	2395.29	6.40		2395.35	0.000081	0.23	403.54	139.38	0.04
6022.41	T= 100 años	94.7	2386.63	2395.29	8.60		2395.35	0.0001	0.25	388.09	141.75	0.04
6001.01	T= 100 años	94.7	2386	2395.28	9.20		2395.35	0.00048	0.45	221.11	110.58	0.1
5988.90	T= 100 años	94.7	2390.93	2395.27	4.30		2395.34	0.00064	0.59	170.79	83.78	0.12
5968.20	T= 100 años	94.7	2392	2395.26	3.20		2395.33	0.000425	0.5	217.71	107.18	0.1
5942.14	T= 100 años	94.7	2392.53	2395.25	2.70		2395.32	0.000537	0.5	207.86	113.33	0.11
5926.99	T= 100 años	94.7	2393.08	2395.24	2.10		2395.31	0.001116	0.6	164.52	101.49	0.15
5910.12	T= 100 años	94.7	2393.8	2395.21	1.40		2395.29	0.002048	0.67	140.39	106.15	0.19
5894.08	T= 100 años	94.7	2394	2395.17	1.10		2395.25	0.003108	0.79	122.06	102.65	0.23
5878.27	T= 100 años	94.7	2393.47	2395.15	1.60		2395.21	0.001083	0.52	170.2	109.51	0.14
5863.08	T= 100 años	94.7	2392.72	2395.15	2.40		2395.2	0.0003	0.34	274.07	139.51	0.08
5842.62	T= 100 años	94.7	2392.93	2395.14	2.20		2395.2	0.000487	0.39	240.43	143.33	0.1
5816.61	T= 100 años	94.7	2393.95	2395.11	1.10		2395.17	0.00188	0.61	160.14	136.2	0.18
5799.48	T= 100 años	94.7	2394	2395.05	1.00		2395.13	0.003708	0.83	121.83	116.68	0.25
5784.73	T= 100 años	94.7	2394	2394.99	0.90		2395.07	0.004481	1	110.1	113.1	0.32
5769.34	T= 100 años	94.7	2394	2394.89	0.80		2394.99	0.006736	1.15	96.05	109.98	0.38
5753.90	T= 100 años	94.7	2394	2394.74	0.70		2394.85	0.011692	1.34	81.14	108.11	0.49
5735.45	T= 100 años	94.7	2393.9	2394.21	0.30	2394.23	2394.43	0.067231	1.44	49.6	119.34	0.95
5710.94	T= 100 años	94.7	2392.5	2392.73	0.20	2392.99	2393.4	0.169424	2.12	28.8	64.84	1.49
5699.72	T= 100 años	94.7	2392	2392.51	0.50	2392.48	2392.68	0.04714	1.78	57.48	131.98	0.88
5686.92	T= 100 años	94.7	2391.31	2391.77	0.40	2391.67	2392.11	0.030989	0.67	41.39	64.19	0.59
5672.62	T= 100 años	94.7	2391.04	2391.56	0.50		2391.78	0.016784	0.82	54.15	76.69	0.49
5659.42	T= 100 años	94.7	2390.63	2391.37	0.70		2391.54	0.010501	0.81	66.78	86.35	0.41
5643.99	T= 100 años	94.7	2390.56	2391.21	0.60		2391.37	0.011461	0.77	65.05	87.24	0.42

5631.07	T= 100 años	94.7	2390.41	2391.11	0.70		2391.28	0.01293	0.86	64.61	92.05	0.45
5617.65	T= 100 años	94.7	2390.19	2390.99	0.70		2391.14	0.011552	0.94	69.59	95.82	0.44
5572.31	T= 100 años	94.7	2390	2390.72	0.70		2390.85	0.012714	1.35	69.82	93.51	0.5
5561.46	T= 100 años	94.7	2390	2390.36	0.30	2390.38	2390.62	0.045425	1.61	46.06	92.24	0.85
5547.29	T= 100 años	94.7	2388.58	2389.16	0.50	2389.31	2389.63	0.10645	2.35	33.2	75.36	1.28
5527.49	T= 100 años	94.7	2388	2388.49	0.40	2388.48	2388.72	0.042948	1.91	50	101.3	0.86
5510.26	T= 100 años	94.7	2386	2387.56	1.50	2387.61	2388	0.039068	3	35.56	41.53	0.92
5495.31	T= 100 años	94.7	2386	2386.55	0.50	2386.71	2387.07	0.113976	3.17	30.72	62.49	1.41
5481.88	T= 100 años	94.7	2385.28	2386.22	0.90	2386.24	2386.43	0.053551	1.95	52.77	136.88	0.95
5467.03	T= 100 años	94.7	2384	2384.89	0.80	2385.05	2385.45	0.078776	3.23	30.29	48.59	1.24
5448.97	T= 100 años	94.7	2383.12	2384.36	1.20	2384.39	2384.7	0.044322	2.58	41.53	69.22	0.94
5434.97	T= 100 años	94.7	2382	2383.04	1.00	2383.27	2383.74	0.110267	3.6	26.27	41.29	1.44
5418.89	T= 100 años	94.7	2381.5	2382.54	1.00	2382.55	2382.87	0.043106	2.41	40.22	60.4	0.92
5404.30	T= 100 años	94.7	2380.34	2381.7	1.30	2381.76	2382.2	0.047834	2.96	31.96	35.94	1
5387.03	T= 100 años	94.7	2379.37	2380.26	0.80	2380.47	2380.93	0.128389	3.55	26.66	48.06	1.52
5366.42	T= 100 años	94.7	2378	2379.56	1.50	2379.19	2379.79	0.013239	1.83	51.73	45.75	0.55
5347.77	T= 100 años	94.7	2378	2378.89	0.80	2378.94	2379.35	0.049693	2.83	33.5	41.67	1.01
5333.02	T= 100 años	94.7	2376.27	2377.85	1.50	2378.05	2378.54	0.058996	3.49	27.15	27.85	1.13
5312.12	T= 100 años	94.7	2376	2377.08	1.00	2377.14	2377.65	0.046537	3.17	29.89	29.55	1.01
5295.19	T= 100 años	94.7	2375.13	2376.2	1.00	2376.31	2376.71	0.068066	3.07	30.97	45.33	1.16
5279.41	T= 100 años	94.7	2374.07	2375.32	1.20	2375.38	2375.82	0.050359	2.96	31.99	37.52	1.02
5264.84	T= 100 años	94.7	2374	2375.01	1.00	2374.81	2375.23	0.01908	1.99	52.04	66.84	0.64
5249.95	T= 100 años	94.7	2374	2374.92	0.90		2375.02	0.006716	1.13	83.9	92.38	0.38
5234.39	T= 100 años	94.7	2374	2374.48	0.40	2374.51	2374.77	0.058799	2.22	42.09	83.8	1.01
5221.15	T= 100 años	94.7	2372.45	2372.8	0.30	2373.1	2373.64	0.118415	1.91	24.66	40.63	1.26
5207.29	T= 100 años	94.7	2372	2372.8	0.80	2372.57	2372.95	0.015076	1.47	62.43	80.37	0.55
5193.22	T= 100 años	94.7	2371.69	2372.32	0.60	2372.34	2372.59	0.05468	1.79	44.04	90.85	0.93

5175.20	T= 100 años	94.7	2370.28	2371.38	1.00	2371.23	2371.64	0.025514	2.15	45.96	54.68	0.73
5151.15	T= 100 años	94.7	2370	2370.86	0.80		2371.06	0.026951	1.9	51.65	60.93	0.65
5134.59	T= 100 años	94.7	2369.24	2370.17	0.90	2370.2	2370.44	0.057436	2.4	46.09	88.14	0.92
5118.35	T= 100 años	94.7	2368	2369.52	1.50	2369.19	2369.75	0.017236	1.93	53.06	61.54	0.55
5099.22	T= 100 años	94.7	2368	2369.18	1.10		2369.4	0.020268	1.94	52.63	55.82	0.59
5081.99	T= 100 años	94.7	2367.75	2368.48	0.70	2368.51	2368.8	0.074648	2.27	39.82	68.47	1
5063.86	T= 100 años	94.7	2366	2367.27	1.20	2367.07	2367.51	0.029216	1.99	49.29	58.28	0.68
5046.52	T= 100 años	94.7	2364.96	2366.46	1.50	2366.5	2366.85	0.053063	2.79	38.83	55.66	0.92
5029.98	T= 100 años	94.7	2364	2365.43	1.40	2365.16	2365.8	0.026992	2.51	37.68	28.04	0.69
5014.20	T= 100 años	94.7	2363.89	2364.79	0.90	2364.83	2365.19	0.061711	2.71	36.56	51.37	0.97
4996.13	T= 100 años	94.7	2362	2363.22	1.20	2363.05	2363.43	0.028462	1.94	52.48	68.8	0.67
4977.44	T= 100 años	94.7	2362	2362.32	0.30	2362.34	2362.59	0.071382	1.66	44.43	89.34	0.91
4953.66	T= 100 años	94.7	2360	2360.87	0.80	2360.79	2361.11	0.041321	1.2	49.05	80.32	0.68
4937.56	T= 100 años	94.7	2360	2360.47	0.40	2360.2	2360.64	0.011938	0.93	74.63	86.21	0.4
4922.52	T= 100 años	94.7	2359.77	2359.38	-0.30	2359.46	2360.16	0.070307		25.49	18.32	0
4909.80	T= 100 años	94.7	2358	2358.6	0.50	2358.36	2358.93	0.021404	0.95	49.51	59.16	0.51
4895.26	T= 100 años	94.7	2357.75	2357.59	-0.10	2357.68	2358.4	0.06995		25.09	17.52	0
4875.58	T= 100 años	94.7	2356	2356.41	0.40	2356.7	2357.3	0.240937	3.32	23.56	45.92	1.71
4858.90	T= 100 años	94.7	2355.34	2355.62	0.20	2355.69	2356.09	0.046673	0.83	36.11	53.3	0.65
4843.92	T= 100 años	94.7	2354	2354.94	0.90	2354.79	2355.13	0.024316	1.15	57.78	78.96	0.56
4827.08	T= 100 años	94.7	2353.63	2354.22	0.50	2354.25	2354.51	0.056502	1.29	44.32	81.13	0.78
4807.61	T= 100 años	94.7	2352.56	2353.03	0.40	2353.15	2353.55	0.048089	1.56	32.79	45.13	0.91
4787.36	T= 100 años	94.7	2352	2352.09	0.00	2352.13	2352.44	0.046656	0.77	38.42	69.01	0.75
4773.00	T= 100 años	94.7	2351.12	2351.88	0.70	2350.73	2351.99	0.001935	0.37	98.07	52.6	0.18
4747.31	T= 100 años	94.7	2350	2351.88	1.80		2351.97	0.000907	0.54	151.63	95.4	0.16
4735.35	T= 100 años	94.7	2350	2351.88	1.80		2351.96	0.000597	0.51	178.23	102.64	0.13
4710.13	T= 100 años	94.7	2350	2351.87	1.80		2351.95	0.00057	0.48	185.55	110.42	0.13

4695.11	T= 100 años	94.7	2350	2351.86	1.80		2351.94	0.000669	0.47	177.9	113.91	0.14
4675.89	T= 100 años	94.7	2350	2351.85	1.80		2351.93	0.000889	0.52	165.45	119.47	0.15
4652.30	T= 100 años	94.7	2350	2351.84	1.80		2351.92	0.000767	0.54	173.11	118.89	0.15
4637.41	T= 100 años	94.7	2350	2351.83	1.80		2351.91	0.000598	0.52	190.03	125.39	0.13
4612.88	T= 100 años	94.7	2350	2351.8	1.80		2351.89	0.000832	0.65	150.5	99.27	0.16
4599.51	T= 100 años	94.7	2350	2351.79	1.70		2351.88	0.000777	0.65	150.99	95.98	0.16
4579.18	T= 100 años	94.7	2350	2351.78	1.70		2351.86	0.000847	0.66	147.57	92.84	0.16
4549.67	T= 100 años	94.7	2350	2351.69	1.60		2351.81	0.004545	1.12	87.76	85.63	0.34
4533.38	T= 100 años	94.7	2350	2351.57	1.50		2351.7	0.009732	1.21	80.15	77.06	0.38
4515.95	T= 100 años	94.7	2350	2351.34	1.30		2351.49	0.014991	1.48	67.3	77.49	0.47
4497.04	T= 100 años	94.7	2350	2351.06	1.00		2351.19	0.017219	1.49	69.6	92.61	0.5
4466.13	T= 100 años	94.7	2348	2350.37	2.30	2350.25	2350.55	0.029101	1.58	63.84	105.25	0.61
4454.03	T= 100 años	94.7	2348	2349.72	1.70		2350.11	0.043443	2.56	37.01	34.46	0.79
4436.77	T= 100 años	94.7	2348	2349.69	1.60		2349.81	0.005784	1.08	87.71	69.13	0.3
4420.44	T= 100 años	94.7	2348	2349.51	1.50		2349.67	0.013369	1.47	64.55	60.12	0.45
4403.68	T= 100 años	94.7	2348	2349.31	1.30		2349.47	0.011219	1.44	67.38	64.48	0.42
4386.24	T= 100 años	94.7	2348	2349.15	1.10		2349.28	0.009852	1.33	77.46	76.73	0.39
4370.51	T= 100 años	94.7	2348	2348.99	0.90		2349.12	0.010854	1.27	80.89	87.14	0.4
4355.31	T= 100 años	94.7	2348	2348.81	0.80		2348.94	0.012412	1.21	82.24	98.49	0.42
4334.12	T= 100 años	94.7	2346.83	2348.71	1.80		2348.81	0.00319	0.79	129.98	113.31	0.23
4303.32	T= 100 años	94.7	2346	2348.69	2.60		2348.78	0.000427	0.47	227.81	98.67	0.09
4288.88	T= 100 años	94.7	2346	2348.69	2.60		2348.77	0.000306	0.38	258.12	102.34	0.08
4273.36	T= 100 años	94.7	2346	2348.69	2.60		2348.77	0.000228	0.33	298.91	122.83	0.07
4256.26	T= 100 años	94.7	2345.92	2348.68	2.70		2348.76	0.00019	0.31	316.69	125.68	0.06
4227.36	T= 100 años	94.7	2344	2348.68	4.60		2348.76	0.000037	0.23	428.61	127.74	0.04
4213.27	T= 100 años	94.7	2344	2348.68	4.60		2348.76	0.000034	0.23	436.04	125.07	0.04
4195.45	T= 100 años	94.7	2344	2348.68	4.60		2348.76	0.000028	0.22	454.81	120.18	0.04

4182.08	T= 100 años	94.7	2343.51	2348.68	5.10		2348.76	0.000028	0.23	450.69	119.82	0.04
4166.75	T= 100 años	94.7	2342	2348.68	6.60		2348.76	0.000018	0.21	509.76	120.24	0.03
4151.61	T= 100 años	94.7	2344	2348.68	4.60		2348.76	0.000022	0.22	485.26	123.88	0.03
4132.92	T= 100 años	94.7	2344	2348.68	4.60		2348.76	0.000036	0.26	414.38	122.61	0.04
4115.23	T= 100 años	94.7	2344	2348.67	4.60		2348.76	0.000315	0.55	190.58	84.18	0.11
4101.27	T= 100 años	94.7	2344	2348.65	4.60		2348.75	0.001007	0.78	126.67	57.56	0.16
4083.71	T= 100 años	94.7	2346	2348.19	2.10	2348.24	2348.66	0.032674	2.89	34.2	43.36	0.94
4064.02	T= 100 años	94.7	2342.25	2345.92	3.60	2343.65	2346.02	0.00037	0.57	165.96	75.02	0.12
4046.64	T= 100 años	94.7	2338	2345.92	7.90		2346.02	0.000034	0.28	338.06	76.83	0.04
4027.49	T= 100 años	94.7	2338	2345.92	7.90		2346.01	0.000051	0.34	279.28	56.51	0.05
4006.44	T= 100 años	94.7	2344	2345.5	1.50		2345.97	0.020465	2.87	32.99	25.42	0.8
3983.97	T= 100 años	94.7	2343.44	2344.93	1.40	2344.98	2345.37	0.036344	2.78	34.08	43.37	1
3965.57	T= 100 años	94.7	2342	2342.82	0.80	2343.28	2344.18	0.120811	5.05	18.74	23.91	1.82
3946.08	T= 100 años	94.7	2340.51	2341.83	1.30	2342.07	2342.51	0.052947	3.54	26.76	31.6	1.23
3923.42	T= 100 años	94.7	2339.24	2340.28	1.00	2340.54	2341.01	0.08619	3.8	26.88	49.72	1.5
3901.77	T= 100 años	94.7	2337.52	2338.52	1.00	2338.76	2339.31	0.073892	3.81	24.83	33.4	1.41
3887.83	T= 100 años	94.7	2336	2337.09	1.00	2337.32	2337.84	0.165611	3.73	25.37	34.86	1.4
3868.69	T= 100 años	94.7	2334.02	2335.2	1.10	2335.08	2335.57	0.047953	2.3	38.73	37.92	0.78
3852.55	T= 100 años	94.7	2332.93	2333.69	0.70	2333.74	2334.19	0.076735	2.02	32.75	36.85	0.9
3823.34	T= 100 años	94.7	2330.38	2331.24	0.80	2331.58	2332.29	0.306627	4.66	21.21	32.81	1.85
3806.49	T= 100 años	94.7	2327.4	2328.13	0.70	2328.26	2328.59	0.175247	2.47	33.05	70.54	1.29
3789.93	T= 100 años	94.7	2326.19	2327.42	1.20	2327.04	2327.57	0.015078	1.3	69.8	70.69	0.44
3770.34	T= 100 años	94.7	2326	2327.27	1.20		2327.38	0.006236	1.03	93.05	74.54	0.3
3750.92	T= 100 años	94.7	2326	2327.12	1.10		2327.24	0.00952	1.19	81.27	73.53	0.36
3735.68	T= 100 años	94.7	2326	2326.76	0.70		2326.97	0.037428	1.85	51.86	67.37	0.67
3716.04	T= 100 años	94.7	2324.5	2326.19	1.60		2326.4	0.023421	1.72	56	61.38	0.55
3698.63	T= 100 años	94.7	2324	2325.98	1.90		2326.14	0.009403	1.3	72.96	58.37	0.37

3680.53	T= 100 años	94.7	2324	2325.81	1.80		2325.97	0.00983	1.32	71.67	56.55	0.37
3662.80	T= 100 años	94.7	2324	2325.5	1.50		2325.71	0.021523	1.77	53.6	48.91	0.54
3645.09	T= 100 años	94.7	2324	2325.3	1.30		2325.44	0.010569	1.32	72.35	63.29	0.38
3631.42	T= 100 años	94.7	2324	2325.18	1.10		2325.3	0.009558	1.19	80.5	73.12	0.36
3611.96	T= 100 años	94.7	2323.46	2324.53	1.00	2324.56	2324.86	0.091204	2.42	39.77	68.47	1
3593.68	T= 100 años	94.7	2322	2324.03	2.00	2323.35	2324.19	0.010887	1.3	73.39	66.87	0.39
3574.71	T= 100 años	94.7	2322	2323.84	1.80		2324	0.009067	1.36	69.49	48.43	0.36
3551.63	T= 100 años	94.7	2322	2323.57	1.50		2323.76	0.012083	1.6	59.01	39.76	0.42
3521.94	T= 100 años	94.7	2322	2323.31	1.30		2323.44	0.009299	1.28	74.43	60.44	0.36
3497.61	T= 100 años	94.7	2322	2322.57	0.50	2322.6	2322.9	0.093742	2.46	39.11	65.97	1.02
3474.04	T= 100 años	94.7	2320	2321.32	1.30	2321.08	2321.52	0.026237	1.8	56.04	69.09	0.58
3452.02	T= 100 años	94.7	2320	2321.13	1.10		2321.22	0.00726	0.97	97.17	93	0.31
3428.77	T= 100 años	94.7	2320	2320.93	0.90		2321.03	0.009538	1.07	90.31	95.54	0.35
3405.53	T= 100 años	94.7	2319.58	2320.27	0.60	2320.29	2320.53	0.088446	2.23	44.82	93.65	0.97
3381.77	T= 100 años	94.7	2318	2319.29	1.20	2319.01	2319.44	0.022839	1.56	62.87	76.46	0.53
3359.11	T= 100 años	94.7	2318	2318.51	0.50		2318.7	0.055988	1.8	54.44	102.07	0.78
3333.68	T= 100 años	94.7	2316	2317.63	1.60		2317.82	0.021647	1.61	58.34	57.67	0.53
3312.74	T= 100 años	94.7	2316	2317.23	1.20		2317.4	0.016255	1.19	63.32	57.44	0.44
3288.03	T= 100 años	94.7	2316	2316.79	0.70	2316.54	2317.01	0.028173	1.29	54.62	58.03	0.55
3266.06	T= 100 años	94.7	2316	2315.46	-0.50	2315.53	2316.12	0.089196		27.74	23.65	0
3229.75	T= 100 años	94.7	2315.4	2315.31	0.00	2314.79	2315.48	0.007041		63.56	52.27	0
3204.88	T= 100 años	94.7	2315.13	2315.23	0.00		2315.41	0.008528	0.26	59.67	52.95	0.3
3183.64	T= 100 años	94.7	2314	2315.17	1.10		2315.35	0.008452	1.23	59.61	51.99	0.44
3170.05	T= 100 años	94.7	2314	2315.1	1.00		2315.29	0.009659	1.24	58.6	55.65	0.47
3154.92	T= 100 años	94.7	2314	2314.93	0.90		2315.16	0.016973	1.47	49.25	55.12	0.6
3134.60	T= 100 años	94.7	2314	2314.4	0.40	2314.44	2314.76	0.041866	1.77	38.88	62.27	0.89
3113.80	T= 100 años	94.7	2313.26	2313.49	0.20	2313.3	2313.79	0.018575	0.59	43.52	46.25	0.5

3094.49	T= 100 años	94.7	2312.85	2313.19	0.30		2313.46	0.016453	0.63	45.95	50.01	0.48
3074.38	T= 100 años	94.7	2312.16	2312.83	0.60	2312.79	2313.13	0.028569	1.33	42.89	61.99	0.72
3055.72	T= 100 años	94.7	2312	2312.73	0.70		2312.87	0.013364	1.45	63.98	87.57	0.55
3040.57	T= 100 años	94.7	2311.84	2312.49	0.60		2312.68	0.025816	1.65	54.33	96.07	0.73
3023.48	T= 100 años	94.7	2310.87	2311.87	1.00	2311.9	2312.16	0.042615	1.87	43.35	82.76	0.91
2998.73	T= 100 años	94.7	2310	2310.72	0.70	2310.56	2310.89	0.01911	1.66	55.29	80.12	0.65
2980.86	T= 100 años	94.7	2309.07	2309.99	0.90	2310.1	2310.37	0.038104	2.44	42.31	74.27	0.93
2962.67	T= 100 años	94.7	2308.08	2309.42	1.30	2309.09	2309.6	0.009564	1.6	62.09	65.71	0.5
2939.71	T= 100 años	94.7	2308	2309.13	1.10		2309.34	0.012881	1.81	52.38	51.89	0.57
2919.94	T= 100 años	94.7	2308	2309.01	1.00		2309.14	0.006679	1.28	74.24	75.86	0.41
2902.77	T= 100 años	94.7	2308	2308.92	0.90		2309.02	0.006009	1.16	82.07	90.14	0.39
2884.15	T= 100 años	94.7	2308	2308.8	0.80		2308.9	0.00693	1.17	81.99	100.63	0.41
2865.81	T= 100 años	94.7	2308	2308.51	0.50		2308.68	0.024315	1.65	58.2	109.13	0.71
2847.23	T= 100 años	94.7	2306.58	2307.69	1.10	2307.73	2308.07	0.044607	2.65	36.5	53.78	1.01
2825.03	T= 100 años	94.7	2306	2306.93	0.90	2306.64	2307.1	0.0114	1.62	59.61	65.69	0.53
2806.68	T= 100 años	94.7	2305.73	2306.53	0.80		2306.76	0.036566	2.05	46.78	86.01	0.88
2785.89	T= 100 años	94.7	2304	2306.1	2.00		2306.33	0.012552	1.6	61.63	88.59	0.55
2767.28	T= 100 años	94.7	2302.22	2306.13	3.90		2306.25	0.001114	0.74	134.2	101.56	0.18
2748.13	T= 100 años	94.7	2302	2306.14	4.10		2306.24	0.000229	0.45	227.86	107.99	0.09
2727.62	T= 100 años	94.7	2302	2306.13	4.10		2306.23	0.000171	0.4	248.49	104.64	0.08
2709.95	T= 100 años	94.7	2302	2306.13	4.10		2306.23	0.000233	0.45	221.3	100.02	0.09
2693.17	T= 100 años	94.7	2302	2306.12	4.10		2306.22	0.000347	0.53	185.68	86.45	0.11
2676.43	T= 100 años	94.7	2302	2306.12	4.10		2306.22	0.000301	0.52	195.12	88.27	0.1
2657.97	T= 100 años	94.7	2303.56	2306.11	2.50	2304.53	2306.21	0.000481	0.6	167.78	84.88	0.13
2657.97	**Puente Socabaya**											
2642.60	T= 100 años	94.7	2304	2306.09	2.00		2306.2	0.000546	0.62	160.82	85.09	0.13
2625.05	T= 100 años	94.7	2304	2306.08	2.00		2306.19	0.000734	0.69	143.49	82.59	0.15

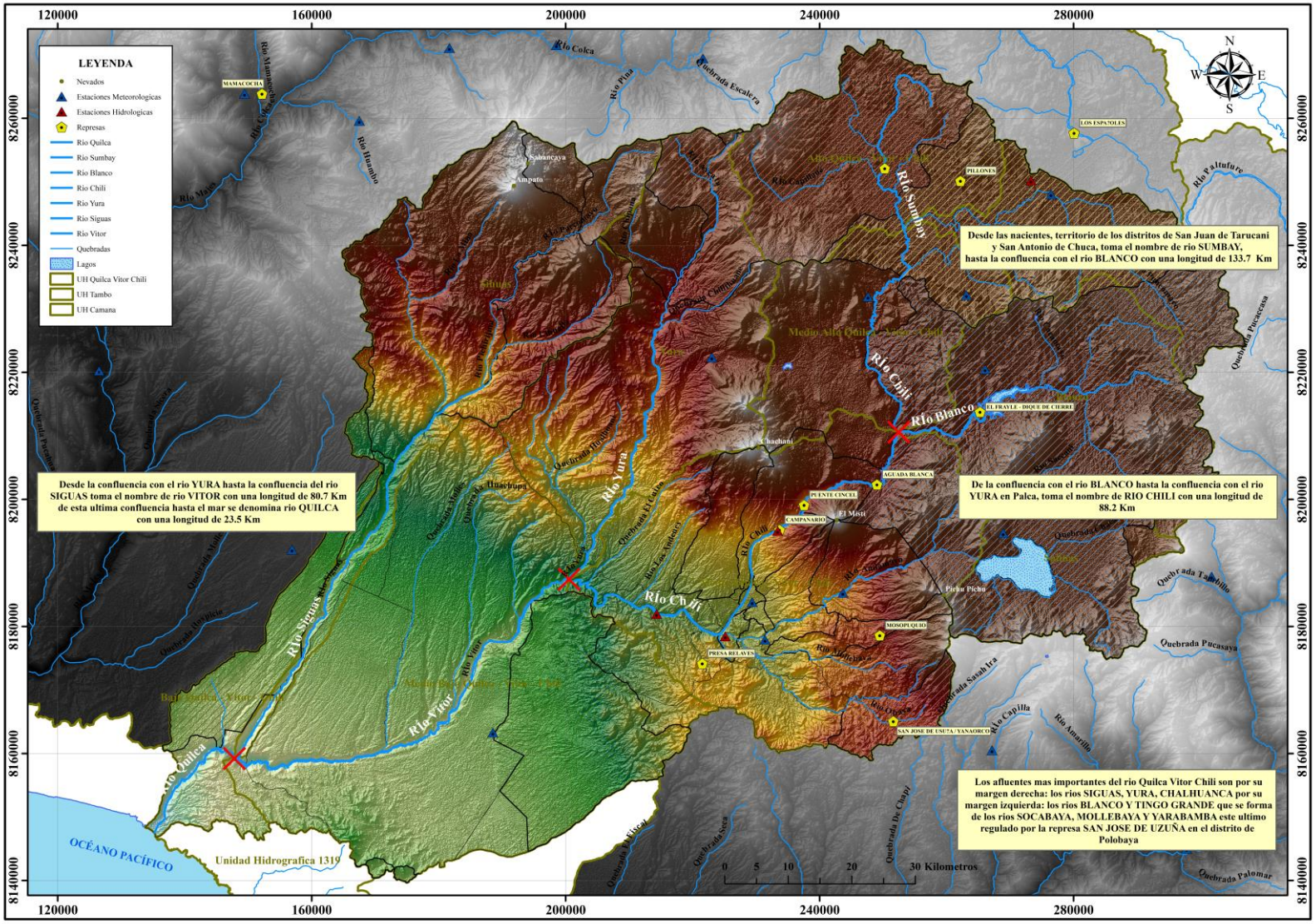
2610.27	T= 100 años	94.7	2304	2306.07	2.00		2306.18	0.000748	0.69	143.08	82.33	0.16
2595.92	T= 100 años	94.7	2304	2306.06	2.00		2306.17	0.000815	0.72	135.09	77.12	0.16
2581.75	T= 100 años	94.7	2304	2306.04	2.00		2306.15	0.001021	0.77	124.27	71.35	0.18
2568.33	T= 100 años	94.7	2304	2306	2.00		2306.13	0.001934	0.97	98.05	61.04	0.24
2552.83	T= 100 años	94.7	2304	2305.95	1.90		2306.1	0.002834	1.12	84.52	54.86	0.29
2540.24	T= 100 años	94.7	2304	2305.93	1.90		2306.06	0.002439	1.06	89.52	56.54	0.27
2524.22	T= 100 años	94.7	2304	2305.9	1.90		2306.03	0.00202	1.02	93.14	54.16	0.25
2509.11	T= 100 años	94.7	2304	2305.88	1.80		2306	0.001746	0.98	97.02	53.33	0.23
2494.09	T= 100 años	94.7	2304	2305.85	1.80		2305.97	0.001602	0.94	100.84	54.32	0.22
2480.65	T= 100 años	94.7	2304	2305.84	1.80		2305.95	0.00139	0.89	108.01	59.92	0.21
2465.35	T= 100 años	94.7	2304	2305.82	1.80		2305.93	0.001338	0.81	117.22	73.87	0.2
2451.38	T= 100 años	94.7	2304	2305.79	1.70		2305.9	0.001962	0.93	102.3	67.4	0.24
2433.05	T= 100 años	94.7	2304	2305.76	1.70		2305.87	0.001692	0.91	104.62	65.87	0.23
2417.90	T= 100 años	94.7	2304	2305.72	1.70		2305.84	0.002555	1.03	91.79	62.54	0.27
2401.14	T= 100 años	94.7	2304	2305.61	1.60		2305.77	0.005592	1.46	65.18	49.29	0.4
2367.44	T= 100 años	94.7	2304	2305.45	1.40		2305.59	0.005114	1.23	78.3	76.82	0.37
2353.81	T= 100 años	94.7	2304	2305.42	1.40		2305.53	0.002596	0.97	101.24	89.15	0.27
2335.66	T= 100 años	94.7	2304	2305.38	1.30		2305.48	0.002458	0.93	107.66	95.68	0.26
2305.30	T= 100 años	94.7	2304	2305.31	1.30		2305.41	0.003053	1.01	97.97	85.61	0.29
2284.75	T= 100 años	94.7	2304	2305.26	1.20		2305.36	0.002474	0.92	104.15	83.98	0.26
2265.70	T= 100 años	94.7	2304	2305.17	1.10		2305.3	0.005534	1.22	79.45	78.06	0.38
2251.88	T= 100 años	94.7	2304	2305.08	1.00		2305.22	0.006668	1.27	76.98	84.13	0.41
2233.50	T= 100 años	94.7	2303.75	2305.04	1.20		2305.13	0.002604	0.83	113.45	107.28	0.26
2213.21	T= 100 años	94.7	2302	2305.01	3.00		2305.09	0.001238	0.75	134.72	97.47	0.19
2196.66	T= 100 años	94.7	2303.17	2304.97	1.70		2305.07	0.002263	0.9	109.77	90.46	0.25
2178.00	T= 100 años	94.7	2303.71	2304.89	1.10		2305	0.004869	1.09	88.17	91.79	0.35
2165.15	T= 100 años	94.7	2302.7	2304.88	2.10		2304.97	0.001477	0.82	122.79	89.3	0.21

2149.53	T= 100 años	94.7	2301.36	2304.89	3.50		2304.95	0.000283	0.47	205.74	89.33	0.1
2132.78	T= 100 años	94.7	2300	2304.89	4.80		2304.95	0.000093	0.36	279.78	87.32	0.06
2114.77	T= 100 años	94.7	2300	2304.89	4.80		2304.95	0.000109	0.39	252.82	79.58	0.06
2094.83	T= 100 años	94.7	2300	2304.88	4.80		2304.95	0.000193	0.46	211.61	72.13	0.08
2076.82	T= 100 años	94.7	2302	2304.87	2.80		2304.94	0.000304	0.53	183.2	76.12	0.1
2056.95	T= 100 años	94.7	2302	2304.87	2.80		2304.93	0.000336	0.55	182.09	84.62	0.11
2039.16	T= 100 años	94.7	2302	2304.86	2.80		2304.93	0.000432	0.59	175.13	93.73	0.12
2018.69	T= 100 años	94.7	2300	2304.85	4.80		2304.92	0.000256	0.54	177.3	62.4	0.1
1996.36	T= 100 años	94.7	2300.14	2304.85	4.70		2304.91	0.000253	0.53	189.24	77.48	0.1
1978.66	T= 100 años	94.7	2301.54	2304.85	3.30		2304.91	0.000228	0.45	223.28	93.05	0.09
1960.11	T= 100 años	94.7	2300	2304.85	4.80		2304.91	0.000154	0.41	251.04	96.69	0.07
1942.80	T= 100 años	94.7	2301.99	2304.84	2.80		2304.9	0.000349	0.53	194.82	94.47	0.11
1925.56	T= 100 años	94.7	2300.51	2304.84	4.30		2304.9	0.000174	0.43	240.44	100.47	0.08
1908.74	T= 100 años	94.7	2300	2304.83	4.80		2304.89	0.000226	0.48	214.71	97.83	0.09
1889.55	T= 100 años	94.7	2300	2304.83	4.80		2304.89	0.000162	0.44	238.92	101.22	0.08
1871.97	T= 100 años	94.7	2300	2304.83	4.80		2304.89	0.000111	0.4	255.17	89.82	0.07
1859.71	T= 100 años	94.7	2300	2304.83	4.80		2304.88	0.000114	0.41	251.74	90.92	0.07
1845.97	T= 100 años	94.7	2300	2304.83	4.80		2304.88	0.000091	0.37	278.79	98.2	0.06
1830.03	T= 100 años	94.7	2300	2304.83	4.80		2304.88	0.000074	0.35	297.18	97.9	0.05
1811.75	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.88	0.00006	0.33	315.25	106.79	0.05
1795.35	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.88	0.000062	0.33	315.36	107.33	0.05
1778.17	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.88	0.00006	0.33	324.67	99.83	0.05
1761.45	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.88	0.000049	0.29	358.43	99.16	0.04
1744.89	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.87	0.000038	0.26	400.64	110.06	0.04
1722.00	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.87	0.000076	0.26	387.32	104.6	0.04
1703.52	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.87	0.000066	0.23	416.02	112.08	0.04
1667.17	T= 100 años	94.7	2299.4	2304.82	5.40		2304.87	0.000058	0.22	421.24	99.05	0.03

1639.88	T= 100 años	94.7	2298	2304.82	6.80		2304.87	0.000035	0.2	497.53	123.89	0.03
1619.95	T= 100 años	94.7	2298	2304.82	6.80		2304.87	0.000024	0.18	566.45	117.06	0.02
1594.55	T= 100 años	94.7	2298	2304.82	6.80		2304.87	0.000012	0.18	630.14	146.88	0.02
1579.99	T= 100 años	94.7	2298	2304.82	6.80		2304.87	0.000011	0.16	663.78	145.34	0.02
1563.21	T= 100 años	94.7	2296.31	2304.82	8.50		2304.87	0.000009	0.15	719.97	144.06	0.02
1534.47	T= 100 años	94.7	2296	2304.82	8.80		2304.87	0.000007	0.14	797.75	149.64	0.02
1499.14	T= 100 años	94.7	2298	2304.82	6.80		2304.87	0.000011	0.16	692.16	142.56	0.02
1486.15	T= 100 años	94.7	2298.82	2304.82	6.00		2304.87	0.000012	0.16	696.13	142.89	0.02
1473.46	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.87	0.000012	0.16	680.29	141.93	0.02
1458.47	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.87	0.000013	0.16	667.67	138.48	0.02
1442.12	T= 100 años	94.7	2300	2304.82	4.80		2304.87	0.000013	0.16	674.99	148.11	0.02
1420.07	T= 100 años	94.7	2300.84	2304.81	3.90		2304.87	0.000137	0.26	316.47	138.77	0.06
1406.43	T= 100 años	94.7	2301.53	2304.81	3.20		2304.86	0.000141	0.22	265.6	92.82	0.06
1387.73	T= 100 años	94.7	2301.38	2304.81	3.40		2304.86	0.000174	0.29	254.46	90.51	0.07
1369.98	T= 100 años	94.7	2301.91	2304.8	2.80		2304.86	0.000188	0.37	257.72	95.97	0.08
1349.23	T= 100 años	94.7	2302	2304.8	2.80		2304.85	0.000181	0.4	256.99	94.58	0.08
1331.60	T= 100 años	94.7	2301.74	2304.8	3.00		2304.85	0.000146	0.37	281.48	103.76	0.07
1302.70	T= 100 años	94.7	2300	2304.8	4.80		2304.85	0.000075	0.32	339.89	113.1	0.05
1282.00	T= 100 años	94.7	2300	2304.8	4.80		2304.85	0.000048	0.28	393.8	125.94	0.04
1257.83	T= 100 años	94.7	2298.97	2304.8	5.80		2304.84	0.000026	0.22	528.83	143.23	0.03
1241.08	T= 100 años	94.7	2298	2304.8	6.80		2304.84	0.000017	0.19	598.49	142.85	0.03
1224.87	T= 100 años	94.7	2298	2304.8	6.80		2304.84	0.000012	0.17	671.18	144.14	0.02
1206.47	T= 100 años	94.7	2298	2304.8	6.80		2304.84	0.00001	0.15	717.33	147.12	0.02
1186.78	T= 100 años	94.7	2298	2304.8	6.80		2304.84	0.000012	0.15	698.26	149.48	0.02
1163.63	T= 100 años	94.7	2298	2304.8	6.80		2304.84	0.000013	0.16	670.46	150.2	0.02
1143.46	T= 100 años	94.7	2298	2304.8	6.80		2304.84	0.000012	0.16	686.27	152.98	0.02
1118.88	T= 100 años	94.7	2300	2304.79	4.70		2304.84	0.000027	0.19	538.79	150.8	0.03

1097.49	T= 100 años	94.7	2300	2304.79	4.70		2304.84	0.00003	0.19	532.39	152.99	0.03
1072.57	T= 100 años	94.7	2300	2304.79	4.70		2304.84	0.00003	0.19	572.78	154.38	0.03
1047.88	T= 100 años	94.7	2300	2304.79	4.70		2304.84	0.000038	0.21	523.74	152.52	0.03
1022.88	T= 100 años	94.7	2299.76	2304.79	5.00		2304.84	0.000026	0.19	588.83	148.69	0.03
1000.39	T= 100 años	94.7	2298.3	2304.79	6.40		2304.84	0.000029	0.21	534.76	129.55	0.03
976.40	T= 100 años	94.7	2299.65	2304.79	5.10		2304.84	0.000049	0.24	440.6	120.4	0.04
952.51	T= 100 años	94.7	2301.78	2304.78	3.00		2304.83	0.000662	0.48	210.86	107.81	0.11
933.31	T= 100 años	94.7	2303.72	2304.72	1.00		2304.8	0.007847	0.89	100.39	105.85	0.31
916.67	T= 100 años	94.7	2303.96	2304.46	0.50	2304.36	2304.62	0.038234	1.36	60.83	101.65	0.63
898.42	T= 100 años	94.7	2302.74	2304.02	1.20		2304.17	0.018423	1.41	74.43	109.07	0.48
880.52	T= 100 años	94.7	2302	2303.85	1.80		2303.96	0.007349	1.08	93.59	97.68	0.32
862.33	T= 100 años	94.7	2302	2303.68	1.60		2303.81	0.009665	1.2	84.01	90	0.36
846.01	T= 100 años	94.7	2302	2303.54	1.50		2303.67	0.008209	1.18	83.29	81.91	0.34
830.05	T= 100 años	94.7	2302	2303.42	1.40		2303.55	0.007318	1.14	85.91	79.74	0.32
815.06	T= 100 años	94.7	2302	2303.34	1.30		2303.45	0.005585	1.03	93.99	79.35	0.28
799.77	T= 100 años	94.7	2302	2303.22	1.20		2303.35	0.008431	1.18	81.16	73.96	0.34
785.07	T= 100 años	94.7	2302	2303.03	1.00		2303.18	0.015977	1.43	66.57	69.39	0.46
769.64	T= 100 años	94.7	2301.24	2302.64	1.40		2302.85	0.029475	1.74	54.34	64.2	0.6
751.41	T= 100 años	94.7	2300.25	2302.04	1.70		2302.32	0.028833	2.01	47.14	44.17	0.62
730.21	T= 100 años	94.7	2300	2301.77	1.70		2301.96	0.010151	1.37	69.28	52.83	0.38
689.84	T= 100 años	94.7	2298	2301.5	3.50		2301.67	0.005219	1.23	77.21	41.19	0.29
674.04	T= 100 años	94.7	2298	2301.36	3.30		2301.57	0.007611	1.59	59.44	27.87	0.35
656.54	T= 100 años	94.7	2298	2301.25	3.20		2301.44	0.00681	1.58	59.77	25.83	0.33
637.51	T= 100 años	94.7	2298	2301.17	3.10		2301.31	0.006107	1.25	75.64	44.6	0.31
618.46	T= 100 años	94.7	2300	2300.85	0.80		2301.07	0.036583	1.93	50.7	66.47	0.67
600.56	T= 100 años	94.7	2298.91	2300.02	1.10		2300.3	0.053604	2.14	44.49	63	0.8
585.86	T= 100 años	94.7	2298	2299.6	1.50		2299.79	0.022714	1.65	57.35	61.17	0.54

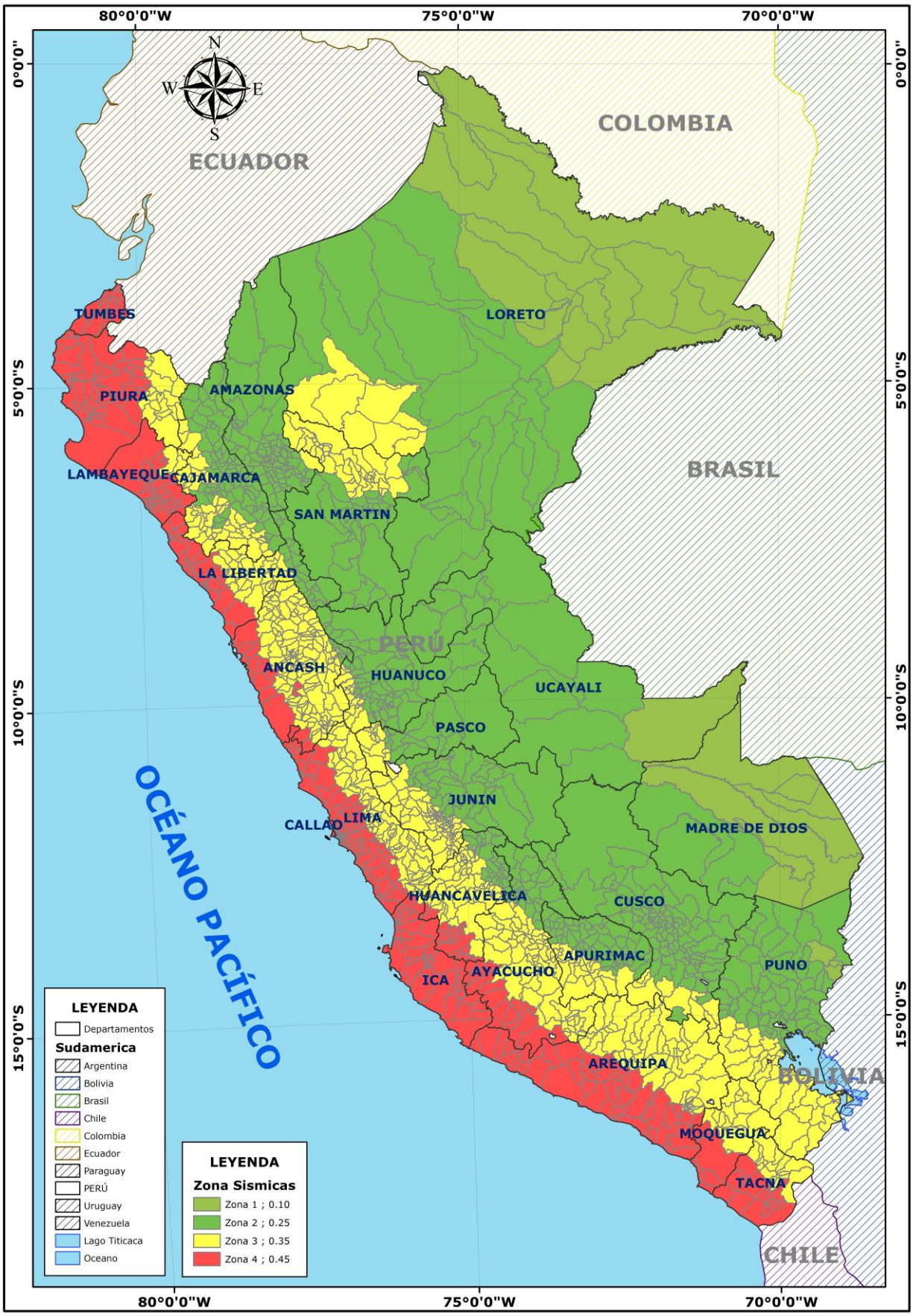
573.02	T= 100 años	94.7	2298	2299	1.00	2298.97	2299.32	0.064711	2.32	40.83	56.76	0.87
538.96	T= 100 años	94.7	2296	2297.4	1.40		2297.69	0.037434	2.11	44.79	47.34	0.69
530.26	T= 100 años	94.7	2295.72	2296.77	1.00	2296.82	2297.21	0.084802	2.77	34.22	44.64	1.01
513.17	T= 100 años	94.7	2294.23	2295.8	1.50	2295.65	2296.12	0.043392	2.26	41.89	44.69	0.75
496.47	T= 100 años	94.7	2293.92	2295.2	1.20		2295.47	0.034858	2.09	45.35	46.21	0.67
480.43	T= 100 años	94.7	2293.03	2294.22	1.10	2294.26	2294.65	0.08161	2.74	34.58	44.53	0.99
458.18	T= 100 años	94.7	2292	2293.59	1.50		2293.78	0.020541	1.64	57.64	57.59	0.52
439.71	T= 100 años	94.7	2291.92	2292.85	0.90	2292.8	2293.17	0.060274	2.34	40.45	52.97	0.85
424.64	T= 100 años	94.7	2290.79	2292.09	1.30		2292.37	0.046782	2.15	44.17	54.64	0.76
408.30	T= 100 años	94.7	2290	2291.58	1.50		2291.81	0.025065	1.81	52.21	51.4	0.57
389.04	T= 100 años	94.7	2290	2291.37	1.30		2291.52	0.009162	1.32	72.3	55.5	0.36
365.59	T= 100 años	94.7	2290	2291.03	1.00		2291.22	0.019633	1.64	58.68	58.03	0.51
345.80	T= 100 años	94.7	2288.55	2290.07	1.50	2290.11	2290.5	0.083957	2.74	34.62	45.43	1
322.15	T= 100 años	94.7	2287.97	2290.05	2.00	2288.8	2290.19	0.002995	0.95	99.43	51.56	0.22
285.50	T= 100 años	94.7	2286	2290.03	4.00		2290.14	0.000653	0.57	166.44	59.51	0.11
264.78	T= 100 años	94.7	2286	2290.02	4.00		2290.13	0.000664	0.57	170.56	71.02	0.11
240.03	T= 100 años	94.7	2286	2290	4.00		2290.11	0.000836	0.63	159.09	73.88	0.12
210.72	T= 100 años	94.7	2286	2289.96	3.90		2290.08	0.001458	0.76	128.24	73.83	0.16
189.45	T= 100 años	94.7	2286	2289.93	3.90		2290.04	0.001551	0.71	148.23	86.47	0.16
166.32	T= 100 años	94.7	2286.41	2289.94	3.50		2290.03	0.00019	0.29	294.92	93.82	0.06
140.38	T= 100 años	94.7	2287.76	2289.92	2.10		2290.02	0.00036	0.29	246.43	105.21	0.07
89.48	T= 100 años	94.7	2288	2289.84	1.80		2289.96	0.003529	0.69	109.64	73.12	0.22
79.57	T= 100 años	94.7	2288.57	2289.77	1.10		2289.91	0.005709	0.6	88.82	67.45	0.25
64.68	T= 100 años	94.7	2288.87	2289.64	0.70		2289.81	0.008479	0.6	74.35	58.16	0.29
50.26	T= 100 años	94.7	2289.08	2289.5	0.40		2289.69	0.007081	0.51	62.59	44.73	0.34
34.72	T= 100 años	94.7	2289.07	2289.32	0.20		2289.55	0.01115	0.49	53.49	40.73	0.39
18.25	T= 100 años	94.7	2288.53	2289.11	0.50	2288.69	2289.36	0.014406	1.01	52.8	48.31	0.52



Fuente: Elaboración Propia

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Fuente: Elaboración Propia

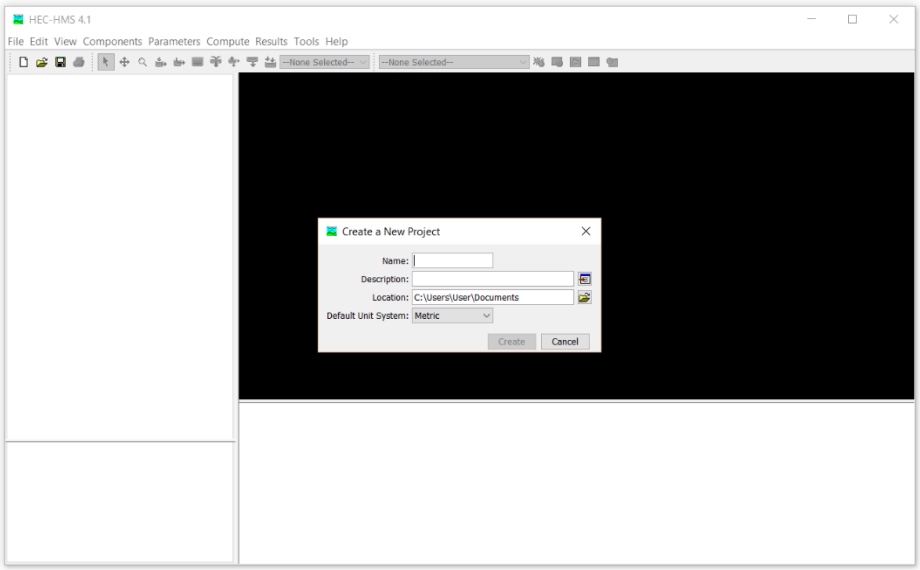
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

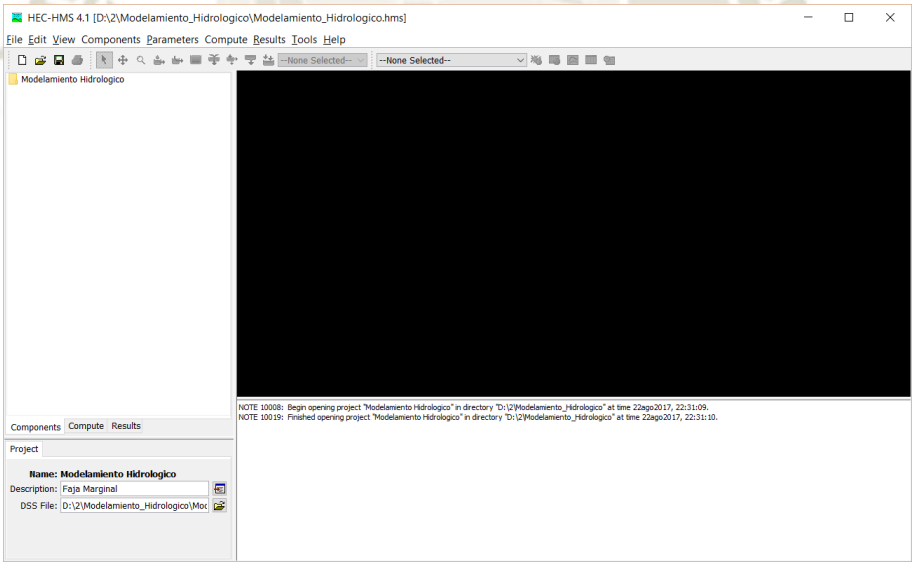
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Modelamiento Hidrológico

Abrimos el Software **HEC HMS** y creamos un nuevo proyecto



Observamos la ventana y el entorno de trabajo de **HEC MMS**

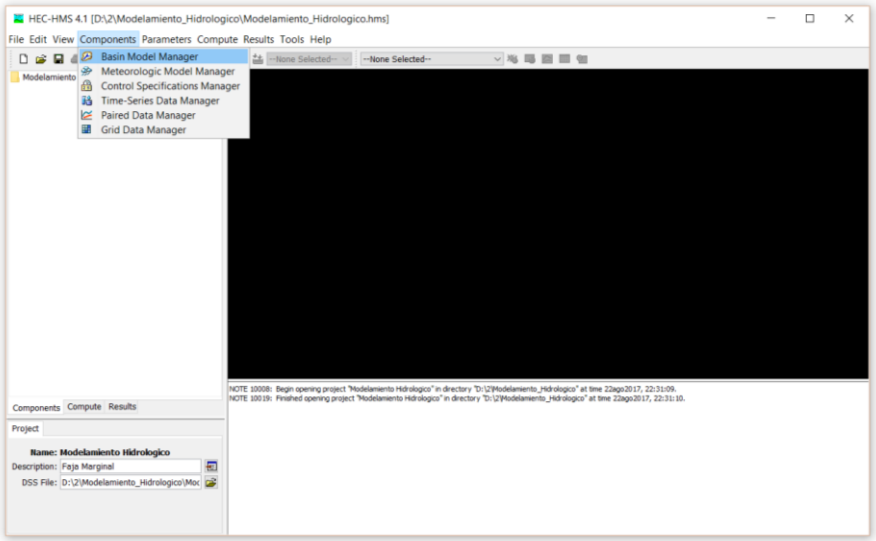


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

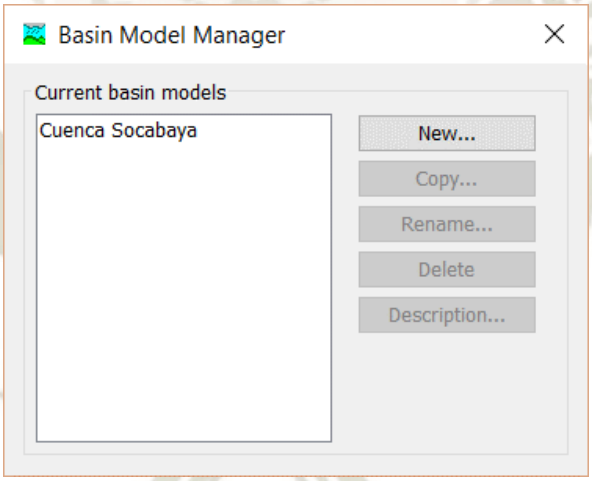
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Vamos al comando de **Basin Model Manager** para ingresar los datos de la cuenca



Creamos las características de la cuenca

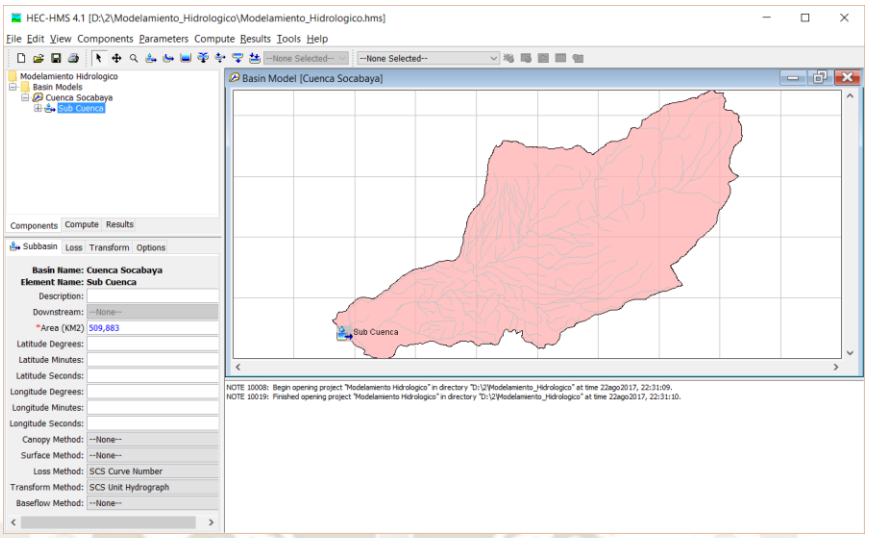


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Editamos el área de la cuenca en Km²

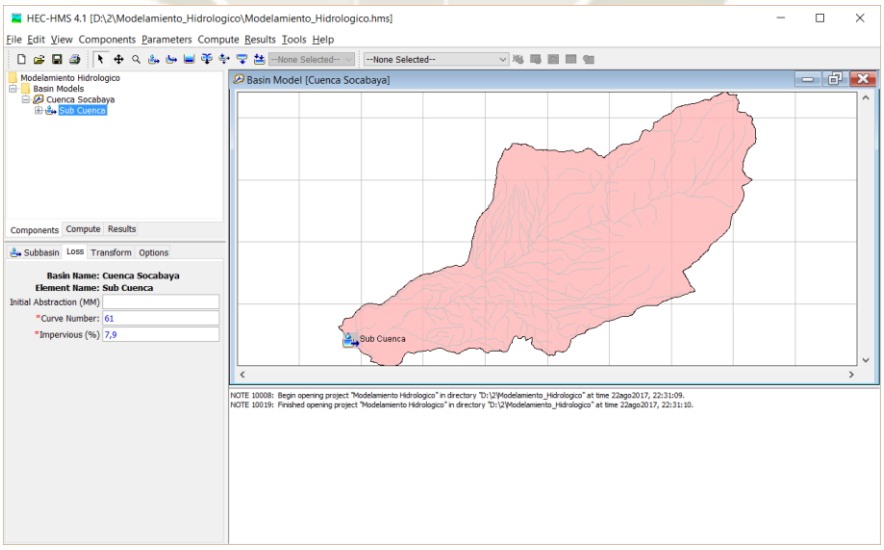


Importante: loss Method : SCS Curve Number (**Numero de Curva**)

Transform Methold : SCS Unit Hydrograph (**Hidrograma Unitario**)

Base flow : -- None – (**solo por acción de las lluvias**)

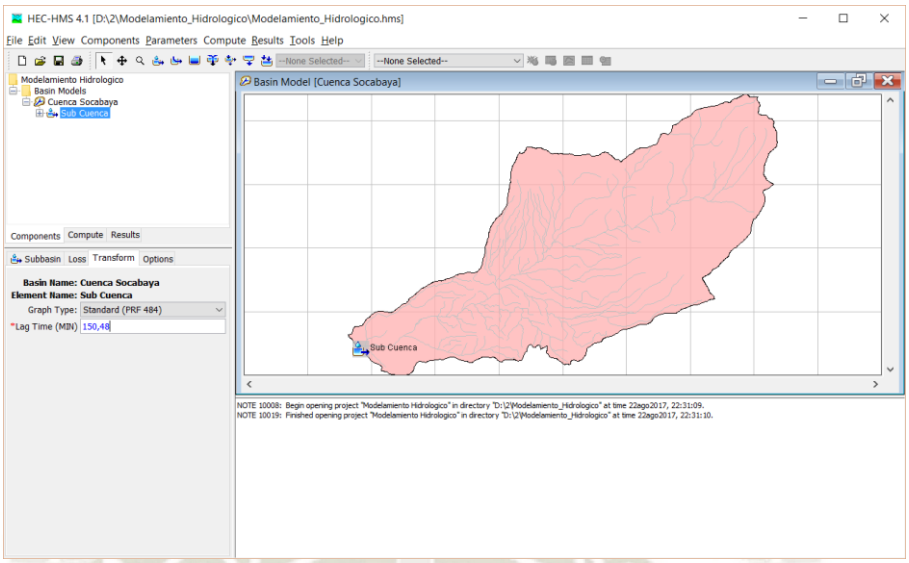
Editamos el Numero de Curva (**CN**) y la Impermeabilidad de la cuenca (**%**)



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

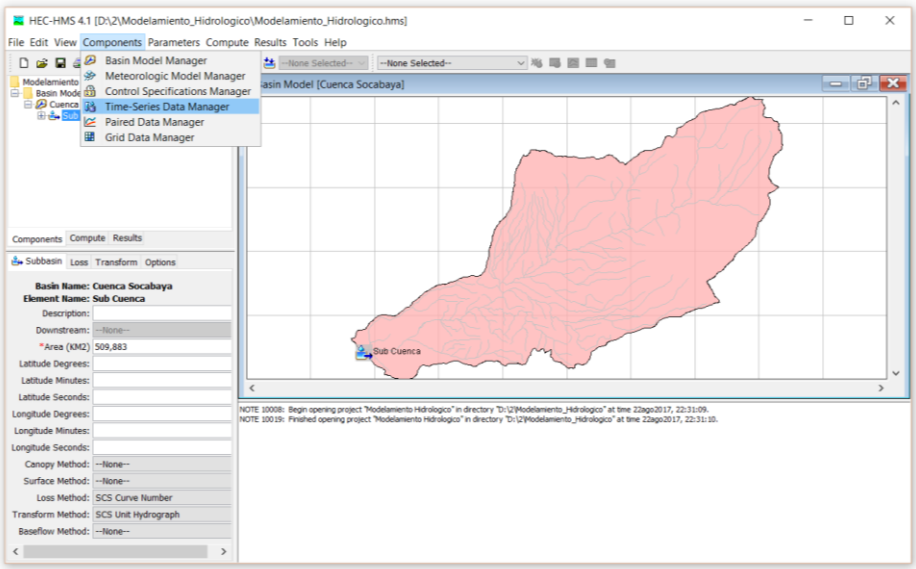
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Editamos el lag Time de la cuenca (**Tiempo de retardo**)



Importante: Lag time = 0.6* Tiempo de Concentración en minutos

Vamos al comando de **Time Series Data Manager** para introducir el **Hietograma de diseño** de la cuenca elaborada por el **método del Bloque Alterno**

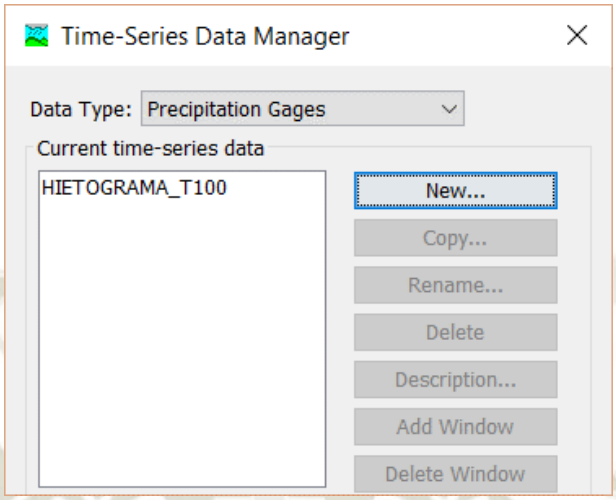


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

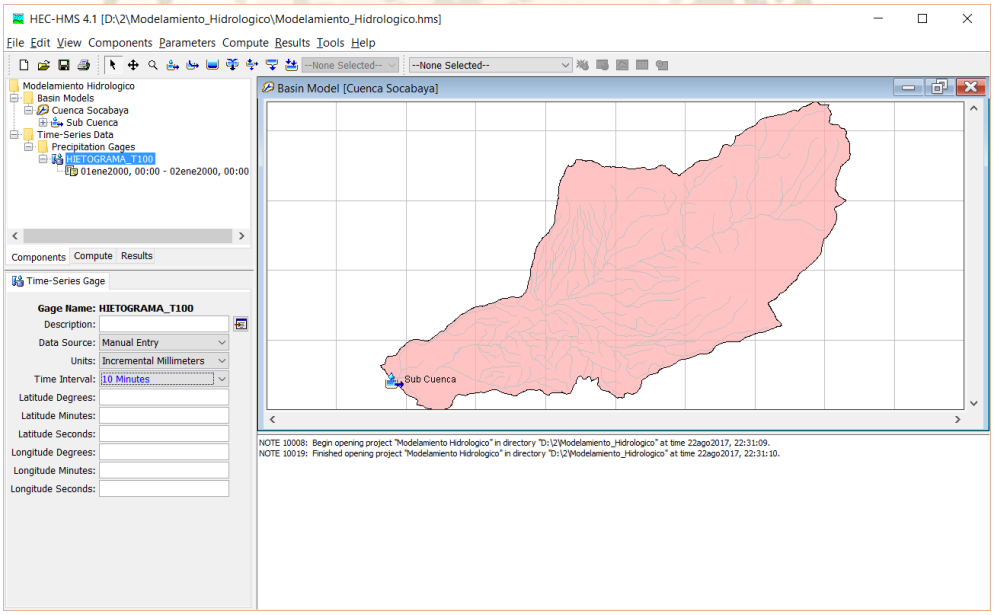
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Creamos el **Hietograma** de la cuenca



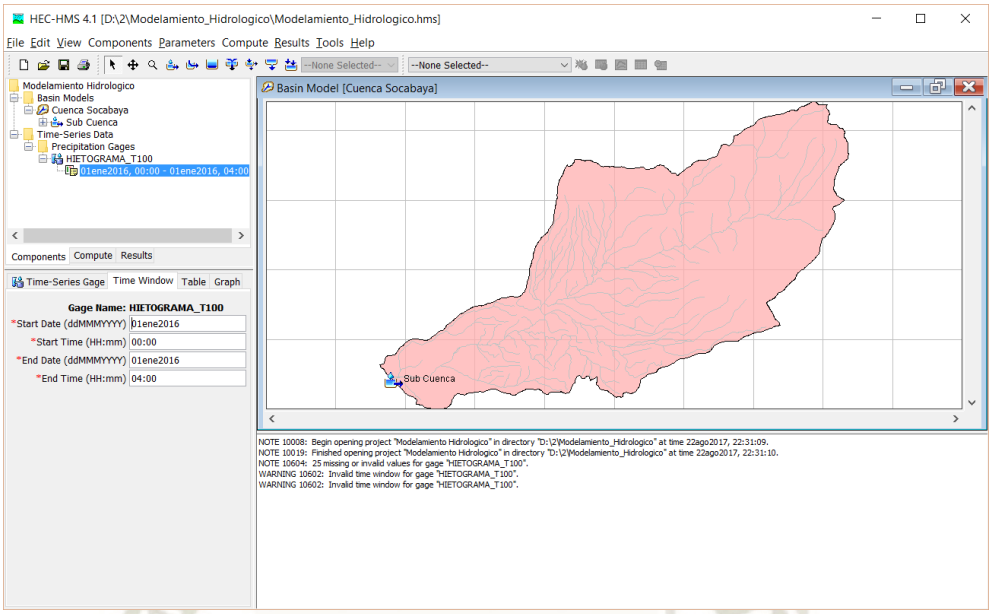
Editamos el intervalo de tiempo



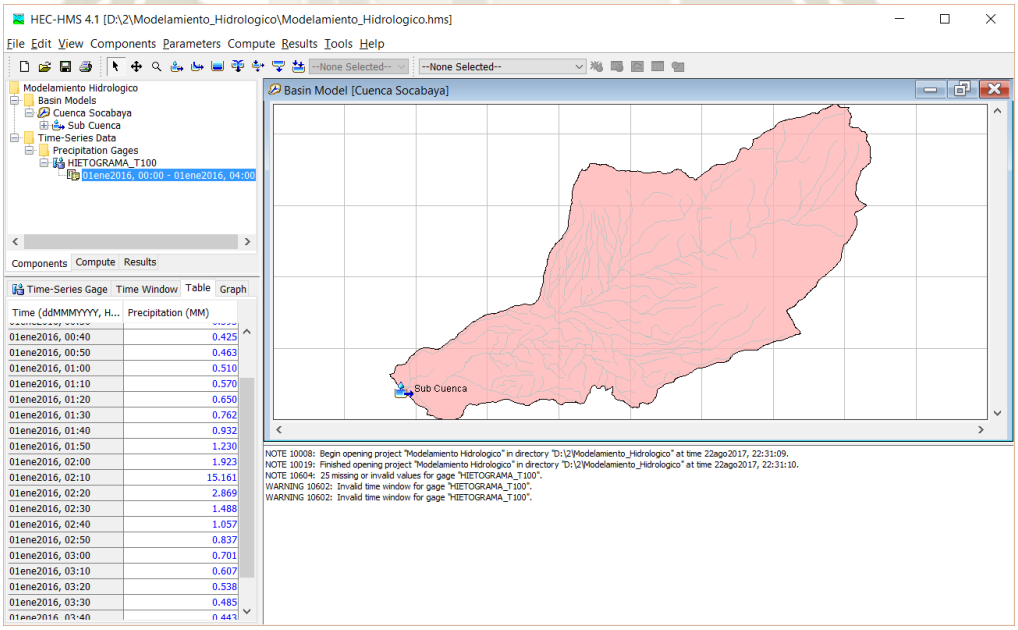
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Editamos el Inicio y Finalización de la lluvia en horas



Introducimos los datos del **Hietograma**

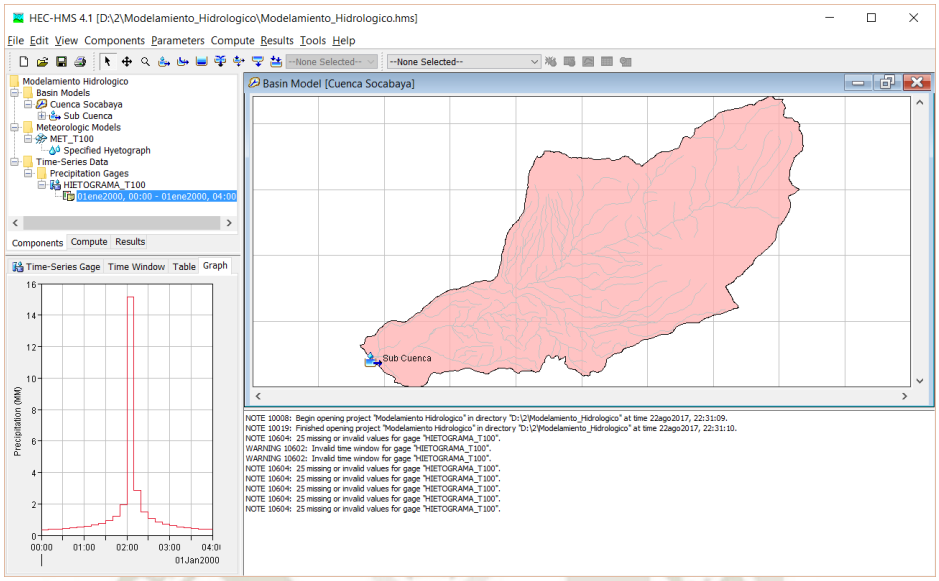


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

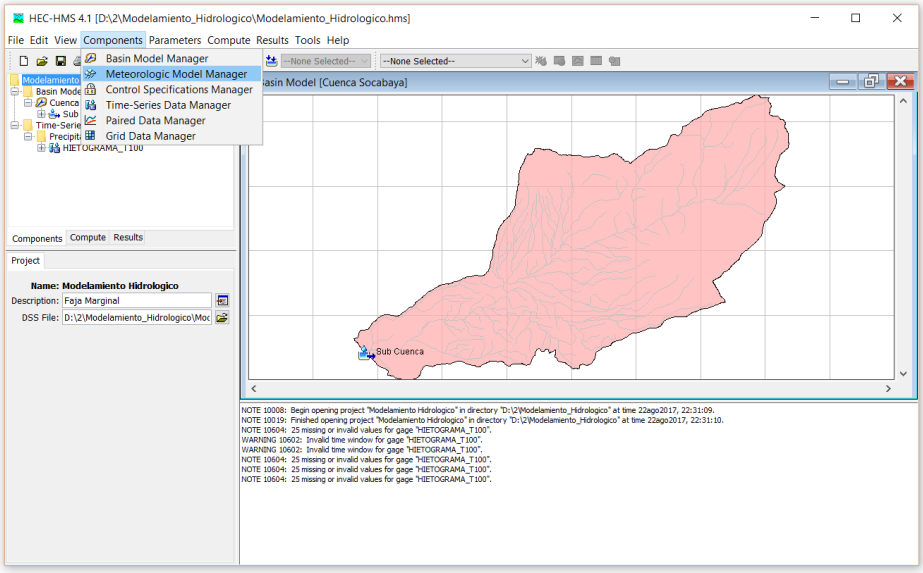
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Observamos la gráfica del **Hietograma**



Vamos al comando de **Meteorologic Model Manager** establecer el modelo metereologico

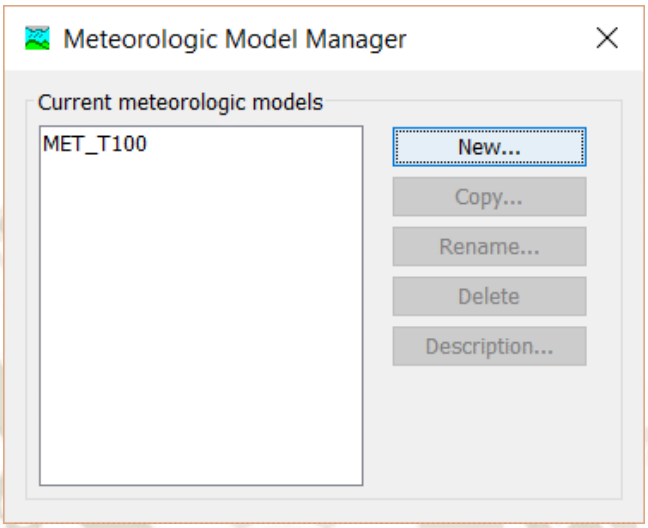


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

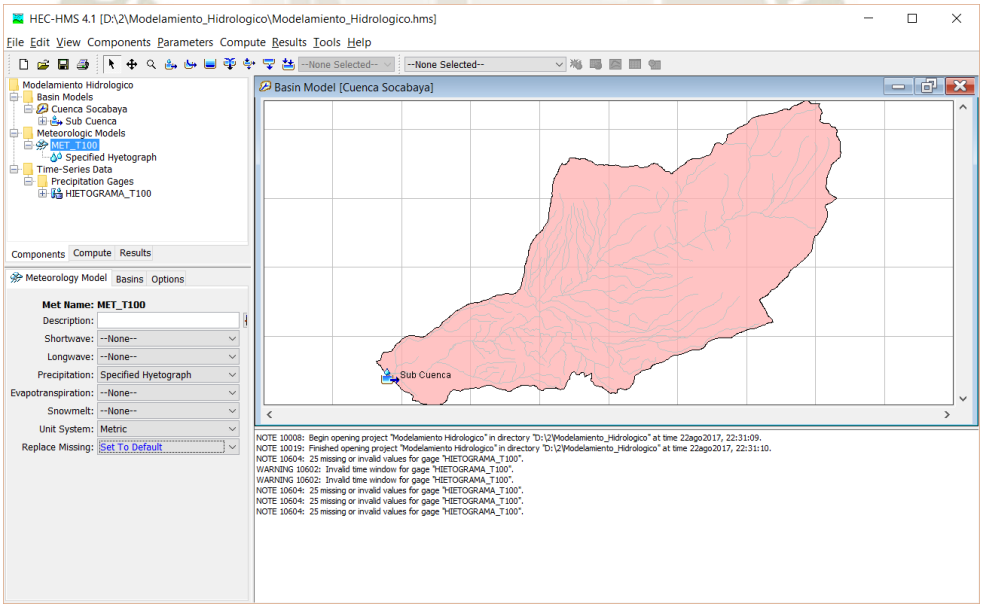
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Creamos el **Modelo Metereologico** a utilizar



Cambiar **Replace Missing a Set to Default** para no tener errores

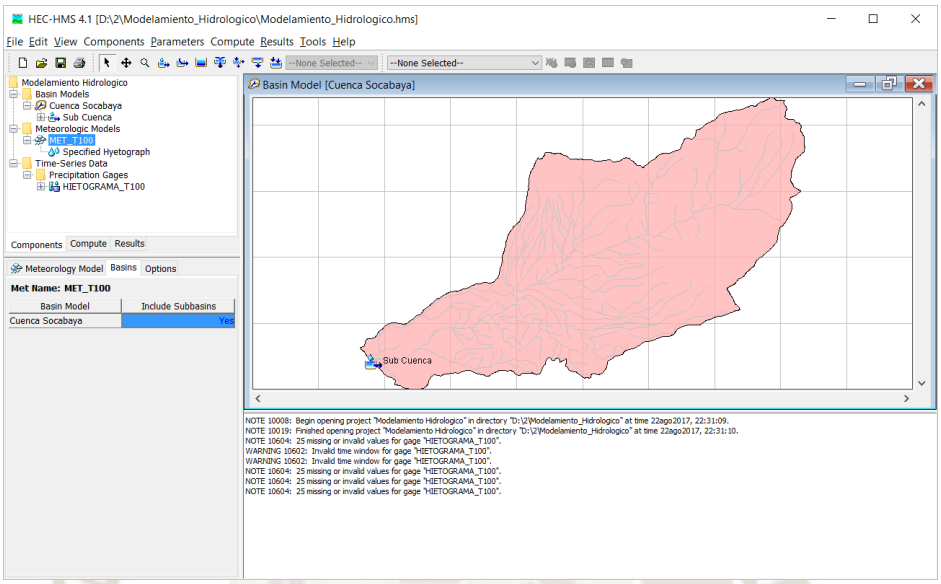


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

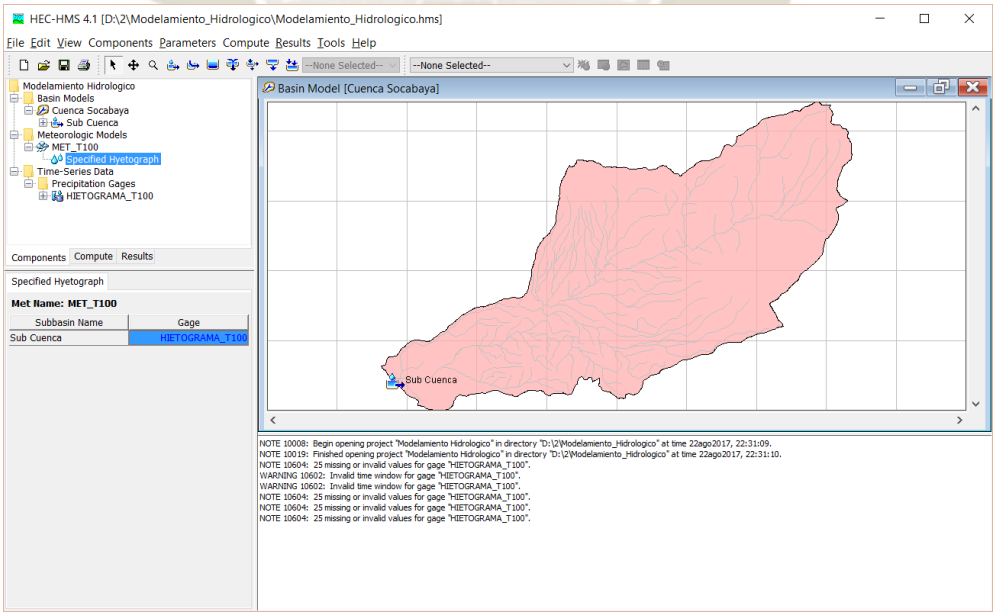
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Configuramos para que cuente con las características de la cuenca



Seleccionamos el **Hietograma** a Utilizar para la cuenca

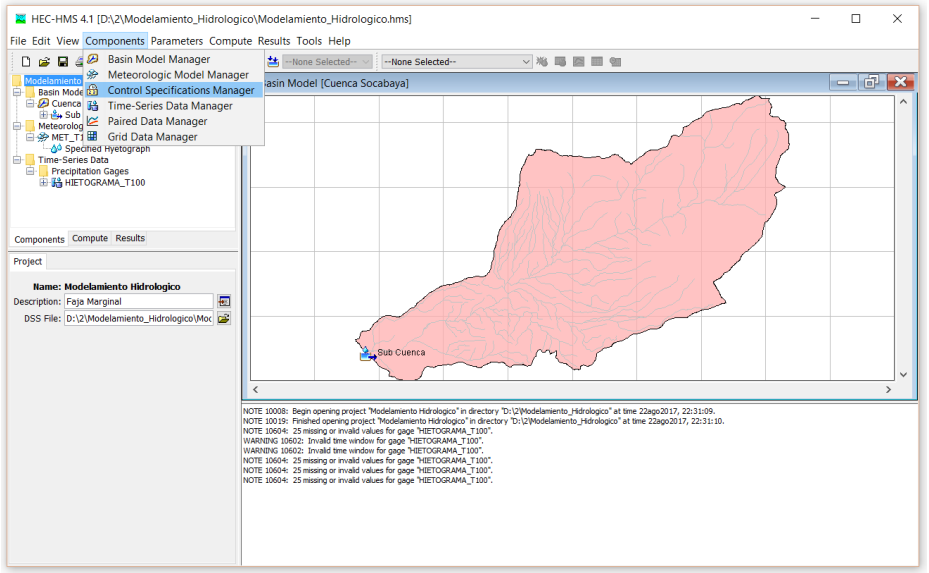


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

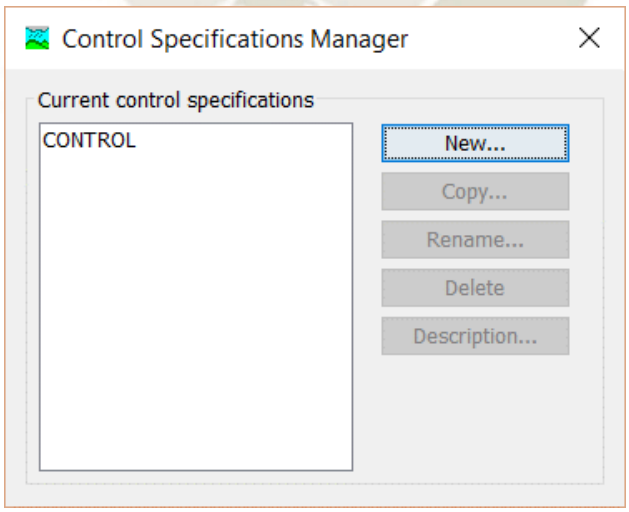
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Vamos al comando de **Control Specifications Manager** para especificar el formato de salida de resultados



Creamos el Control de Resultados para la cuenca

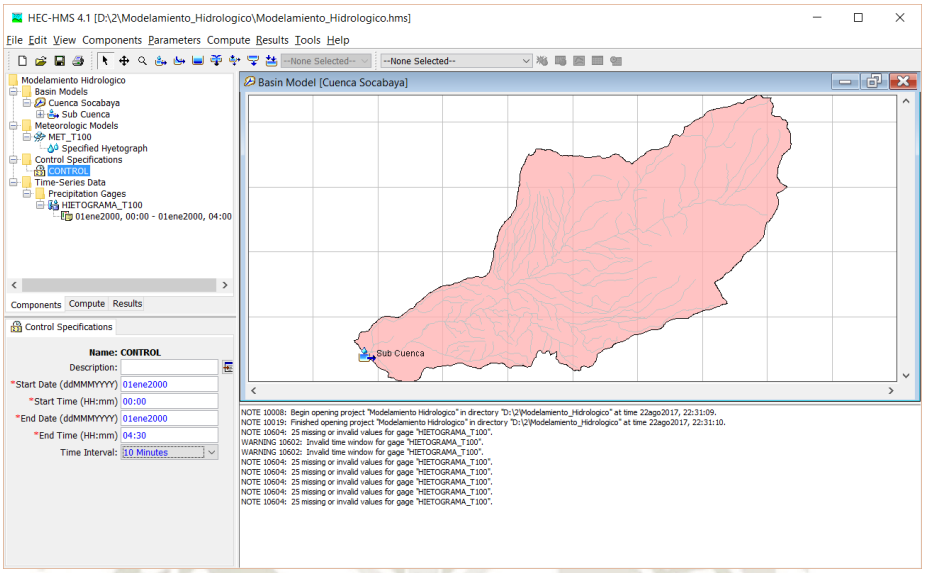


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

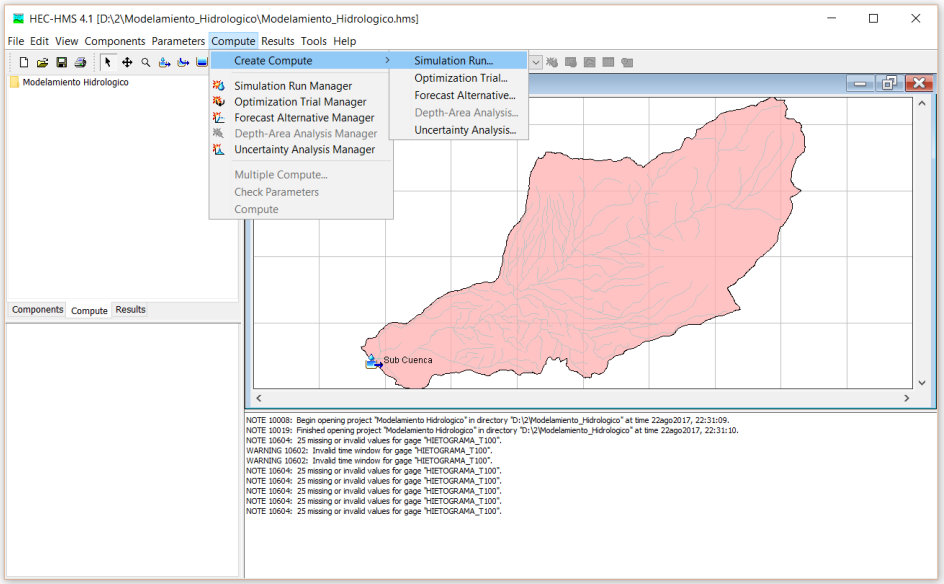
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Editamos la duración de la tormenta para el intervalo de la cuenca



Importante: colocamos un tiempo adicional por que la escorrentía continua aun cuando dejó de llover, por lo tanto, **colocamos un tiempo adicional**

Vamos al comando de **COMPUTE/ créate compute/ Simulation Run** para que corra el programa

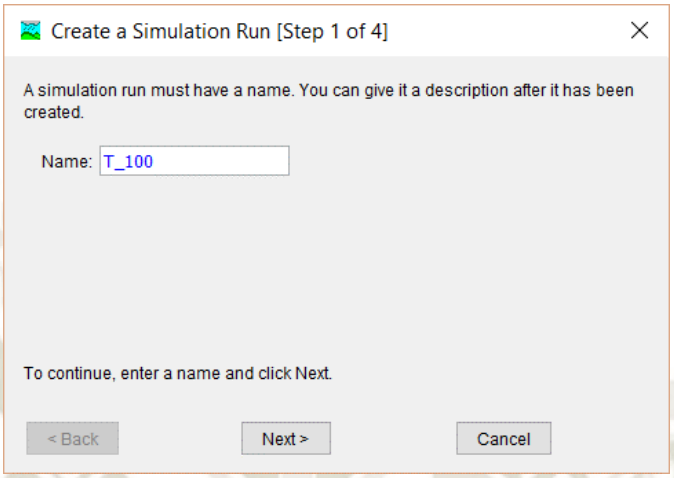


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

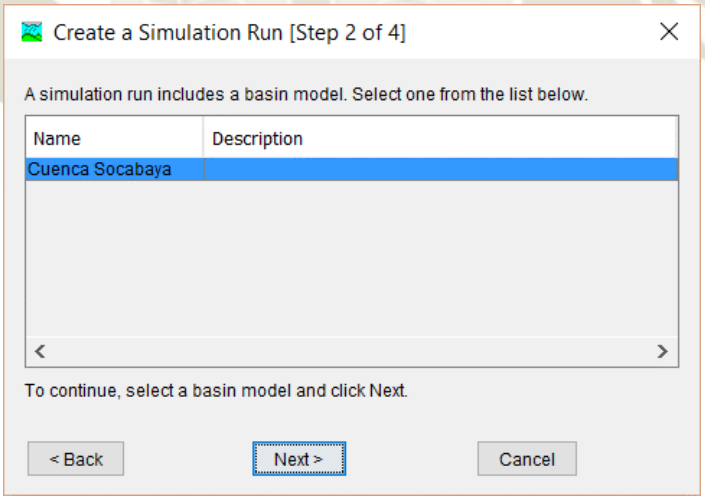
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Creamos la Simulación para un **periodo de retorno determinado**



Creamos la Simulación para las características de la cuenca determinada

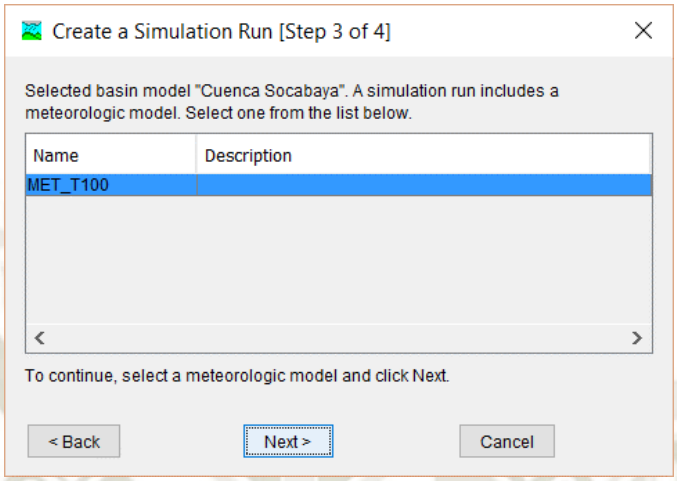


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

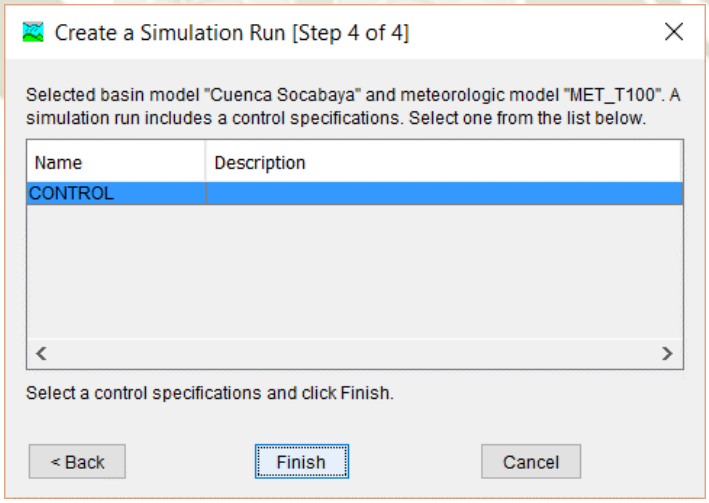
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Creamos la Simulación por el **modelo Meteorológico** seleccionado



Creamos la Simulación para el control de salida determinado

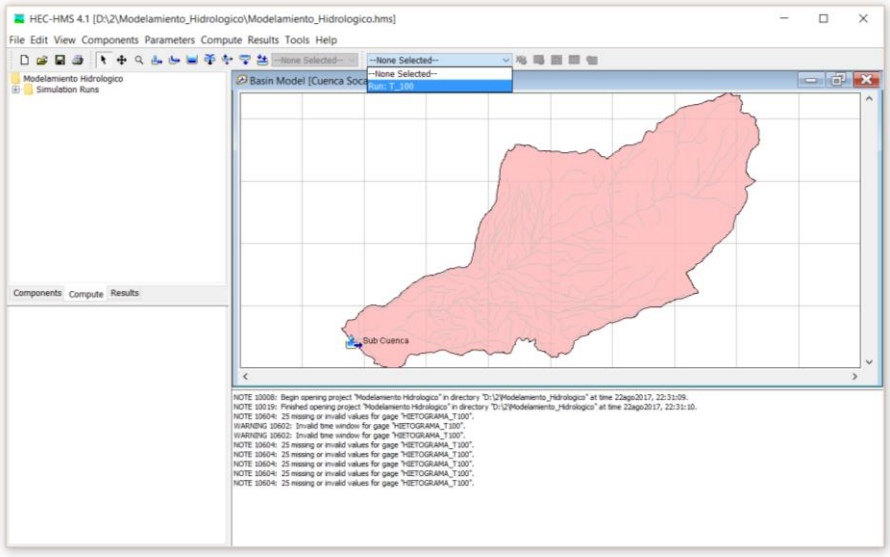


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

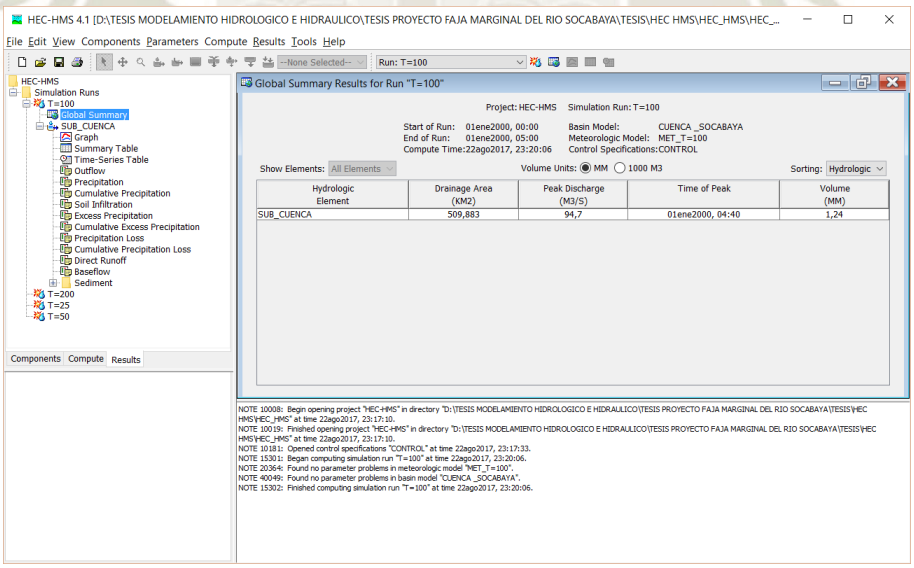
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Corremos el Programa para un **periodo de 100 años**



Observamos el caudal de **Diseño Máximo** para un periodo de retorno de 100 años

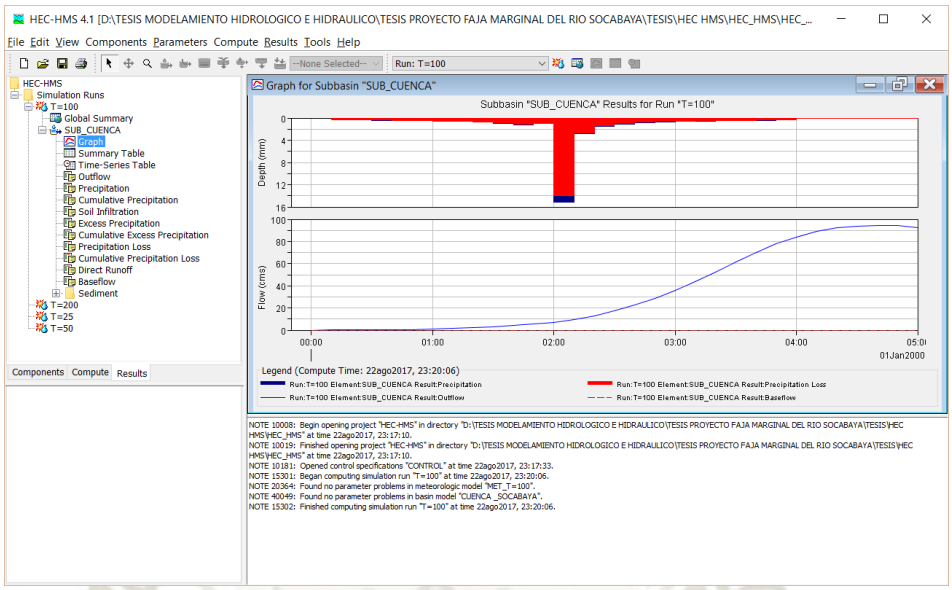


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

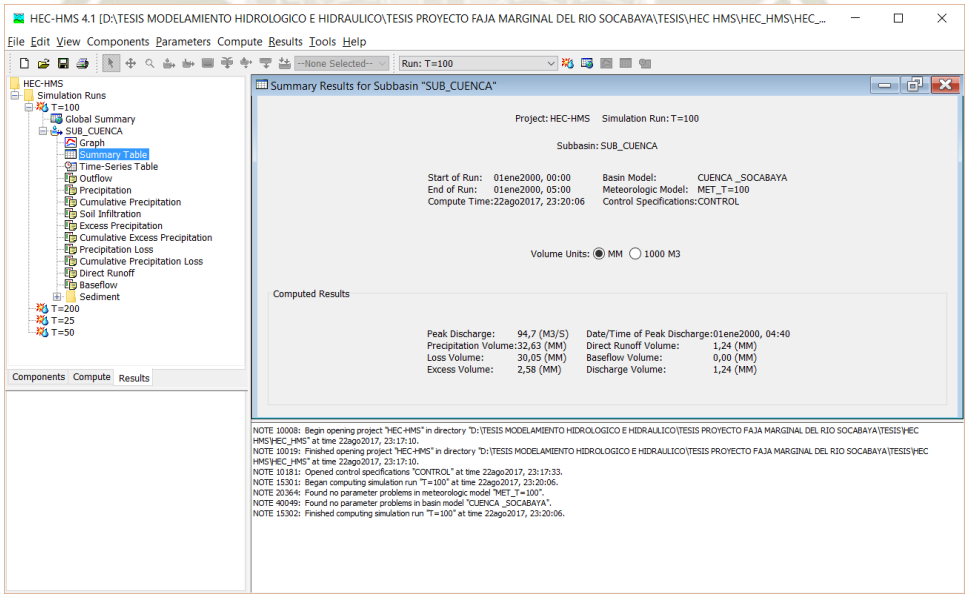
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Observamos el **Hietograma e Hidrograma** de crecidas



Observamos El caudal máximo, la precipitación Bruta, la perdida y la escorrentía

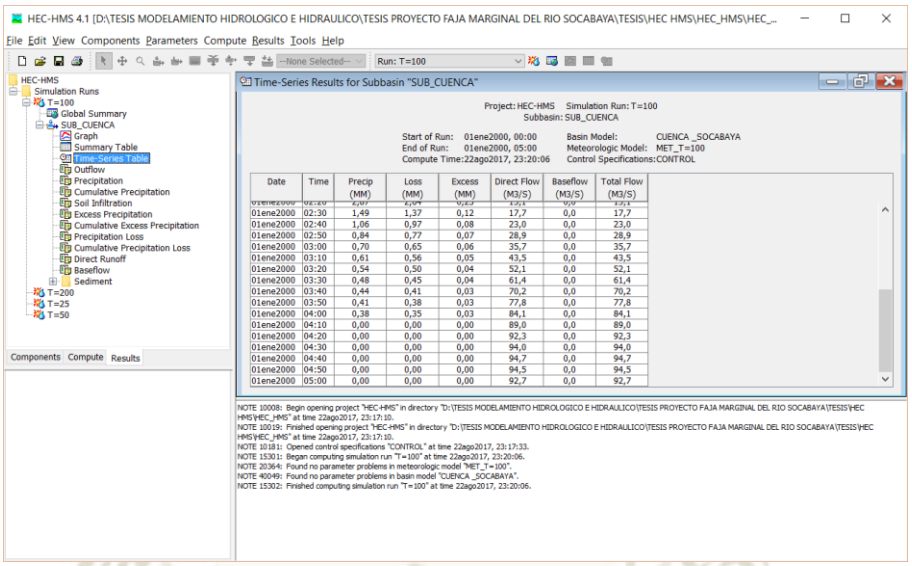


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

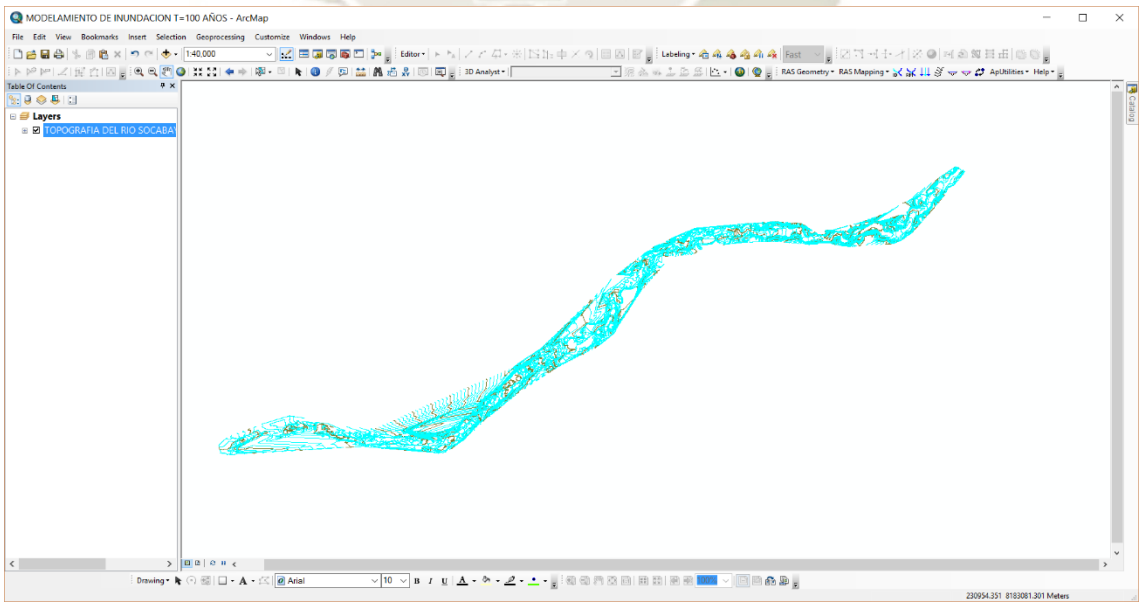
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Observamos la tabla de elaboración del **Hidrograma**



Modelamiento Hidráulico (INUNDACION)

Abrimos la **Topografía del Rio Socabaya**, 12.5 Km en formato **.txf**

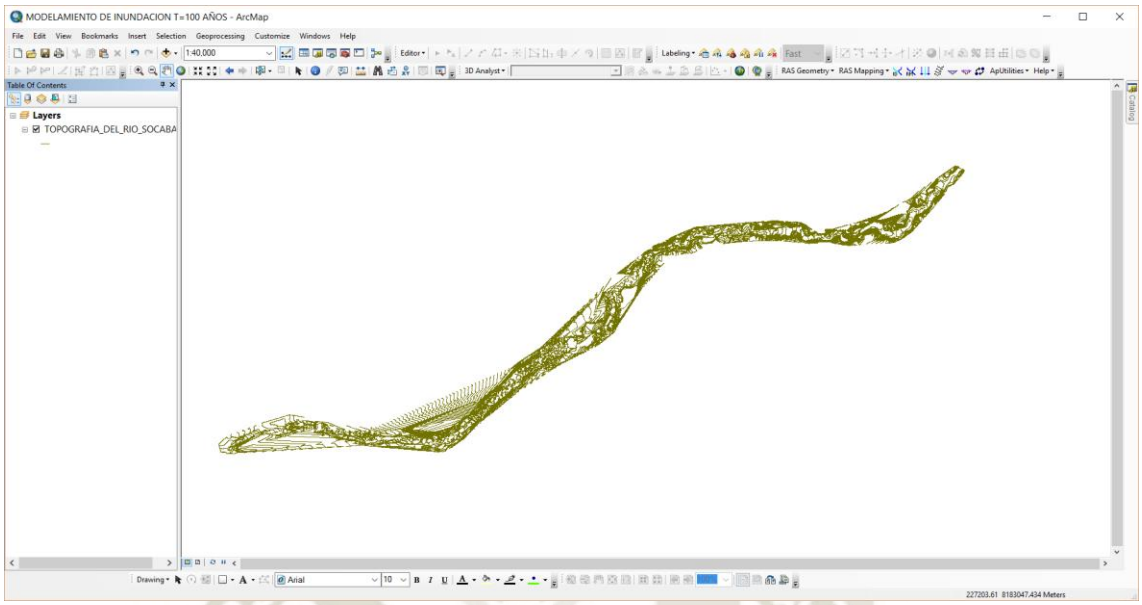


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

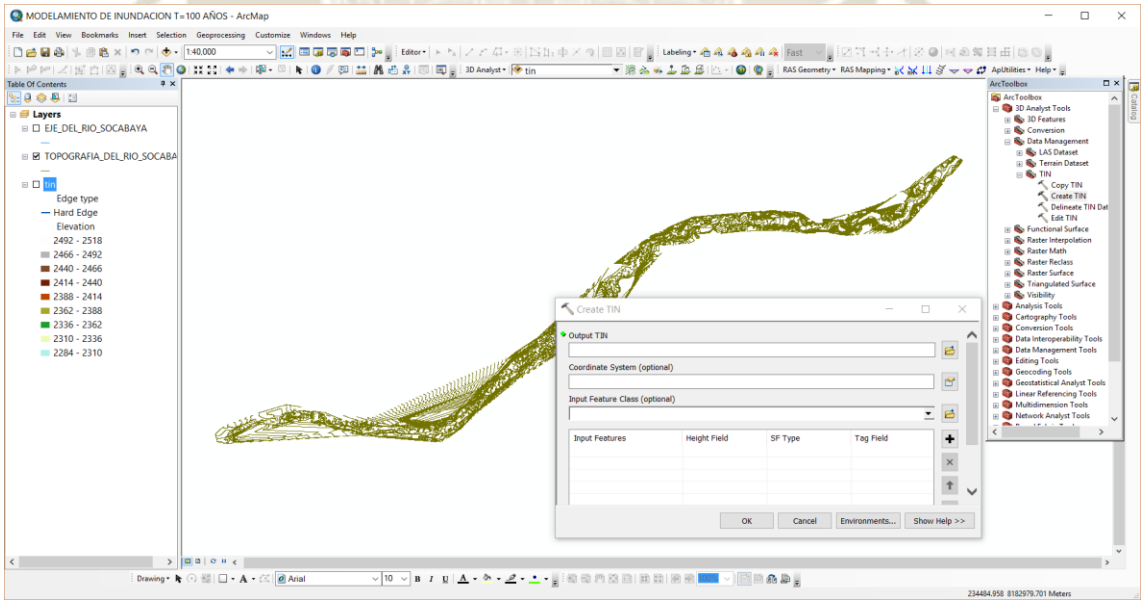
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Generamos un archivo **Shapefile de la Topografía**



Abrimos la ventana de **Arc Toolbox/ Data Management/ Tin/ Create Tin** para generar la superficie en formato **TIN**

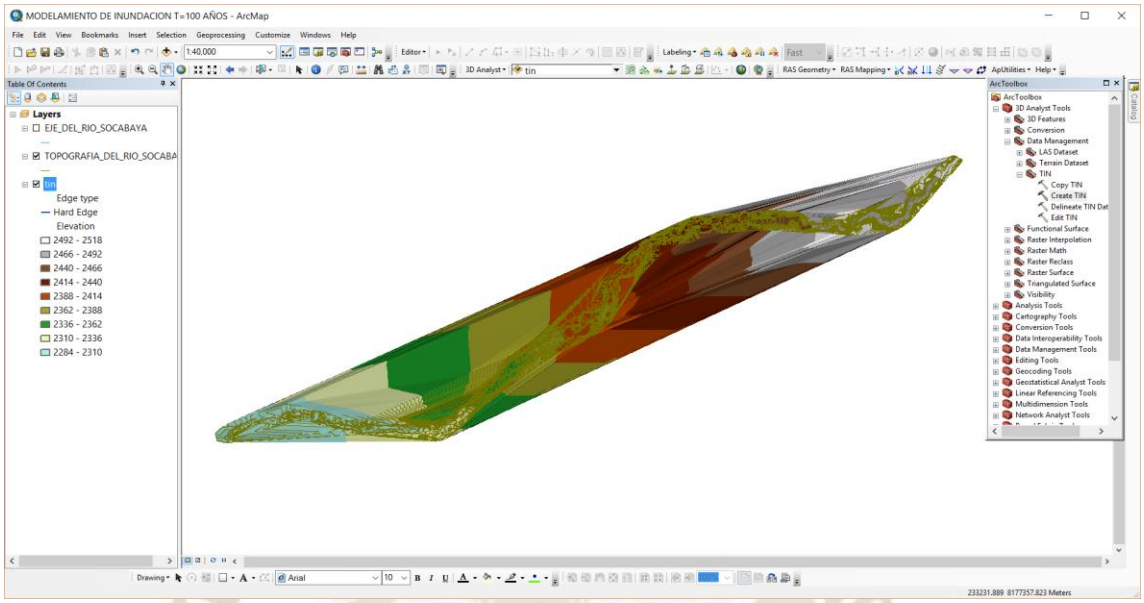


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

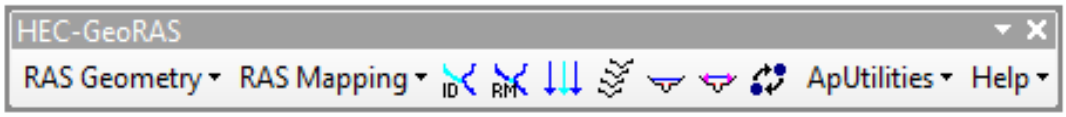
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Generamos el Modelo Digital del Terreno (**MDT**) del rio Socabaya



HecGeoRas

El Software tiene como función procesar información topográfica y codificarla en archivos que son reconocibles por **HEC RAS**, como también importar luego de procesada en él pueda ser importa nuevamente a Arc Gis a fin de mostrar las zonas de inundación para un periodo de retorno determinado.

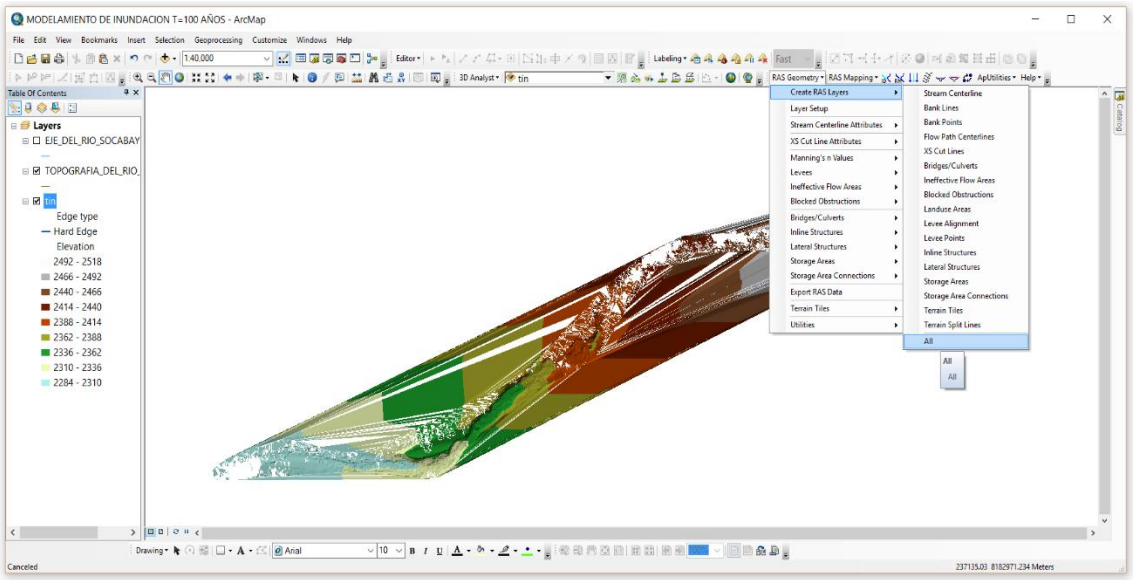


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

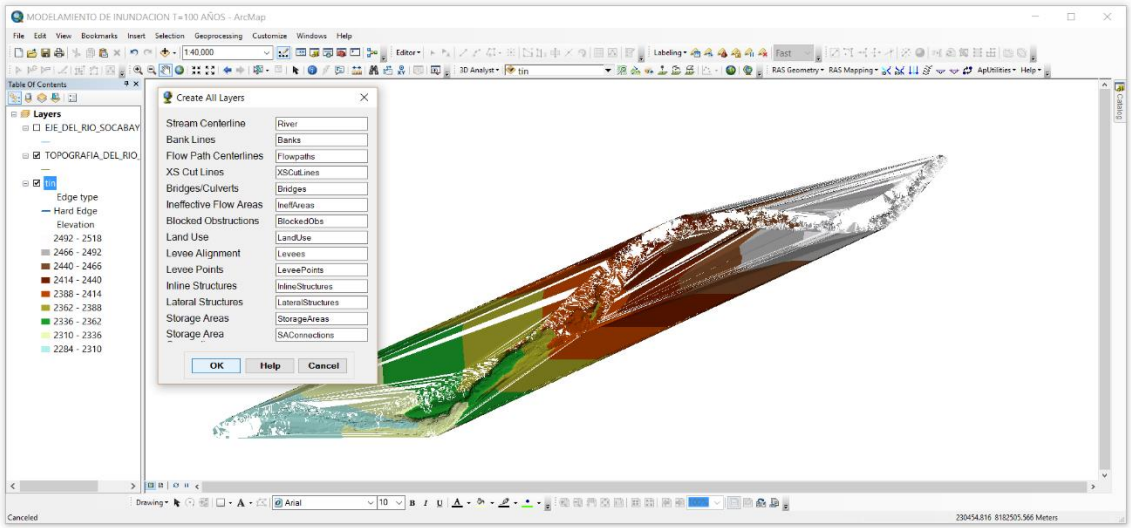
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Creamos los **Ras Layers** que se utilizaran y la extracción de datos geométricos. **Create Ras Layers/ All**



Los Layers que se utilizaran son **Stream Centerline/ Banks/ Flow Path Centerlines** y **Cross Section Cut Lines**

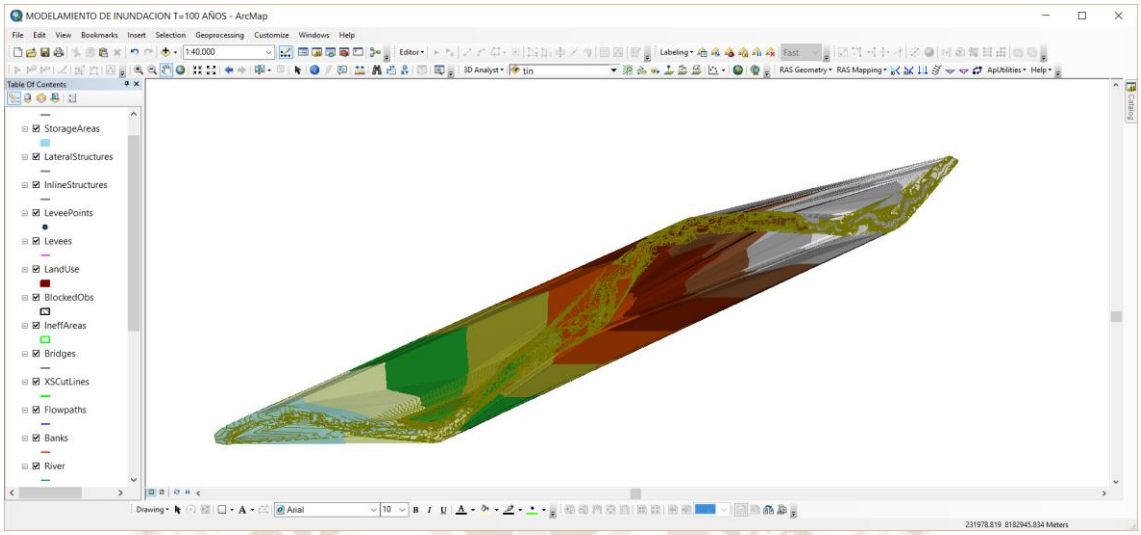


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

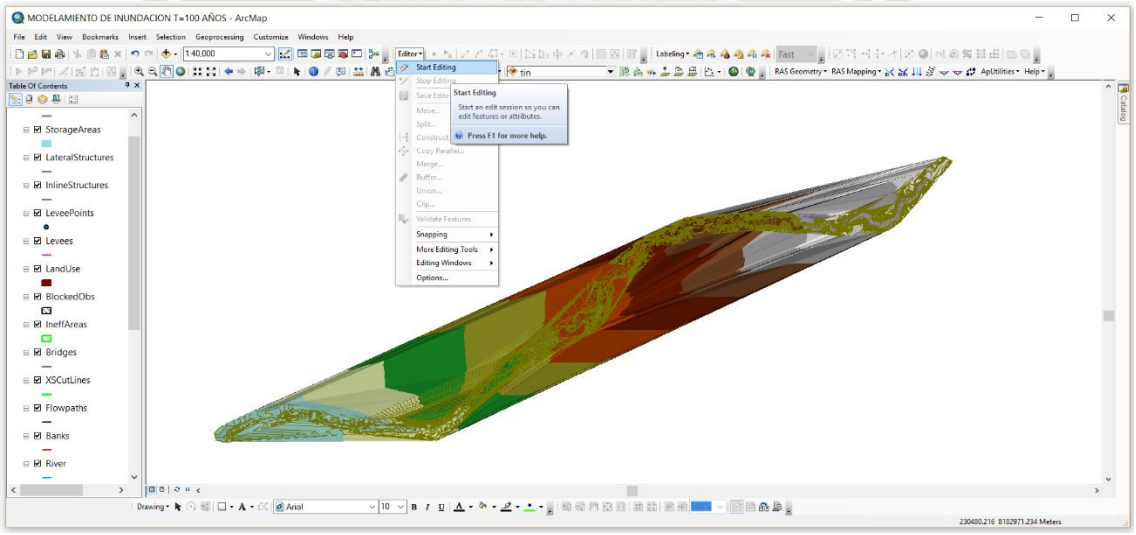
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Generación de los **Layers**



Procedemos a **Editar** las capas en el MDT (**Modelo Digital del Terreno**) con el comando **Start Editing**

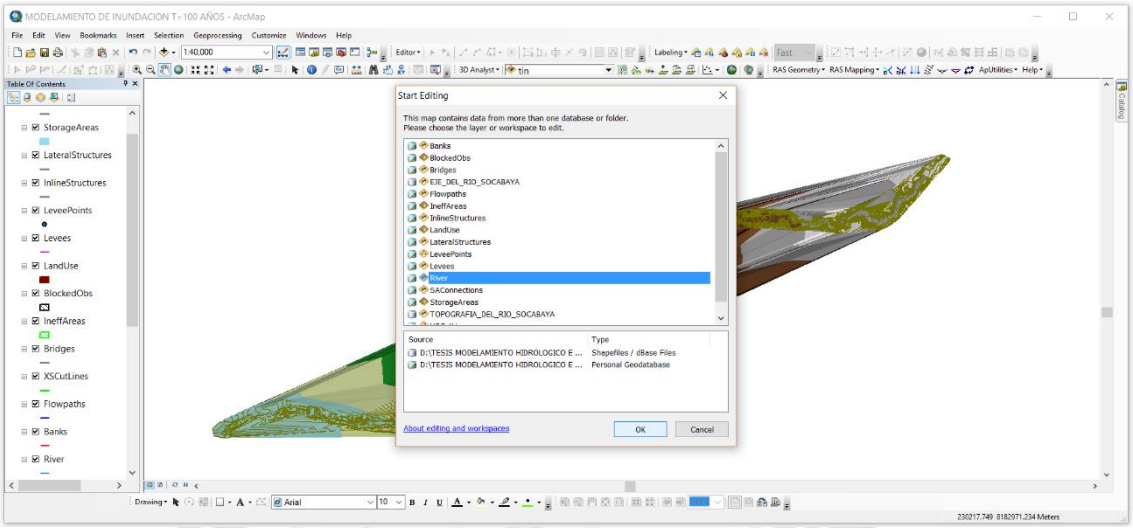


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

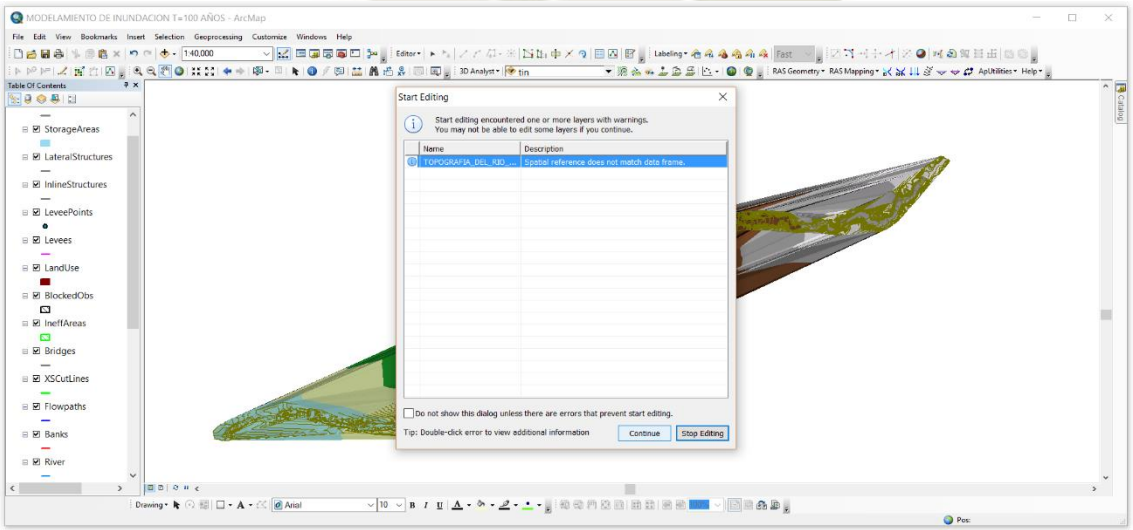
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Procedemos a **Editar la capa River** en el MDT (**Modelo Digital del Terreno**) con el comando **Start Editing**



Procedemos a **Editar la capa River** en el MDT (**Modelo Digital del Terreno**) con el comando **Start Editing**

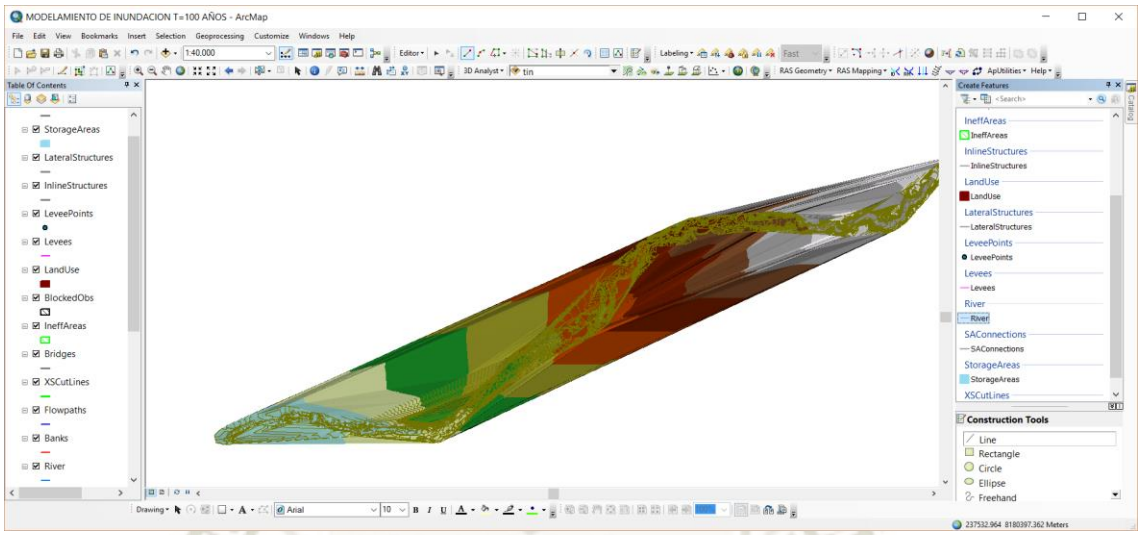


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

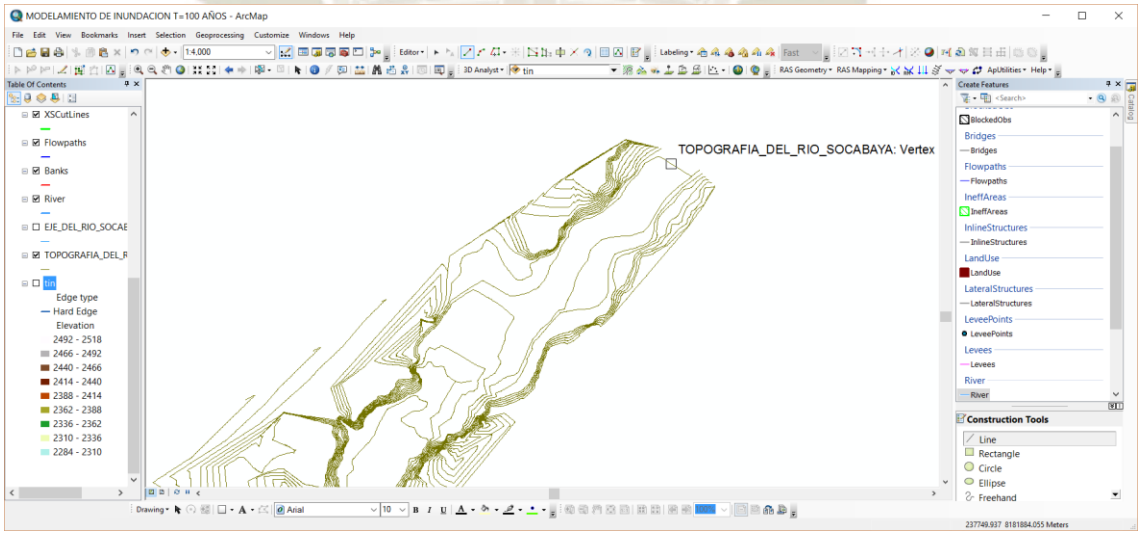
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Procedemos a **Editar la capa River** en el MDT (**Modelo Digital del Terreno**) con el comando **Start Editing** y el comando **Create Features**



Procedemos a **editar** el eje del Rio Socabaya conforme a la Topografía de la misma

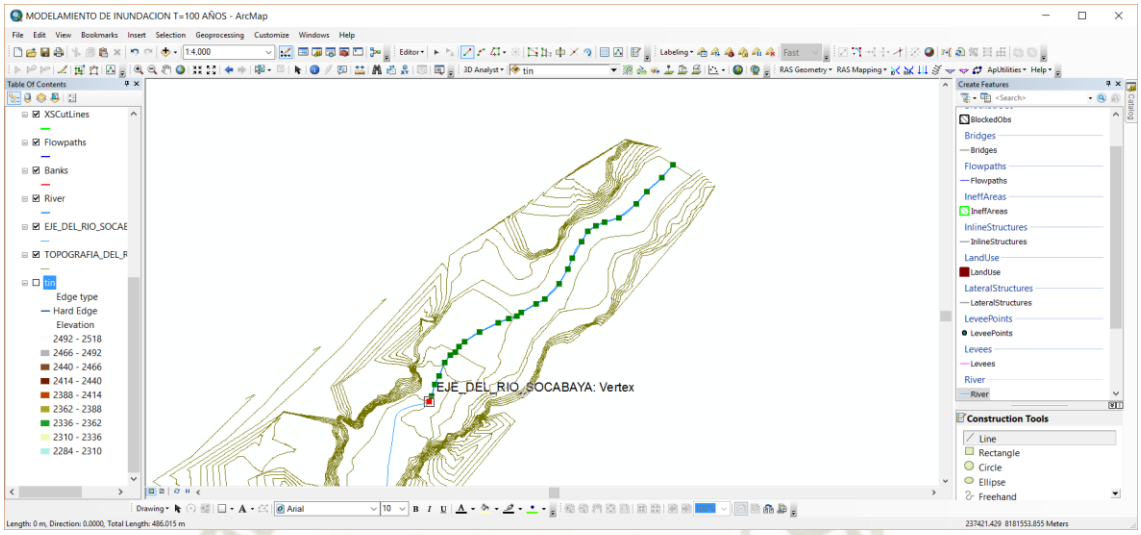


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

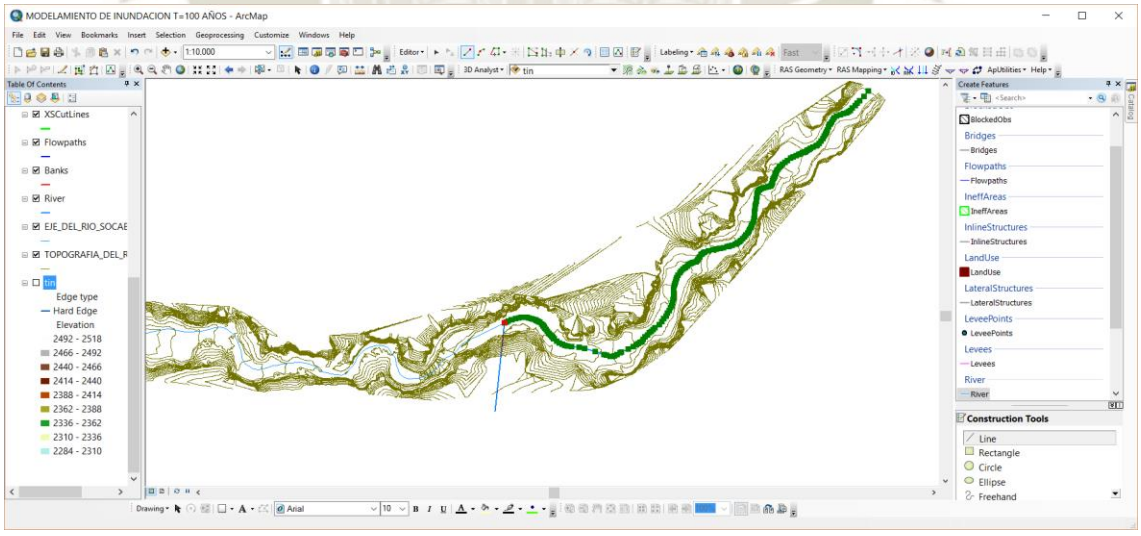
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Editamos el eje (**Talweg**) del Rio Socabaya



Se puede observar el trazado del eje de rio (**Talweg**)

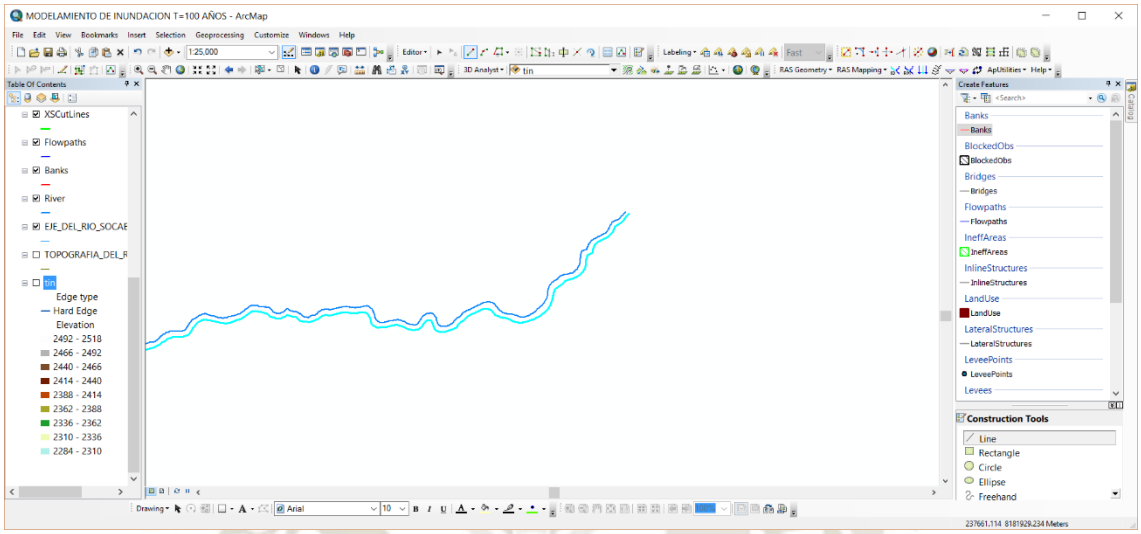


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

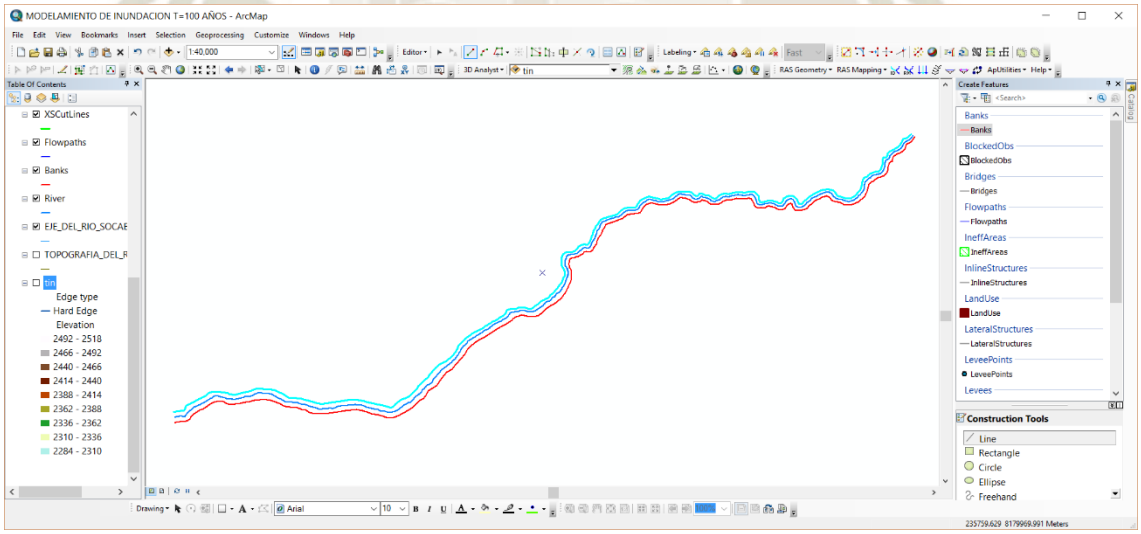
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Procedemos a **Editar la capa Banks** en el MDT (**Modelo Digital del Terreno**) con el **comando Start Editing** y el **comando Create Features** en el margen derecho



Procedemos a **Editar la capa Banks** en el MDT (**Modelo Digital del Terreno**) con el comando **Start Editing** y el comando **Create Features** en el margen isquierdo

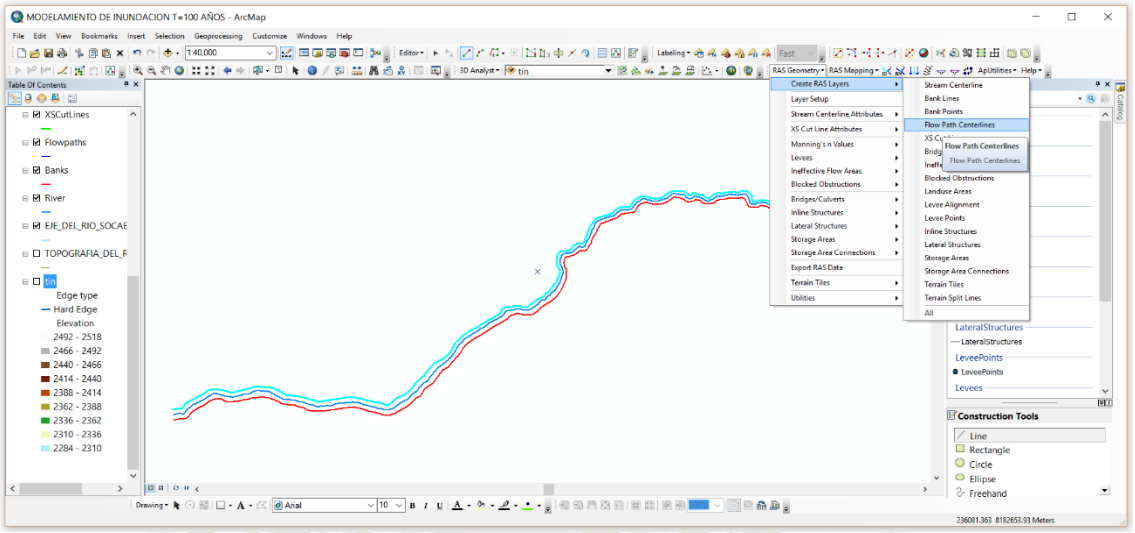


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

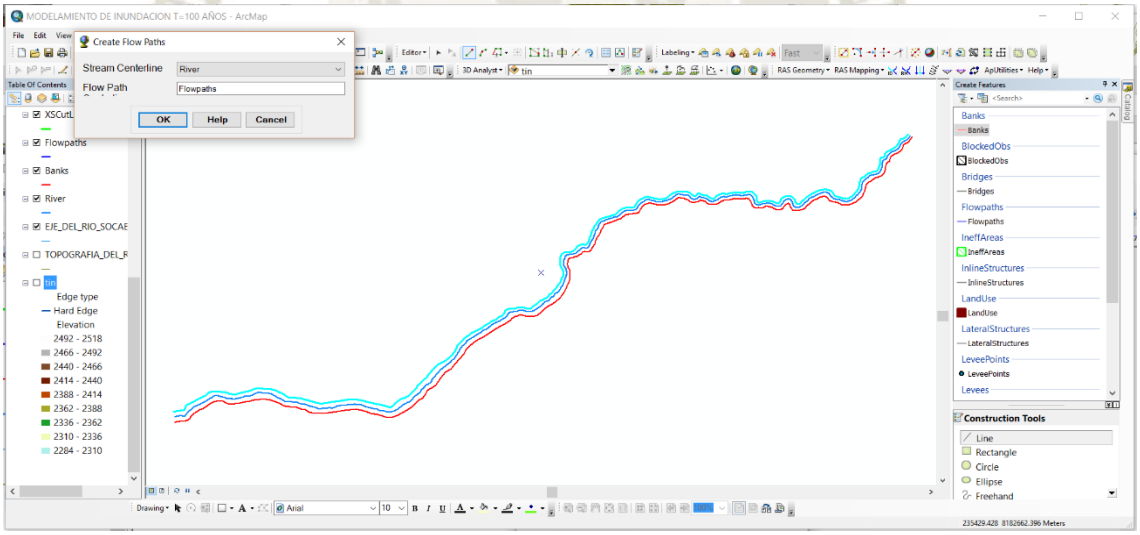
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Procedemos a darle a la **capa river** la característica de trayectoria de flujo con los **comandos Create RAS layers/ Flow Path Centerline**



Procedemos a darle a la **capa river** la característica de trayectoria de flujo con los **comandos Create RAS layers/ Flow Path Centerline**/ le damos **OK**

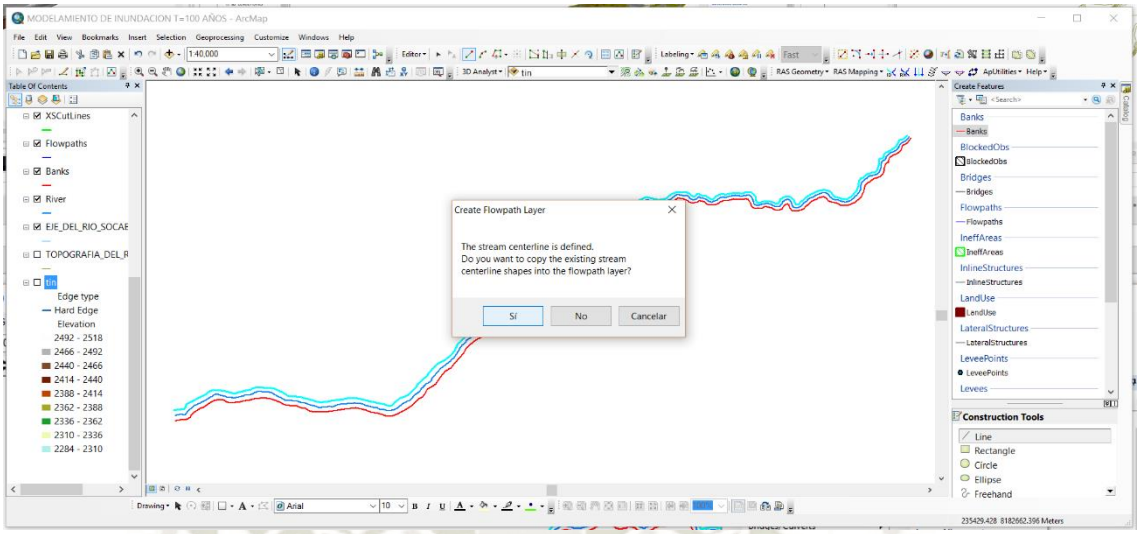


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

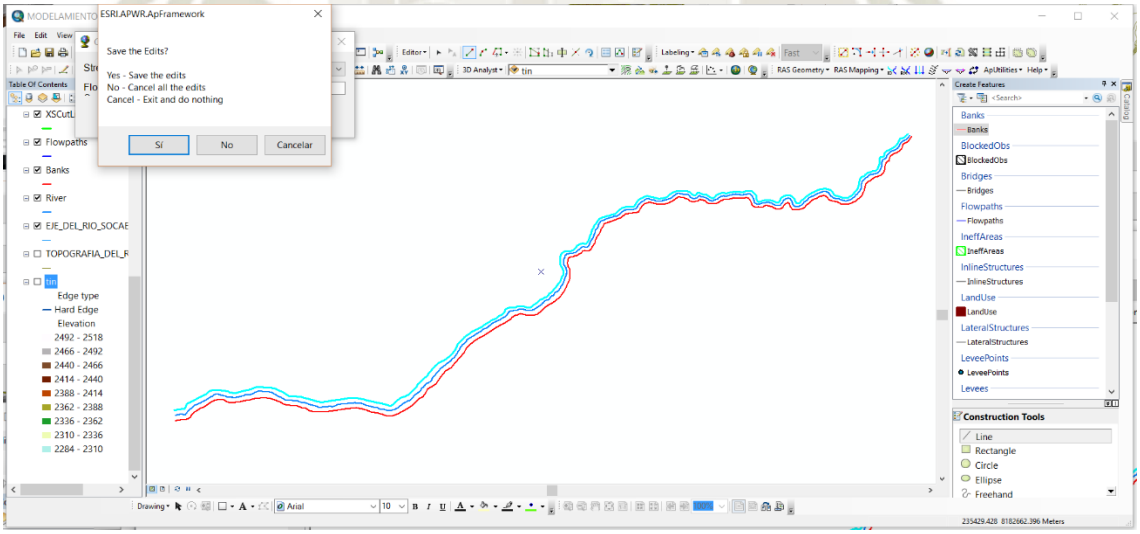
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Procedemos a darle a la **capa river** la característica de trayectoria de flujo con los comandos **Create RAS layers/ Flow Path Centerline/** le damos **SI**



Procedemos a darle a la **capa river** la característica de trayectoria de flujo con los comandos **Create RAS layers/ Flow Path Centerline/** le damos **SI** nuevamente

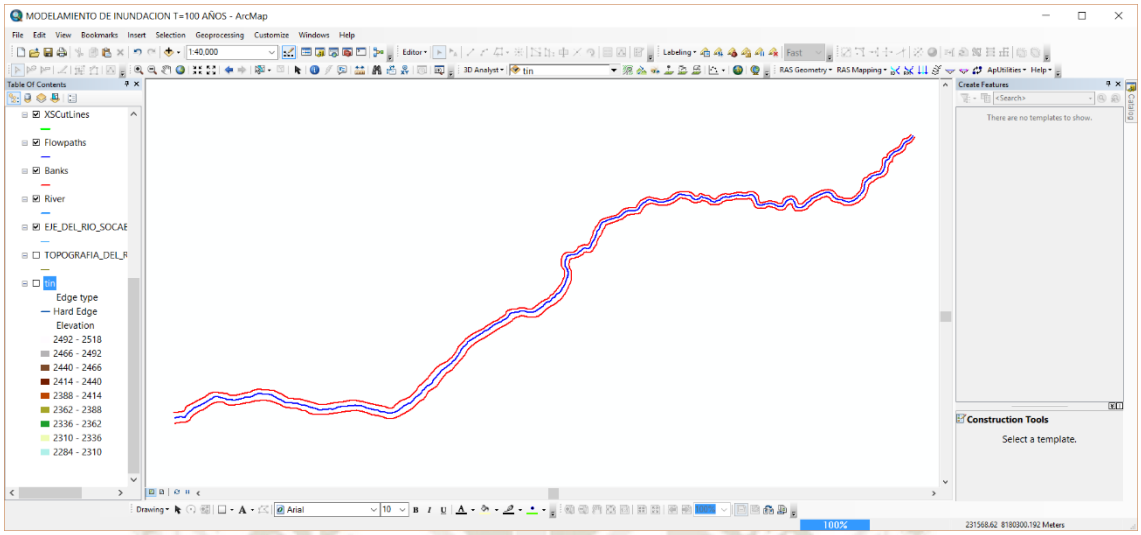


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

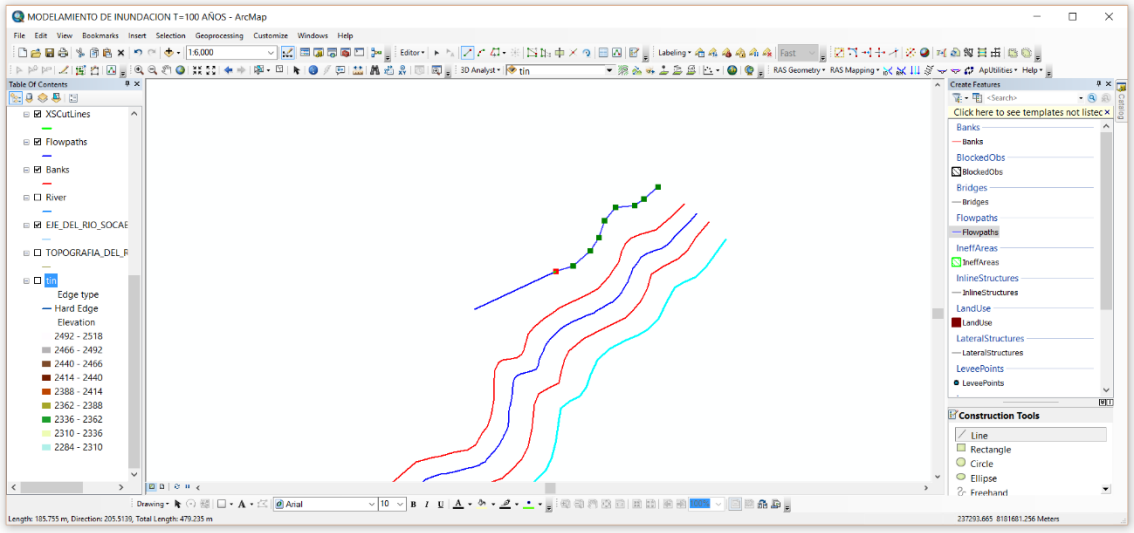
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como podemos ver se creó el eje de rio con la caracteritica **Flow Path Centerline**



Procedemos a **Editar la capa Flow Paths** en el MDT (**Modelo Digital del Terreno**) con el comando **Start Editing** y el comando **Create Features** en ambas márgenes del rio

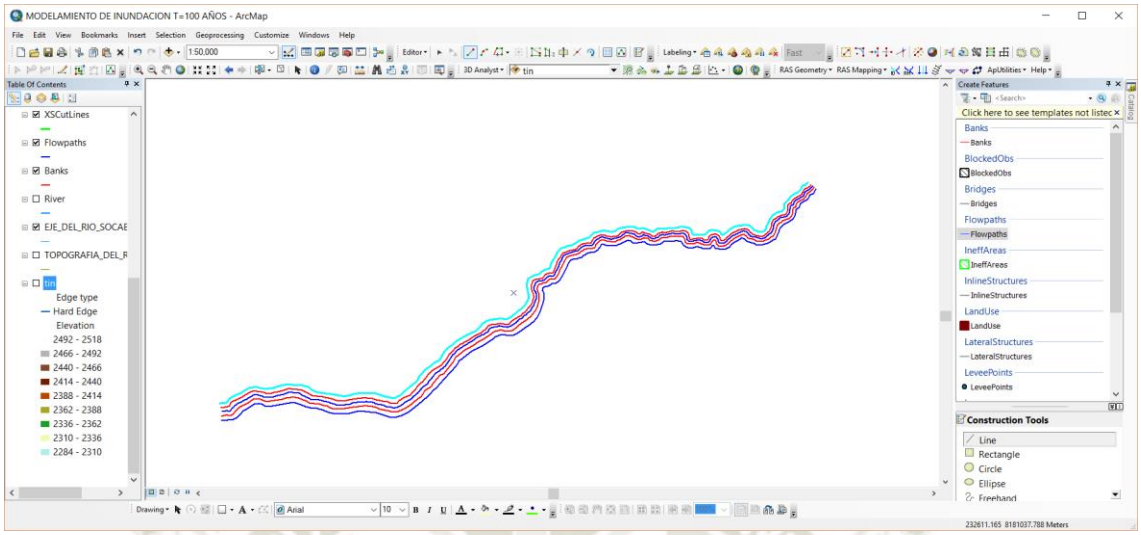


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

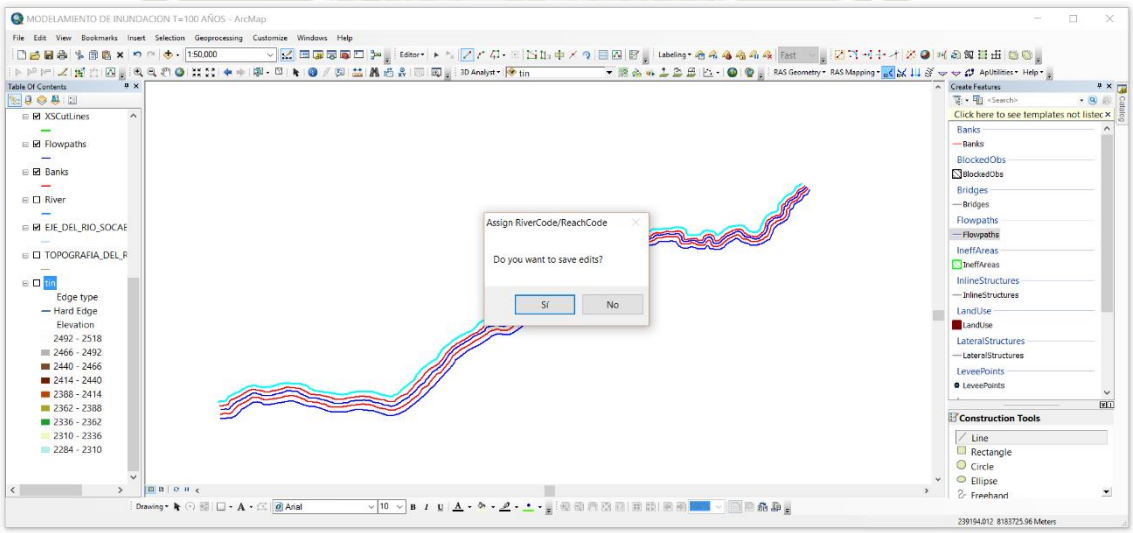
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se puede apreciar los **Flow Paths** en ambas márgenes



Procedemos a Guardar las características que le dimos al MDT (**Modelo Digital del Terreno**)

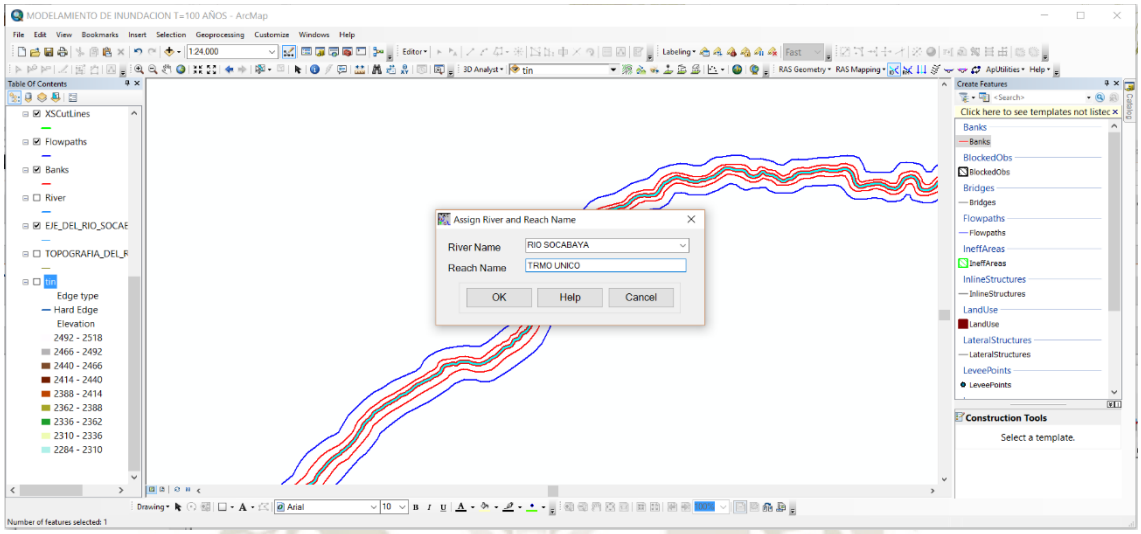


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

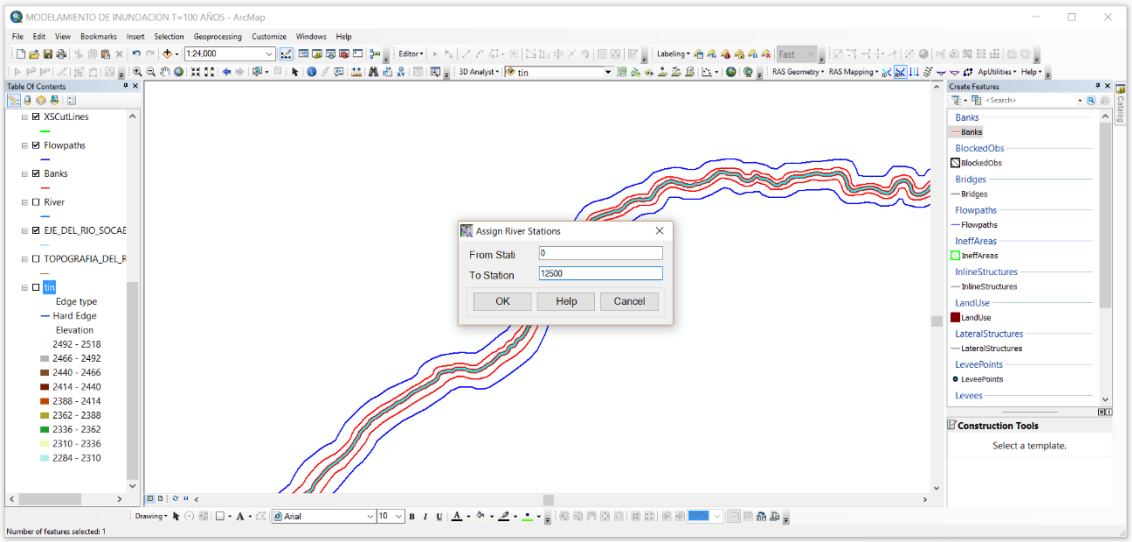
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Procedemos a asignarle el nombre del Rio Socabaya/ **Assign River Code and Reach Code To River**



Procedemos a asignarle las estaciones del rio Socabaya (**Longitud del Tramo**) / **Assign From Sttion and To Station**

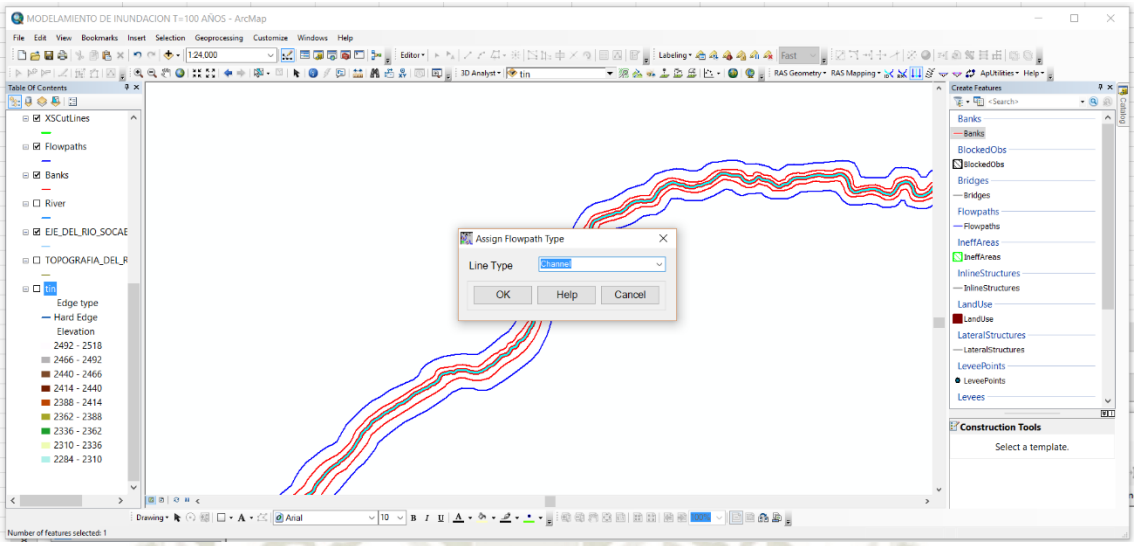


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

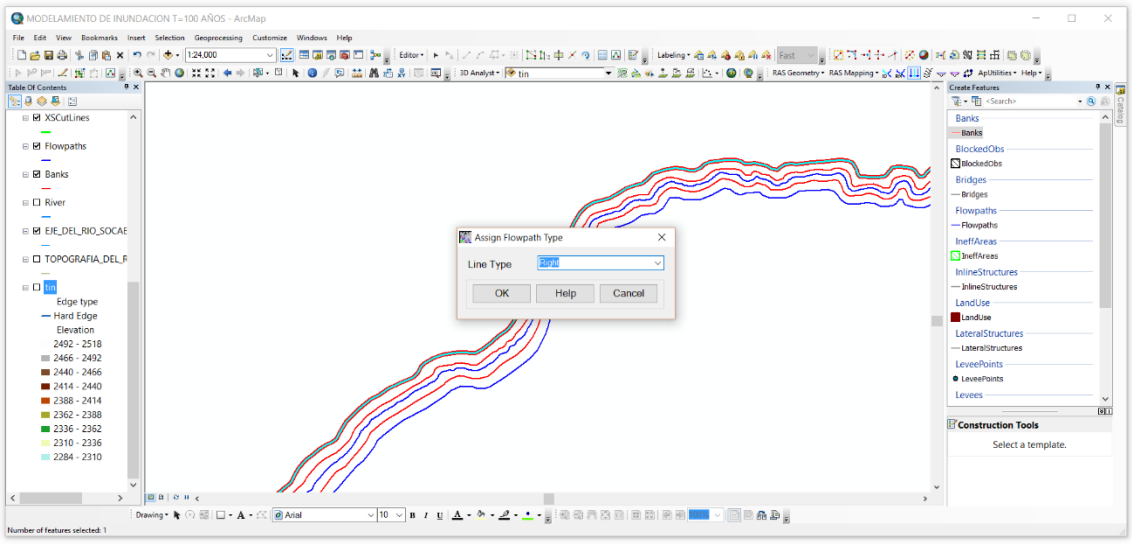
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Luego elegimos los **Flow Paths** para asignarle los tramos de margen del eje del rio (**Channel**)/ **Select Flowpath and Assign line type Attributes**



Luego elegimos los **Flow Paths** para asignarle los tramos de margen izquierda del rio (**Left**)/ **Select Flowpath and Assign line type Attributes**

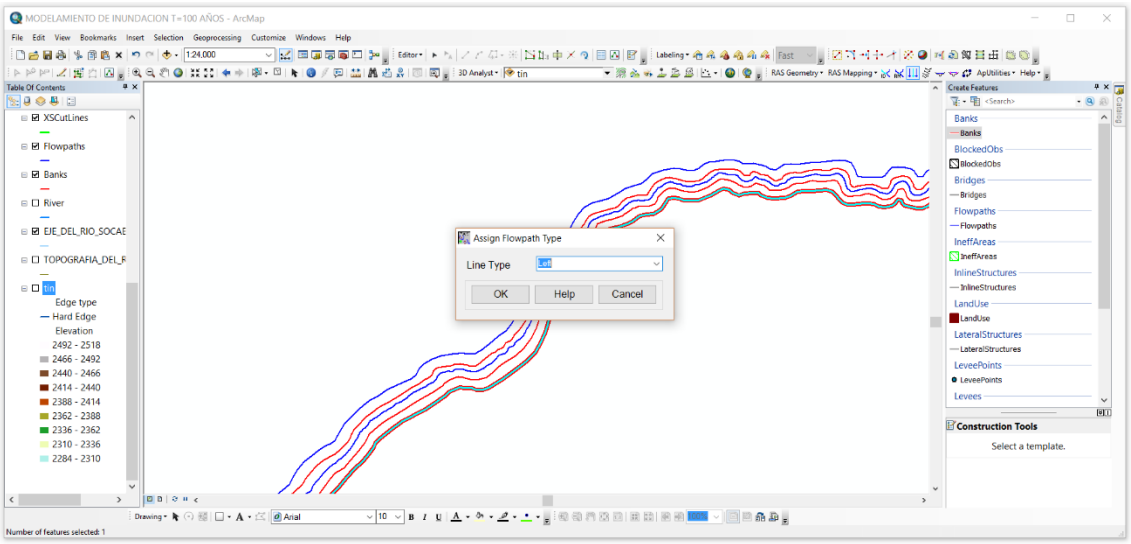


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

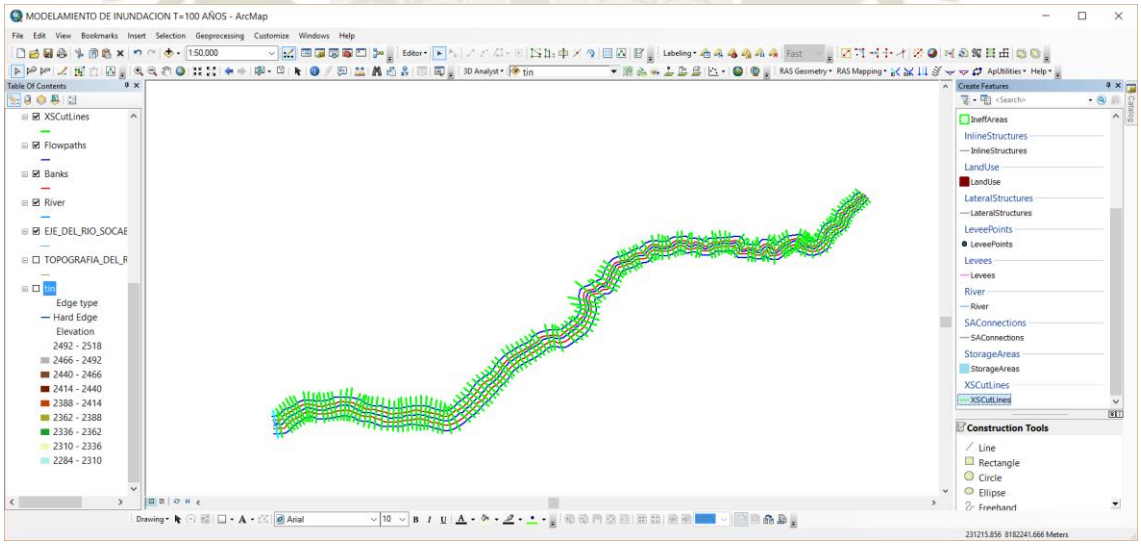
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Luego elegimos los **Flow Paths** para asignarle los tramos de margen derecha del rio (**Right**)/ **Select Flowpath and Assign line type Attributes**



Luego Generamos los intervalos en los cuales estarán espaciadas las secciones/ **Construct XS cut lines**

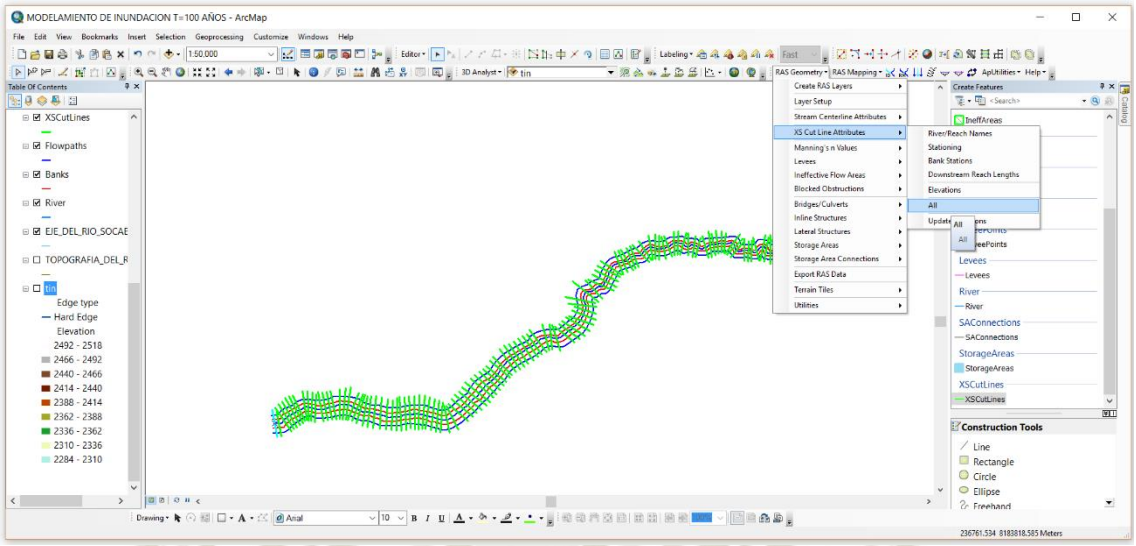


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

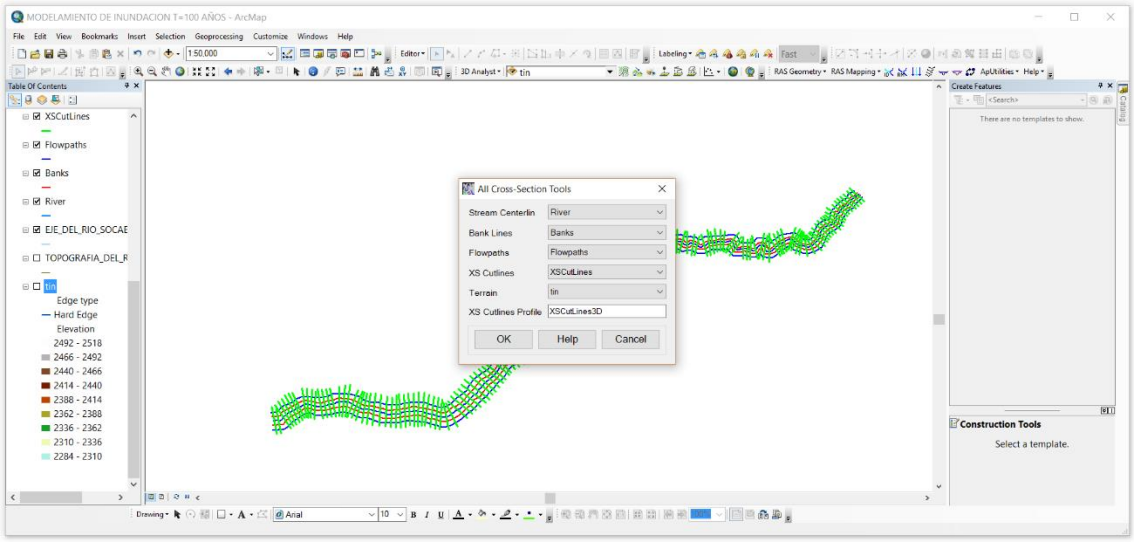
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Una vez terminado la edición de las secciones, procedemos a dar las características geométricas con los comandos/ **RAS Geometry**/ **XS cut line Attributes/ all**



Procedemos a dar **OK** para que corra el programa

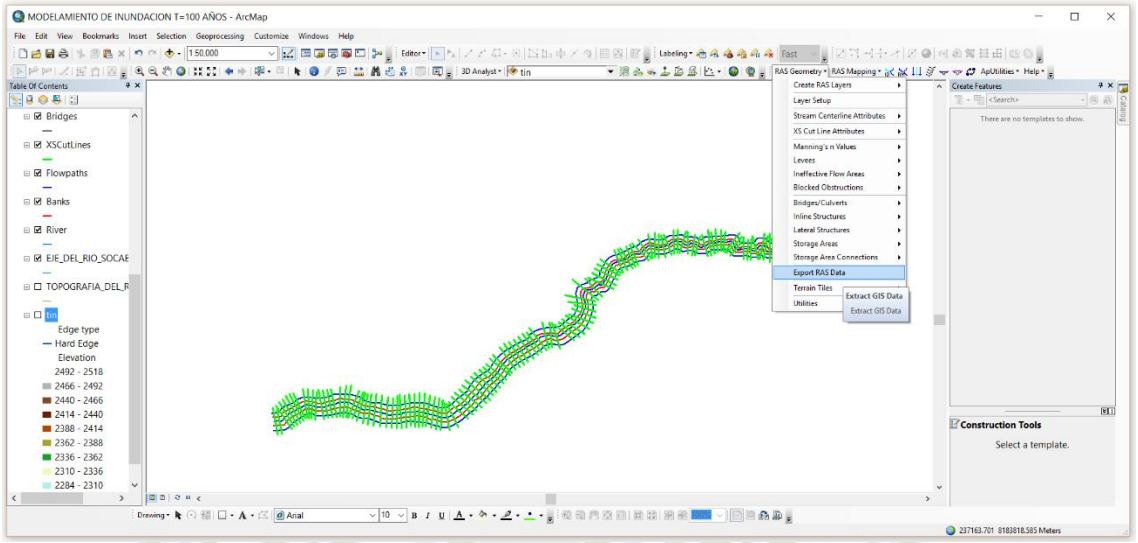


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

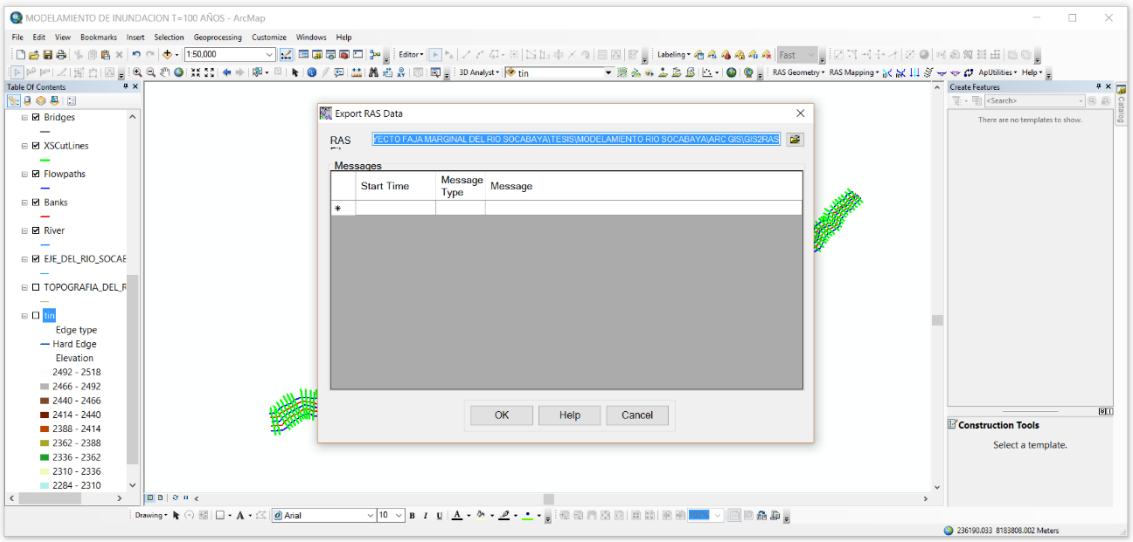
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Luego de dar las características Geométricas procedemos a **EXPORTAR EL ARCHIVO** para el **Software HEC RAS**



Le damos **Ok** para que corra el programa

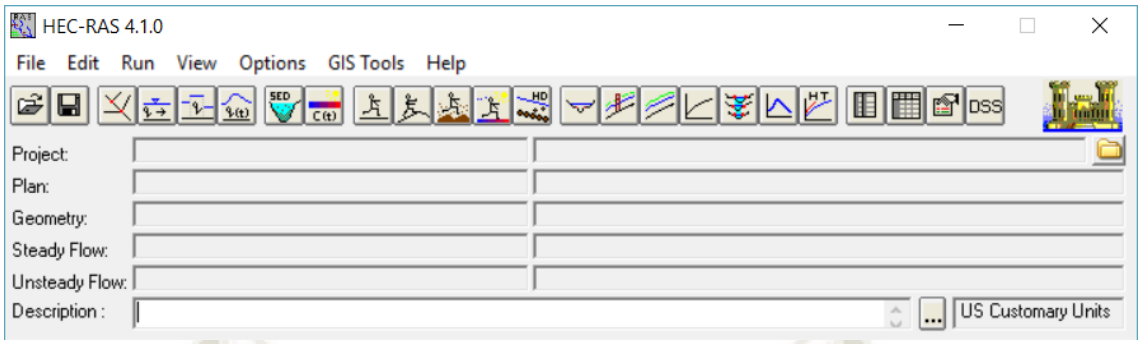


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

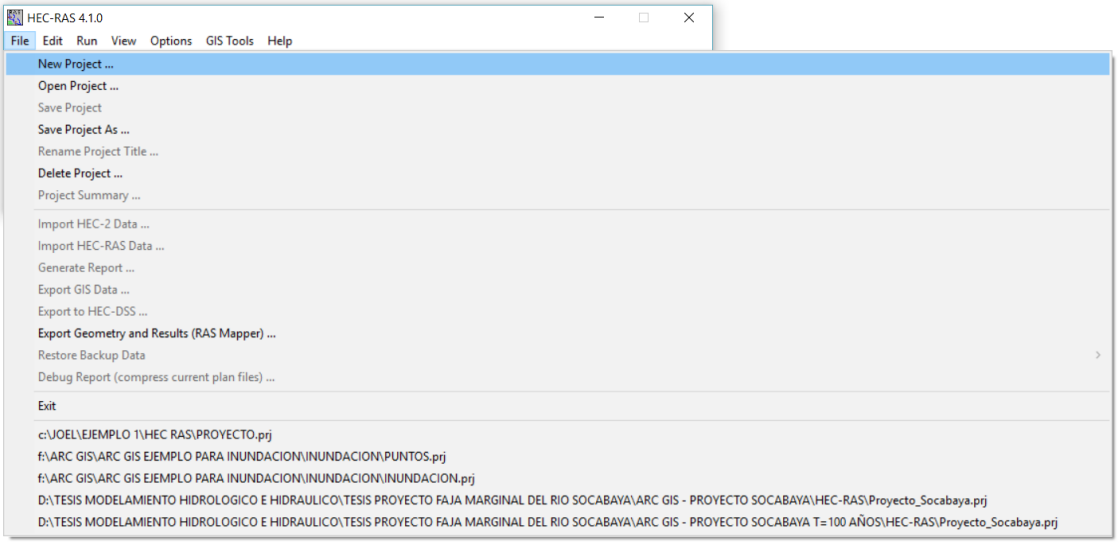
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

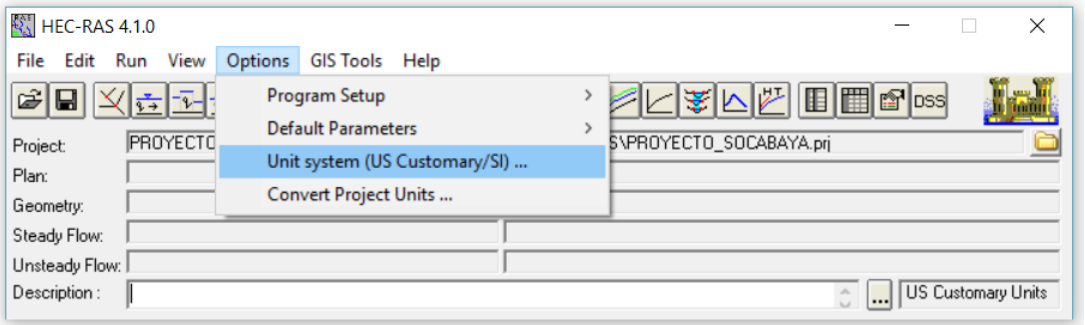
Abrimos el **Software HEC RAS**



Creamos un nuevo Proyecto en **HEC RAS**



Verificamos las unidades que tiene que estar en el **Sistema Internacional**

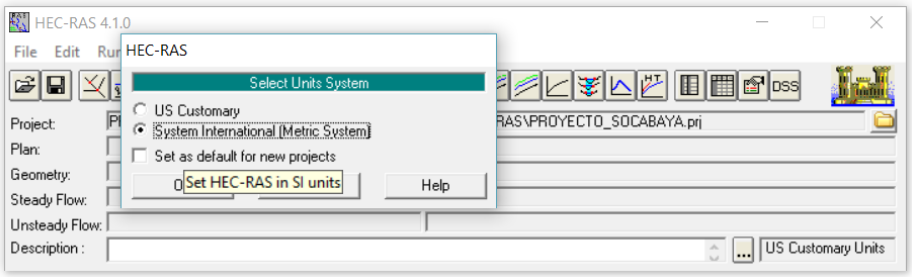


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

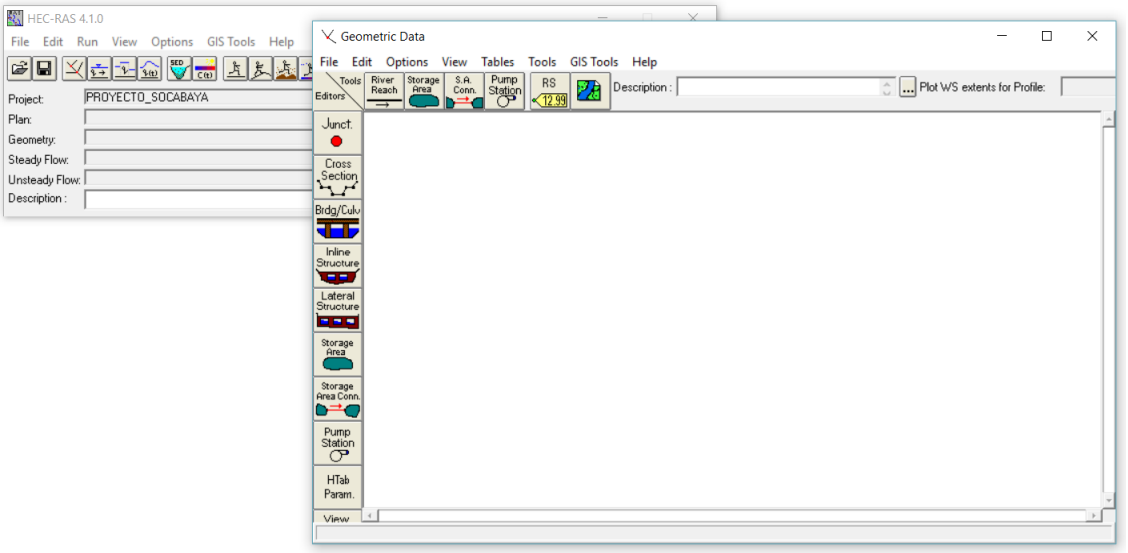
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

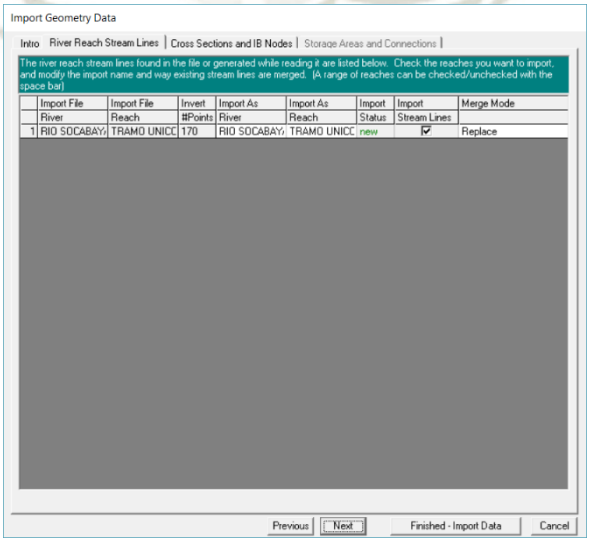
Le damos **check** en el Sistema de Unidades ya mencionadas



Vamos al comando **Edit/ Enter geometric data** para importar los datos exportados de ARC GIS



Observamos el tramo importadas de **ARC GIS**

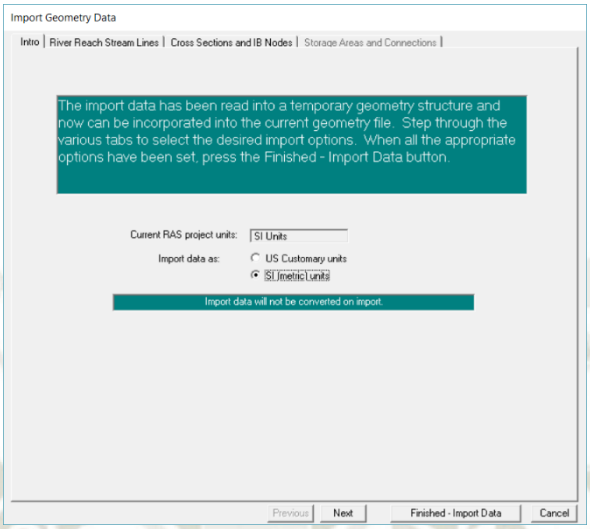


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

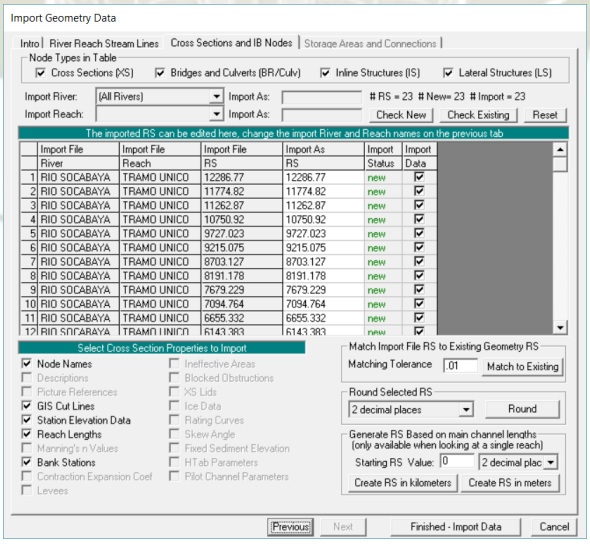
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Es Importante que se seleccionen las unidades en la que se ha creado el proyecto en **HEC RAS**



Verificamos las características exportadas en **ARC GIS** y le damos siguiente

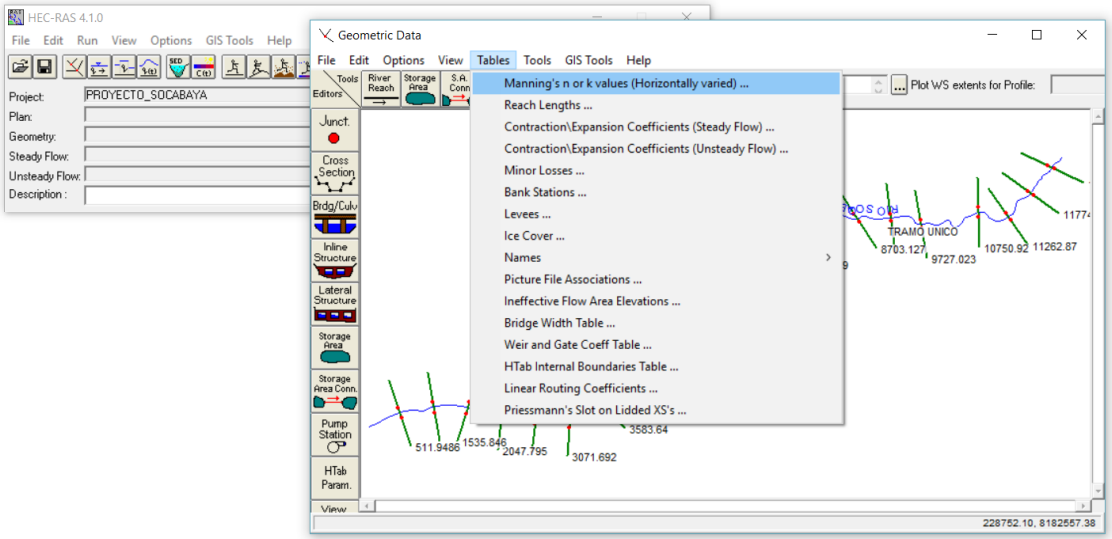


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

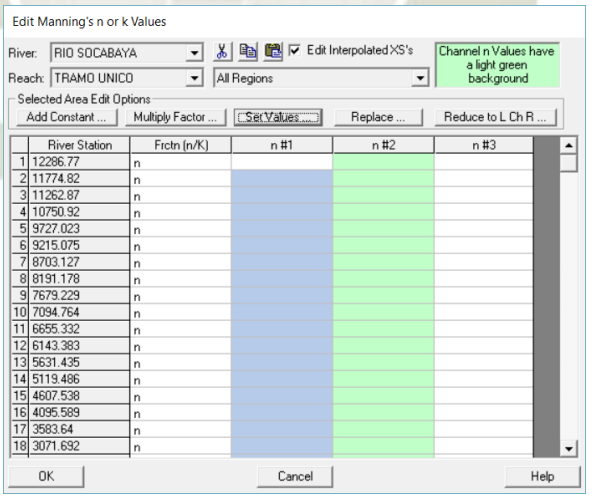
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Procedemos a darle los coeficientes de rugosidad ya calculados con los comandos/ **Geometric Data/ Table/ Mannings or K Values (Horizontally Varied)**



Procedemos a editar cada una de los **coeficientes** en las márgenes del rio tanto central como derecha e izquierda

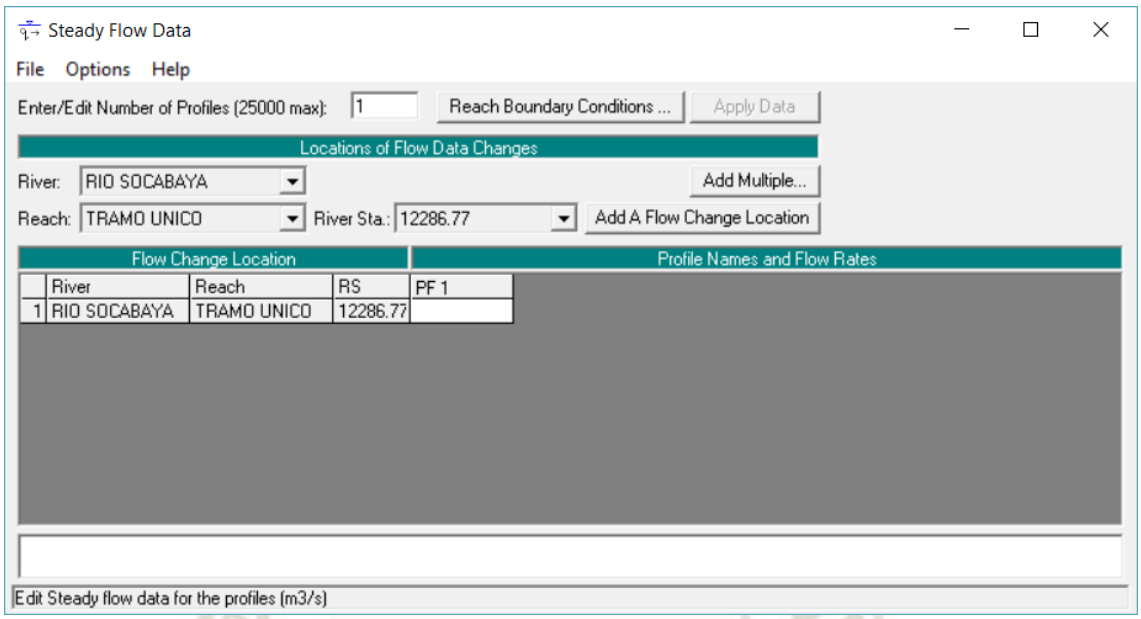


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

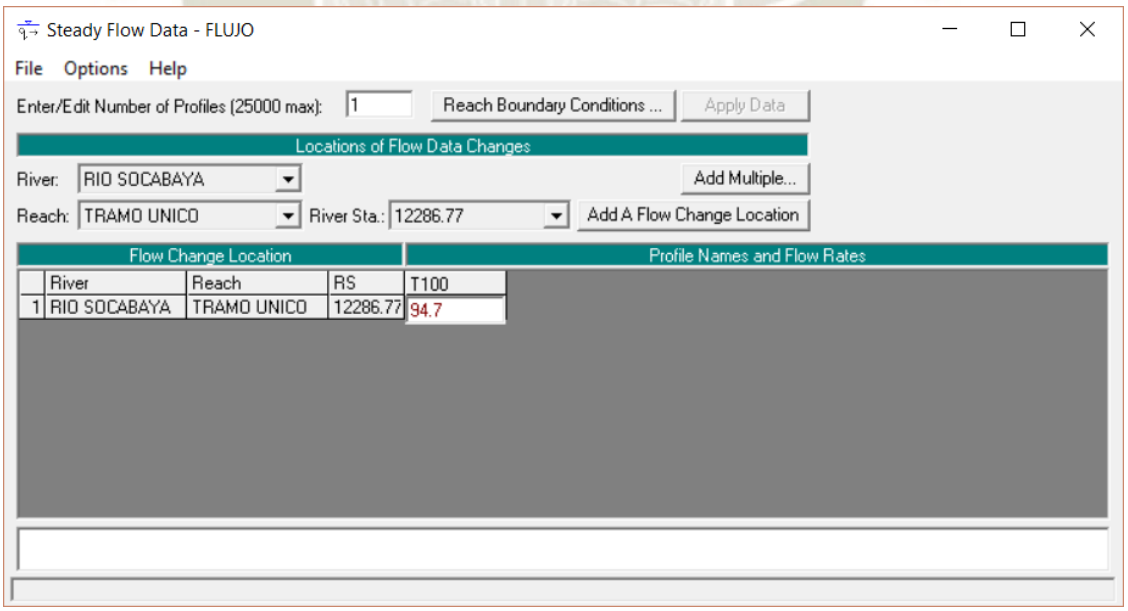
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Luego introducimos el caudal de Diseño con los comandos/ **Steady Flow Data**



Editamos el Caudal de diseño ya calculado en el estudio **Hidrologico**

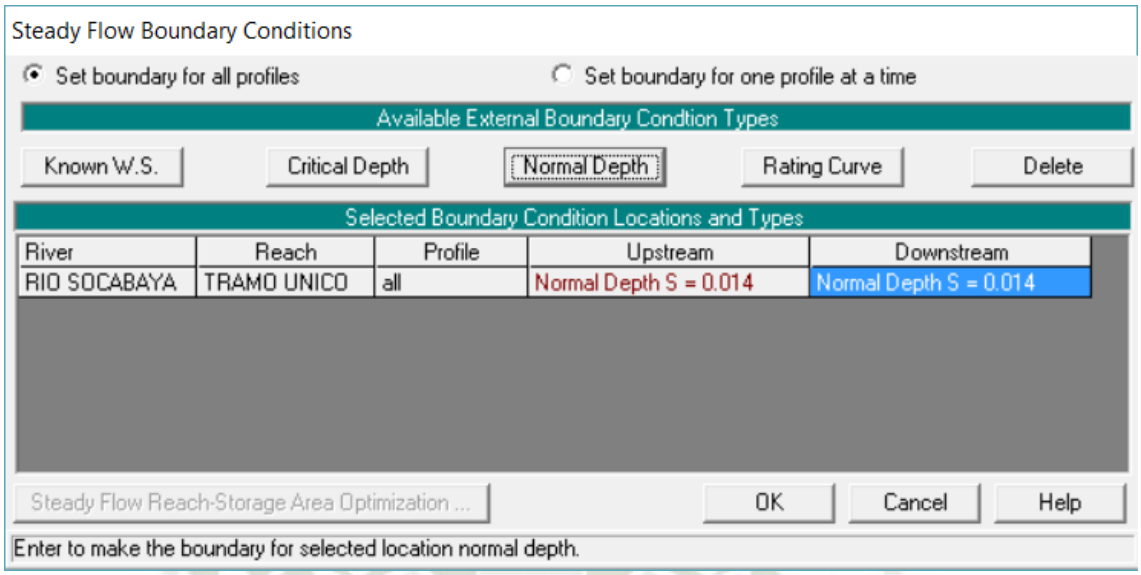


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

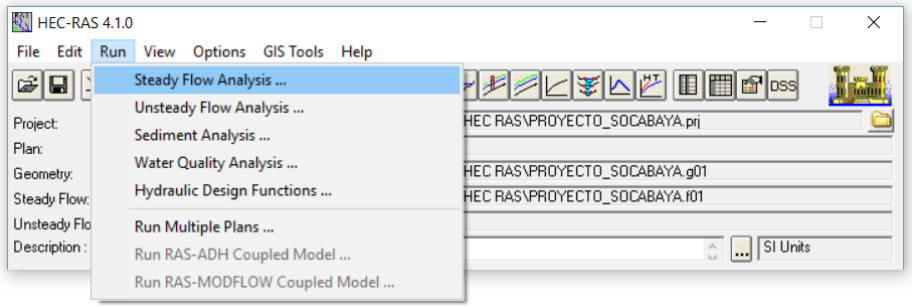
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

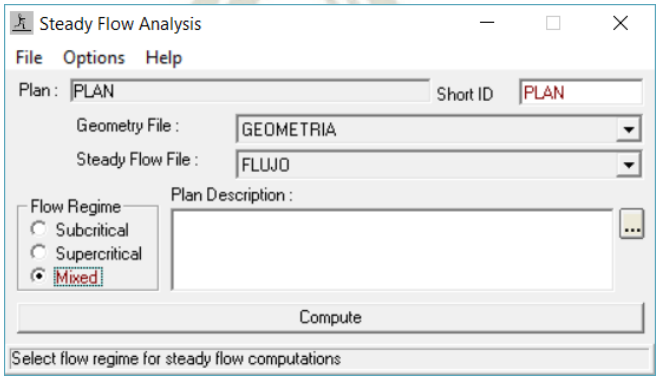
Damos las características del **cauce principal** del rio Socabaya (**Pendiente**)



Luego generamos el **plan para que el Software corra apropiadamente**



Observamos la ventana de **Steady Flow Analisis** donde correremos el programa para el tipo de régimen de flujo

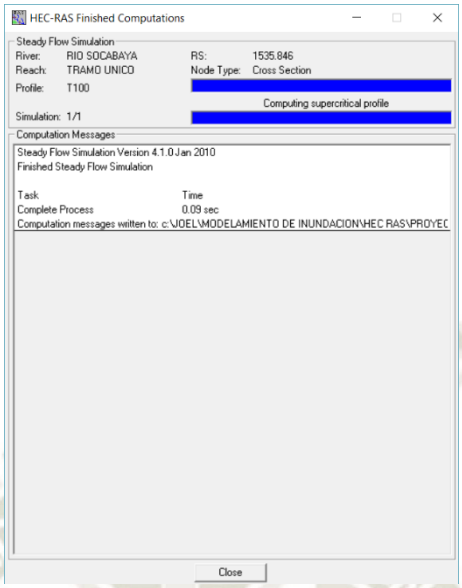


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

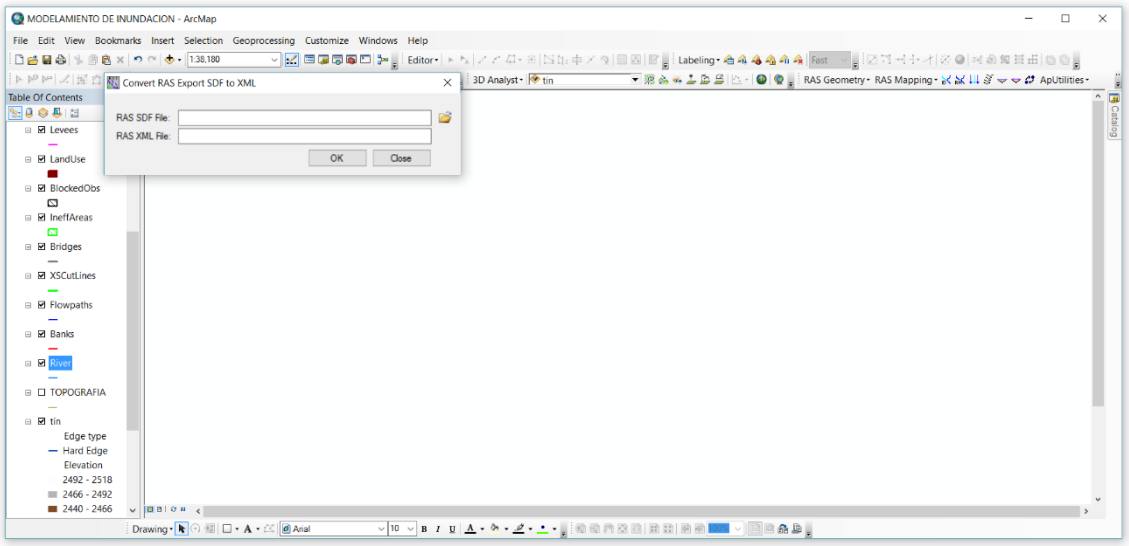
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se pude observar que el programa corrió satisfactoriamente/ **COMPUTE**



Luego en la ventana de Arc Gis importamos los datos ya corridos de **HEC RAS**/ **Import RAS SDF file**

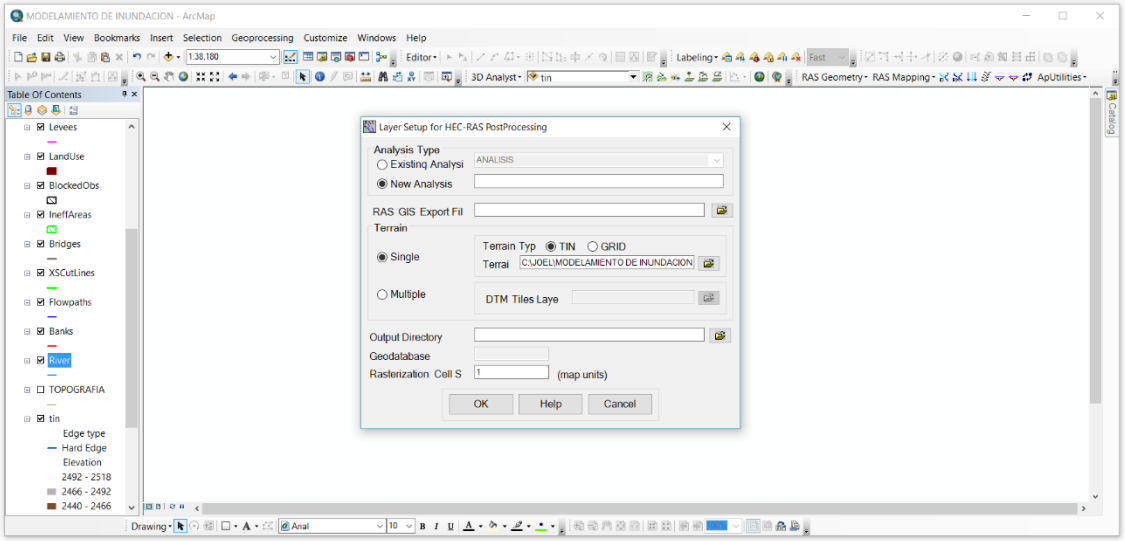


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

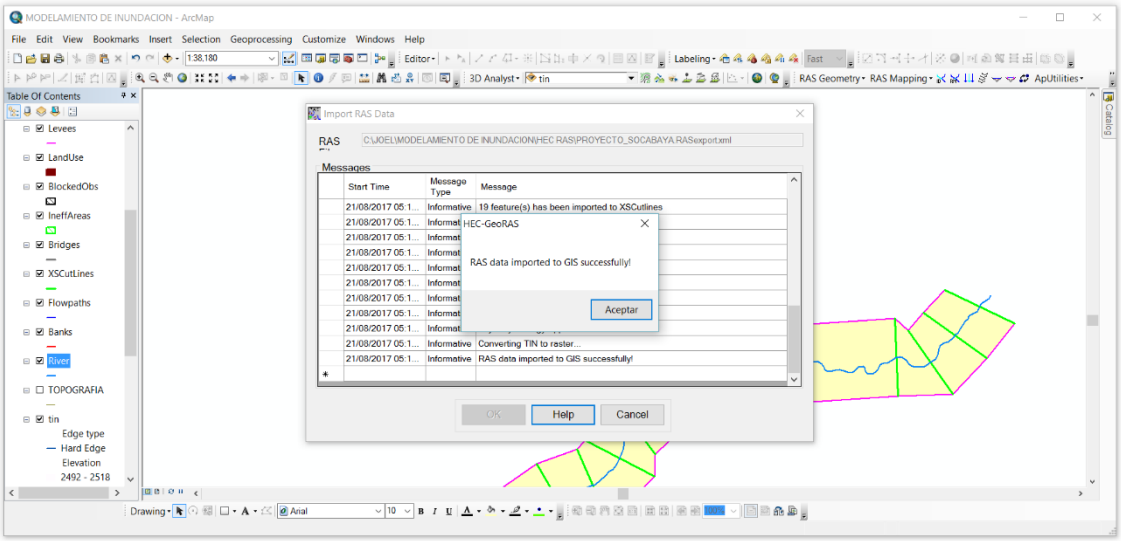
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Luego en la herramienta de **HECGeoRAS** elegimos la opción **RAS Mapping/ Layers Setup**



Verificamos si corrió **satisfactoriamente el Programa para la Inundación**

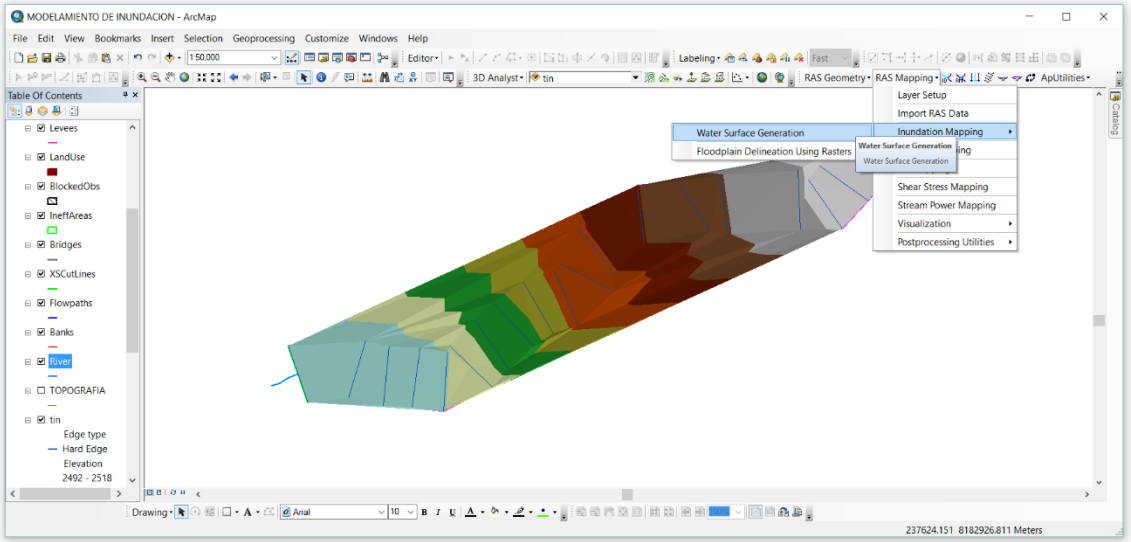


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

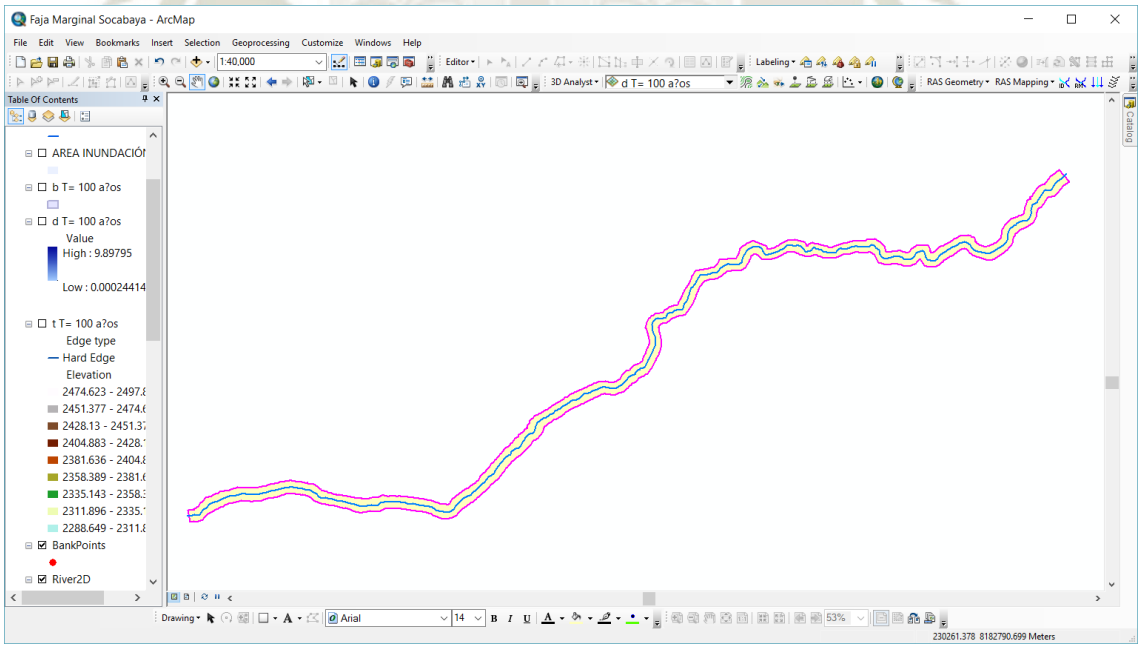
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Luego vamos al comando **RAS Mapping/ Inundation Mapping/ Water Surface Generation** y elegimos el periodo de retorno para la inundación



Observamos la generación de las características importadas del archivo de **HEC RAS** hacia **ARC GIS**

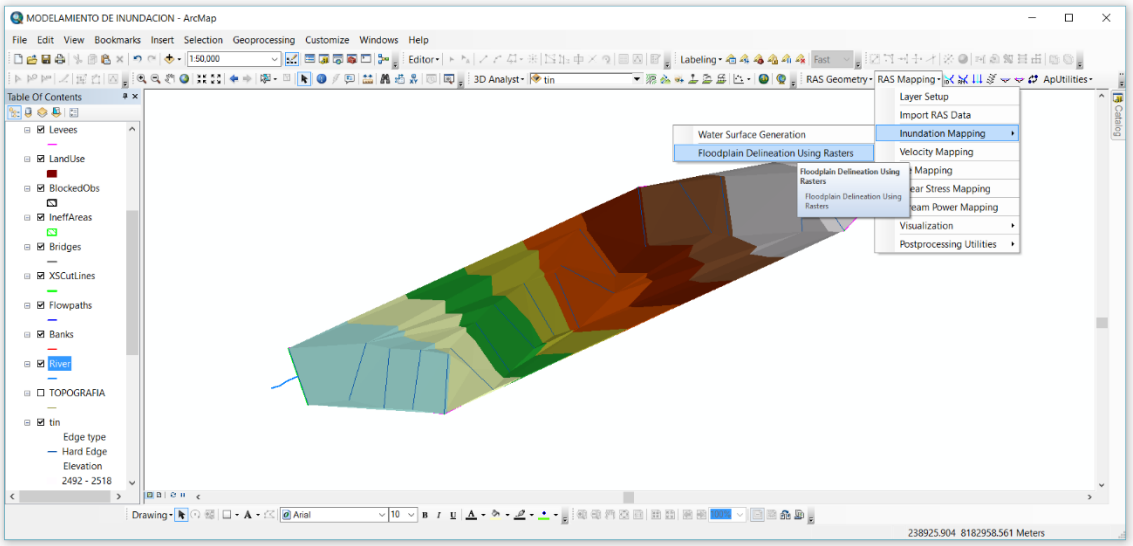


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

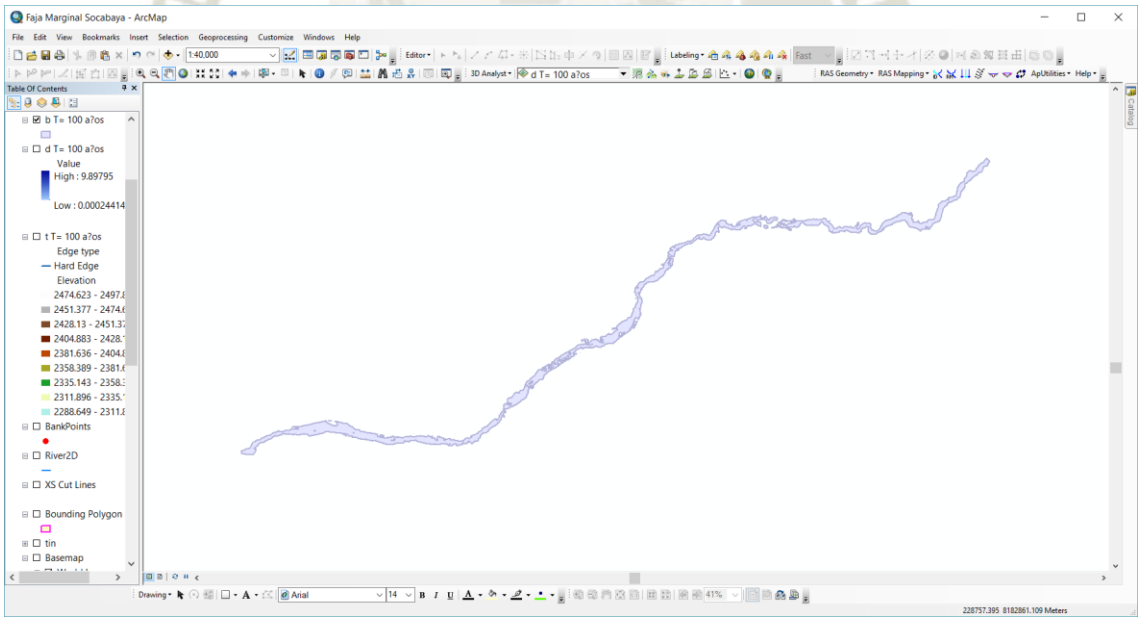
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Luego vamos al comando **RAS Mapping/ Inundation Mapping/ Floodplain Delineation Using Raster** y elegimos el periodo de **retorno para la inundación**



Zona de Inundación T=100 años del Rio Socabaya

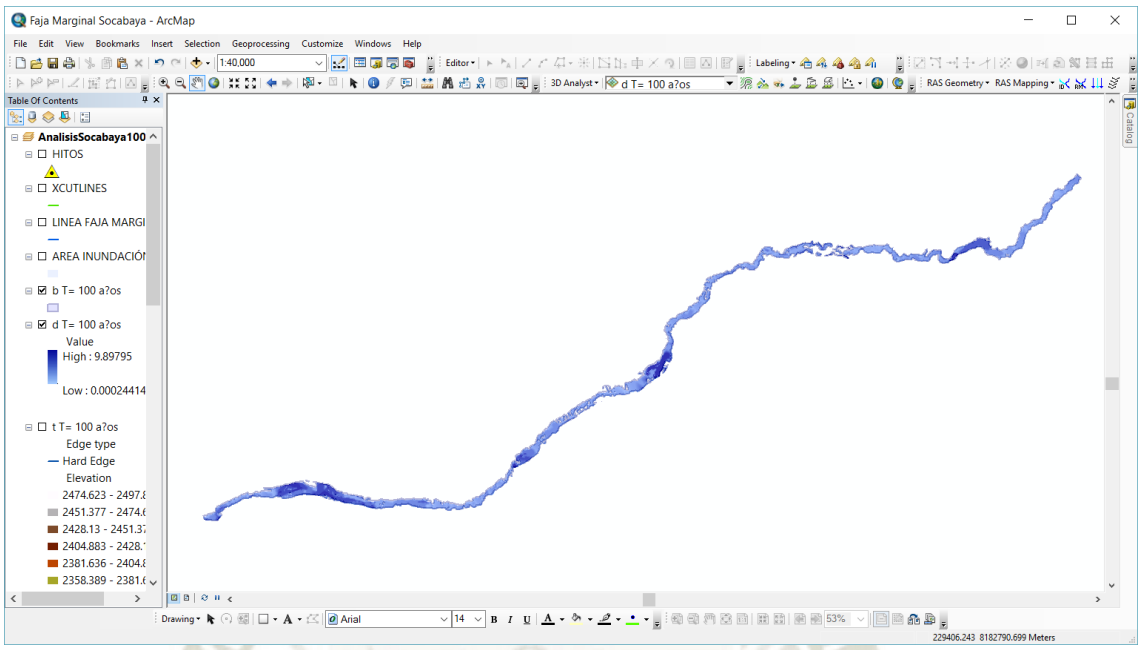


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

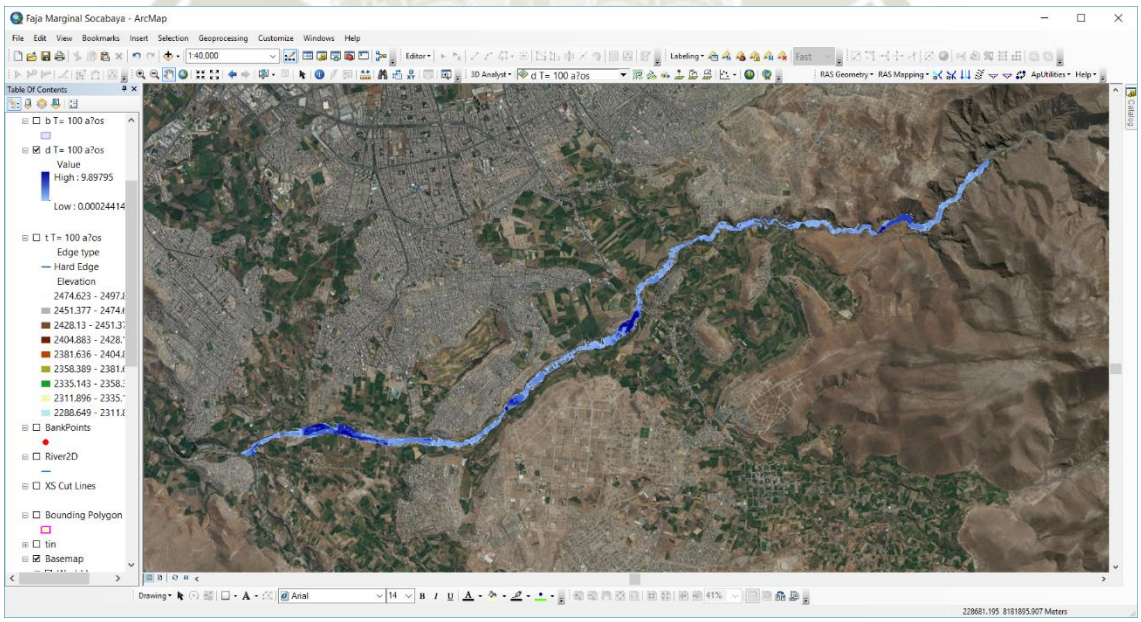
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Mapa de Tirante Hidráulico T=100 años del Rio Socabaya



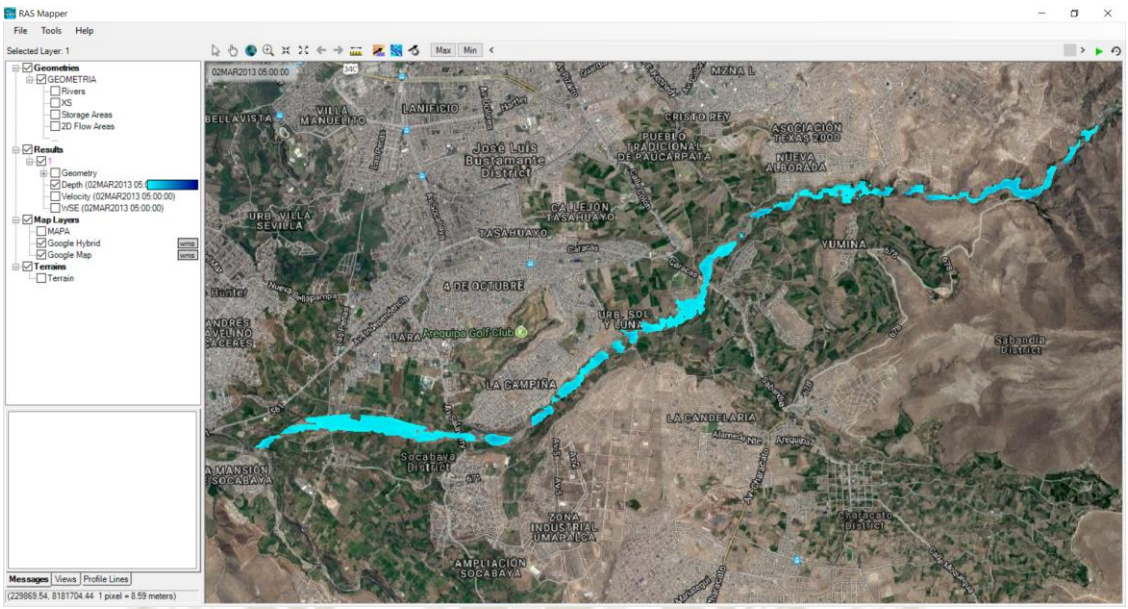
Mapa de Inundación del Rio Socabaya



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Mapa de Inundación Dinámica 2D del Rio Socabaya con HEC RAS 5.01



- Valores para el cálculo del **coeficiente de rugosidad**

PROGRESIVA	0+000		
CORDENADAS UTM	**Y: NORTE (m)**	8182026	
	Y: ESTE (m)	237921	
	Isq	**Centro**	**Der**
no	0.025	0.028	0.025
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.065**	**0.063**	**0.065**



vista de lugar del primer punto o inicio del tramo Yumina -Socabaya

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	0+500		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8181674	
	Y: ESTE (m)	237559	
	Isq	**Centro**	**Der**
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.015	0.010	0.015
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.078**	**0.068**	**0.078**



se aprecio variaciones en la seccion transversal frecuentemente alternante

PROGRESIVA	1+000		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8181312	
	Y: ESTE (m)	237219	
	Isq	**Centro**	**Der**
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.073**	**0.068**	**0.073**



se aprecia un grado de irregularidad moderado

PROGRESIVA	1+500		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180952	
	Y: ESTE (m)	236871	
	Isq	**Centro**	**Der**
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.063**	**0.068**



se aprecia un efectivo relativo de obstrucciones menor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	2+000		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8181016	
	Y: ESTE (m)	236412	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.015	0.010	0.015
n3	0.040	0.040	0.040
n4	0.005	0.005	0.005
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.093**	**0.088**	**0.093**



se aprecia variaciones de la seccion transversal ocasionalmente alternante

PROGRESIVA	2+500.00		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180928	
	Y: ESTE (m)	236007	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.063**	**0.068**



se aprecia una vegetacion de caracterisiticas media

PROGRESIVA	2+515		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180969	
	Y: ESTE (m)	236009	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.020	0.010	0.020
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.058**	**0.068**



vista de lugar de ubicación de bocatoma

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	3+000.00		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8181080	
	Y: ESTE (m)	235466	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.024	0.028
n1	0.005	0.000	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.010	0.015	0.010
n4	0.005	0.005	0.005
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.053**	**0.049**	**0.053**



vista del canal saliente del macizo rocoso

PROGRESIVA	3+500		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8181013	
	Y: ESTE (m)	235114	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.015	0.010	0.015
n3	0.020	0.020	0.020
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.098**	**0.093**	**0.098**



se aprecia una vegetacion de caracterisitica alta y un grado de irregularidad menor

PROGRESIVA	4+000		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180993	
	Y: ESTE (m)	234701	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.020	0.010	0.020
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.058**	**0.068**



se aprecia una variacion de seccion transversal ocasionalmente alternante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	4+000		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180993	
	Y: ESTE (m)	234701	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.063**	**0.068**



vista del transcurso de agua por una tuberia de alimentacion

PROGRESIVA	4+500		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180982	
	Y: ESTE (m)	234376	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.005	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.015	0.015	0.015
n4	0.025	0.010	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.088**	**0.068**	**0.088**



se aprecia un grado de irregularidad menor

PROGRESIVA	4+945		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180970	
	Y: ESTE (m)	234272	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.020
n1	0.010	0.005	0.000
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.010	0.020	0.010
n4	0.010	0.010	0.005
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.063**	**0.068**	**0.04**



vista del agua que trascurre por un punto de elevacion al rio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	5+210		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180954	
	Y: ESTE (m)	234046	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.024	0.020
n1	0.000	0.005	0.000
n2	0.005	0.005	0.000
n3	0.010	0.010	0.010
n4	0.005	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.048**	**0.069**	**0.055**



vista del lugar de la segunda bocatoma

PROGRESIVA	5+210		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180954	
	Y: ESTE (m)	234046	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.015	0.015	0.015
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.088**	**0.088**	**0.088**



vista del lugar de la bocatoma y desnivel de concreto pobre

PROGRESIVA	5+700		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180729	
	Y: ESTE (m)	233631	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.020	0.015	0.020
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.073**	**0.068**	**0.073**



se aprecia una variacion de seccion transversal frecuentemente alternante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	6+250		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180374	
	Y: ESTE (m)	233300	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.010	0.005	0.010
n3	0.015	0.015	0.015
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.083**	**0.078**	**0.083**



se aprecia un efectivo relativo de obstrucciones menor

PROGRESIVA	6+660		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8180250	
	Y: ESTE (m)	233106	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.020	0.020	0.030
n4	0.010	0.010	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.068**	**0.093**



se aprecia un efectivo relativo de obstrucciones apreciable

PROGRESIVA	7+260		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8179691	
	Y: ESTE (m)	232887	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.083**	**0.078**	**0.083**



se aprecia variaciones de la seccion transversal ocacionalmente alternante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	7+590		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8179477	
	Y: ESTE (m)	232637	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.063**	**0.068**



se aprecia un efectivo de obstrucciones menor

PROGRESIVA	7+850		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8179355	
	Y: ESTE (m)	232420	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.063**	**0.058**	**0.063**



se aprecia un grado de irregularidad menor

PROGRESIVA	8+000		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8179385	
	Y: ESTE (m)	232254	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.030	0.020	0.030
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.093**	**0.083**	**0.093**



se aprecia una vegetacion de caracteristica alta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	8+200.00		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8179292	
	Y: ESTE (m)	232149	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.020	0.010	0.020
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.058**	**0.068**



se aprecia un grado de irregularidad menor

PROGRESIVA	8+600		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8179047	
	Y: ESTE (m)	231818	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.020	0.015	0.020
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.093**	**0.088**	**0.093**



se aprecia una vegetacion de caracterisitica alta

PROGRESIVA	8+900		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178932	
	Y: ESTE (m)	231621	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.020	0.010	0.020
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.068**	**0.058**	**0.068**



se aprecia un variacion de seccion transversal ocacionalmente alternante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	9+150		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178700	
	Y: ESTE (m)	231472	
	Isq	**Centro**	**Der**
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.088**	**0.083**	**0.088**



se aprecia una grado se irregularidad moderado

PROGRESIVA	9+300		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178605	
	Y: ESTE (m)	231374	
	Isq	**Centro**	**Der**
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.010	0.010	0.010
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.063**	**0.063**	**0.063**



se aprecia una transicion rapida que fluye a dos vertientes de canles naturales

PROGRESIVA	10+500		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178134	
	Y: ESTE (m)	230327	
	Isq	**Centro**	**Der**
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.015	0.015	0.015
n3	0.015	0.015	0.015
n4	0.015	0.015	0.015
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.083**	**0.083**	**0.083**



se aprecia el puente de Socabya

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	10+800		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178154	
	Y: ESTE (m)	229982	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.020	0.010	0.020
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.073**	**0.063**	**0.073**



se aprecia el fluente de un rio seco que es el del rio Socabaya

PROGRESIVA	11+000		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178159	
	Y: ESTE (m)	229865	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.020	0.020	0.020
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.078**	**0.078**	**0.078**



se aprecia el fluente del rio Socabaya

PROGRESIVA	11+400		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178173	
	Y: ESTE (m)	229431	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.030	0.020	0.030
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.088**	**0.078**	**0.088**



se aprecia una variacion de seccion transversal frecuentemente alternante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	11+500		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178194	
	Y: ESTE (m)	229280	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.020	0.015	0.020
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.093**	**0.088**	**0.093**



se aprecia una tuberia que transporta aguas servidas

PROGRESIVA	11+700		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178261	
	Y: ESTE (m)	229113	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.020	0.020	0.020
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.093**	**0.093**	**0.093**



se aprecia a una vegetacion de caracteristica alta

PROGRESIVA	12+000		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178193	
	Y: ESTE (m)	228434	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.010	0.010
n3	0.020	0.020	0.020
n4	0.025	0.025	0.025
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.093**	**0.093**	**0.093**



se aprecia variaciones de seccion transversal frecuentemente alternante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRESIVA	12+250		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8178193	
	Y: ESTE (m)	228434	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.005	0.005	0.005
n2	0.005	0.005	0.005
n3	0.020	0.015	0.020
n4	0.025	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.083**	**0.063**	**0.068**



se aprecia un grado de irregularidad menor

PROGRESIVA	12+500		
CORDENADAS UTM	Y: NORTE (m)	8177930	
	Y: ESTE (m)	227773	
	Isq	Centro	Der
no	0.028	0.028	0.028
n1	0.010	0.010	0.010
n2	0.010	0.005	0.010
n3	0.015	0.010	0.015
n4	0.010	0.010	0.010
m5	1.000	1.000	1.000
$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$			
n	**0.073**	**0.063**	**0.073**



final del tramo Yumina-Socabaya y proyecto mejoramiento de la transitabilidad vehicular

-

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LUAL PROYECTOS
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO, CONCRETO,
ASESORIA TECNICA, CONSTRUCCION Y SUPERVISION

INDICE

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO

1.2 NORMATIVIDAD

1.3 UBICACION DEL PROYECTO

1.4 ACCESO AL AREA DE ESTUDIO

1.5 CONDICION CLIMATICA Y ALTITUD DE LA ZONA

2.0 INVESTIGACION DE CAMPO

2.1 REGISTROS DE EXCAVACIONES

2.2 NIVEL DE NAPA FREATICA

3.0 SISMICIDAD

4.0 PELIGROSIDAD SISMICA

5.0 PELIGROSIDAD VOLCANICA

6.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO

6.1 TRABAJOS DE CAMPO

6.2 MUESTREO Y REGISTROS DE EXCAVACION

6.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

6.4 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

7.0 AGRESIVIDAD DEL SUELO.

7.1 RESULTADOS DE ANALISIS

8.0 CONCLUSIONES

PANEL FOTOGRAFICO

ANEXOS (ENSAYOS ESTANDAR)

LUAL PROYECTOS
ING. CIP. ENRIQUE JOSE LAZO QUEVEDO
Registro 169577 - CIVIL

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LUAL PROYECTOS
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO, CONCRETO,
ASESORIA TECNICA, CONSTRUCCION Y SUPERVISION

1.0 GENERALIDADES.-

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO.-

El objetivo del presente es realizar el Estudio Preliminar Geotécnico de la zona de emplazamiento e influencia del proyecto "MUROS DE CONTENCION PARA MAXIMAS AVENIDAS EN EL RIO SOCABAYA" para determinar las principales características geológicas, físicas y mecánicas de los suelos y rocas presentes.

1.2 NORMATIVIDAD.-

Los estudios están en concordancia con: Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Construcciones.

1.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO.-

El proyecto se ubica en el ámbito siguiente:

Distrito : Socabaya

Provincia : Arequipa

Departamento : Arequipa.

1.4 ACCESO AL AREA DEL PROYECTO

El acceso a la zona de estudio es por la Av. Peña Badén

Coordenadas:

ESTE: 229038.84

NORTE: 817829984

1.5 CONDICION CLIMATICA Y ALTITUD DE LA ZONA

El clima predominante es llamado el clima de tundra. Incluso en el mes más caluroso del año las temperaturas son muy bajas. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es ET. La temperatura media anual en Socabaya se encuentra a 6.2 °C. La precipitación es de 434 mm al año.

El mes más seco es julio, con 1 mm. 122 mm, mientras que la caída media en enero.

El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año.

El mes más caluroso del año con un promedio de 8.6 °C de enero.

El mes más frío del año es de 2.2 °C en el medio de julio.

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 121 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 6.4 °C.

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.0 INVESTIGACION DE CAMPO

Los trabajos de campo se realizaron en función a las estructuras geológicas presentes así como a los tipos de suelos y rocas. Se realizaron 02 exploraciones a cielo abierto, en lugares cuya ubicación se describe sustancialmente las características de los suelos y rocas presentes, los cuales son uniformes en el área de proyecto.

La finalidad de estas labores fue de investigar el subsuelo que alojara las estructuras a construirse. De las exploraciones se obtuvo muestras según los estratos y rocas presentes en el suelo y subsuelo para realizar los ensayos y análisis correspondientes. Paralelamente al muestreo se realizaron los registros de exploración, en los que se indica las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, consistencia, etc. La descripción cualitativa de los materiales encontrados en el subsuelo y en la profundidad de desplante se describe en los Registros de Excavaciones adjuntos al presente. En los niveles de exploración no se ha determinado la existencia de napa freática.

3.0 SISMICIDAD

La zona de estudio se halla en una región de elevada actividad sísmica, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de gran intensidad durante la vida útil del proyecto. La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana. Subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos cuando menos profundos son en su origen. Como los sismos de la región se originan en las fricciones corticales debidas a la subducción de la placa oceánica bajo la continental, resulta que a igualdad de condiciones los sismos resultan más intensos en las regiones costeras, decreciendo generalmente hacia la sierra y selva, donde la subducción y fricción cortical es paulatinamente más profunda. Consiguientemente, la franja estudiada, según su posición, resulta ubicada en una zona de alto riesgo sísmico, tanto por la frecuencia de los movimientos, como por la severidad de ellos debido a su ocurrencia a escasas profundidades de la corteza. A lo largo de casi 450 años, la zona centro sur del país ha sufrido más de 17movimientos telúricos con intensidades comprendidas entre clase VII y clase IX en la Escala Modificada de Mercalli. En los años 1966, 1970 y 1974, ocurrieron movimientos sísmicos muy fuertes que afectaron la región y luego de una prolongada "calma sísmica" de más de 23 años, esta ha sido rota en 1,997 con el sismo de magnitud 6,5 que destruyó en gran parte la ciudad de Nazca.

Según el Mapa de Zonificación Sísmica del Sur del Perú – Reglamento Nacional de Construcciones – 2006; hace referencia que la Región Sur del Perú se considera Dividida en tres Zonas de las tres Clasificadas, de acuerdo a la sismicidad observada y a la potencialidad Sísmica de dichas Zonas, se ha determinado a la Zona 3 de Sismicidad Alta (Dptos. De Arequipa, Moquegua, Tacna, Ayacucho, Ica, Lima, Ancash, La Libertad, Cajamarca, Lambayeque, Piura y Tumbes).

LUAL PROYECTOS
ING. CIP ENRIQUE JOSE ARCO QUEVEDO
Registro 169577 - CIVIL

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.0 PELIGROSIDAD SISMICA

La Región Arequipa se encuentra en una de las zonas de mayor sismicidad del país. Los estudios de sismicidad histórica (Silgado, 1978), instrumental y actualmente de paleo sismicidad, han permitido agrupar los sismos en dos grupos: El primero y más importante, está asociada al proceso de subducción de la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana; esta actividad libera aproximadamente el 90% del total de energía sísmica anual, siendo generalmente el más frecuente y de grandes magnitudes. El segundo grupo, considera la sismicidad de intraplaca, producida por deformaciones y está asociada a los fallamientos tectónicos activos existentes en el Perú; esta actividad sísmica es de menor frecuencia y de magnitudes moderadas. Las características de la sismicidad del Perú, han sido descritas por diversos autores (Stauder, 1975; James, 1978; Silgado, 1978; Barazangi & Isacks, 1979; Hasegawa & Isacks, 1981; Grange, 1984; Cachil & Isacks, 1992) y entre las principales esta la relacionada con la distribución de los focos en superficie y en profundidad, la misma que ha sido clasificada en sismos con foco superficial (h <70 Km.), intermedios (70<h<300 Km.) y profundos (h >500 Km.). Los estudios realizados para el Sur del Perú (Hasegawa & Sacks, 1981; Lazo et all, 1981; Rodríguez et all, 1984; Grange, 1983; Lazo, 1989) que, utilizando información instrumental, han contribuido significativamente al conocimiento de la distribución espacio-temporal de la actividad sísmica en el sur del Perú.

Peligrosidad:

Para la evaluación de la peligrosidad sísmica, en general se consideran dos aproximaciones: macro zonificación y de microzonificación.

La primera, considera la sismicidad regional y a partir de ella describe los efectos de vibración del terreno, sobre un suelo rígido estándar, idealmente constituido de substrato rocoso aflorante. Representa la Peligrosidad de Base (o Referencia), que toma en consideración la aceleración de pico sobre el terreno y con probabilidad de excedencia del 10% en 50 años. De donde la mayoría de los trabajos consideran que para la zona de Arequipa, corresponden aceleraciones de 0.30 g a 0.40 g.

La segunda, se refiere a un territorio de limitada extensión, y evalúa la respuesta local del terreno (licuaciones, deslizamientos), debido al sismo, causadas par las condiciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas; que generalmente se verifican en términos de amplificaciones locales. Se determina: las intensidades, aceleraciones, frecuencias, espectros. A pesar de que la región Sur del país es de alta sismicidad, no se han llevado a cabo estudios de susceptibilidad sísmica basados en evidencia morfo tectónicas ni de paleo sismicidad.

5.0 PELIGROSIDAD VOLCANICA.-

Las investigaciones de peligrosidad volcánica en el sur del Perú (IGP & IRD, 2001; INDECI, UNSA & PNUD, 2001) indican que por su antigüedad, los volcanes tutelares de la ciudad de Arequipa se ordenan así: Pichu Pichu, Chachani y Misti (0.8 Ma); considerándose al Misti como "activo", del cual se indicaran su principales peligros Estudios acerca de la peligrosidad el volcán Misti, se han realizado a partir del 2000, siendo dos trabajos los pioneros: IGP & IRD, 2001; INDECI, UNSA & PNUD, 2001.

LUAL PROYECTOS

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622859 ING. CIP ENRIQUE JOSE LAZO QUEVEDO
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568000 CIP 59577 - CIVIL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Posteriormente es Thouret (2001, 2004) quien realiza mayores investigaciones y actualmente el Ingemet viene realizando trabajos para proporcionar un mapa de peligrosidad volcánica del Misti, según sus principales mecanismos eruptivos: flujos piroclásticos, caídas piroclásticos y avalancha de escombros. Donde no se considera aun el peligro debido a flujos de lava (coladas) y el de sismicidad asociado. Estos trabajos indican que en función de su recurrencia los principales peligros volcánicos que afectarían a la zona del proyecto están los de Lahares (100 a 200 años), Caídas Piroclástica (500 a 1500 años), Avalancha de Escombros (sin tiempo estimado) y finalmente los flujos piroclásticos (mayor de 2,000 años)

5.1 PELIGROSIDAD DE MOVIMIENTOS DE MASA:

Los movimientos de masa que normalmente incluyen: desprendimientos (falls), tumbamientos (toppling), deslizamientos (slides), coladas o flujos (flow), expansión lateral (spread), están presentes especialmente a lo largo de las laderas del valle encañonado del rio Socabaya, así como en sus principales quebradas; para los cuales serán necesarios trabajos de campo para detallar las zonas que presenten evidencias de dichos movimientos, dando énfasis en los más activos.

6.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO

6.1 Trabajos de Campo

Para los fines propuestos, se realizaron:

Calicatas o Pozos de Exploración

Se realizó Dos (02) calicatas o pozos de exploración "a cielo abierto", designado como C-1 y C-2; ubicadas en el Distrito de Socabaya, dichas calicatas fueron ubicadas convenientemente de acuerdo a las posibles construcciones y con profundidad suficiente de acuerdo a la intensidad de las cargas estimadas en el Proyecto.

Este sistema de exploración nos permite evaluar directamente las diferentes características del subsuelo en su estado natural.

Hasta la profundidad explorada se encontró el nivel freático.

La excavación alcanzó la siguiente profundidad:

Pozo	Profundidad (m) A cielo abierto
C-1	2.00
C-2	2.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

6.2 Muestreo y Registros de Exploración

Se tomó muestras disturbadas representativas de los estratos atravesados en las calicatas y en cantidades suficientes como para realizar los ensayos de identificación y clasificación, también se extrajeron muestras representativas para el ensayo de Compresión Simple.

Paralelamente al muestreo se realizaron los registros de exploración, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, compacidad, etc.

6.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas de la exploración clasificada como las más representativas, fueron remitidas al laboratorio con el objeto de identificación y posterior clasificación según sus propiedades físicas y mecánicas según los ensayos especiales requeridos.

6.3.1 Ensayos Estándar

Se realizaron los siguientes ensayos

- Análisis Granulométrico por Tamizado
- Límite Líquido y Límite Plástico
- Contenido de Humedad
- Densidad Mínima
- Densidad Máxima

6.5 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE

Calicata N° 01

Con los datos obtenidos en el Ensayo de Corte Directo Remoldeado - Saturado (ø =32.38° y c = 0.00 Kg/cm2) en la condición más desfavorable y aplicando la Teoría de Karl Terzaghi y corroborado por Meryerhoft para cimentaciones superficiales, se tiene:

$$q_{ad} = \frac{1}{FS}\left(CN_c + \gamma D_f N_q - 0.4B\gamma N_\gamma\right)$$

LUAL PROYECTOS
ING. CIP. ENRIQUE JOSE LAZO QUEVEDO
Reg. N° 109577 - CIVIL

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

qad	: Capacidad portante admisible	= Kg/cm²
ø	: Ángulo de Fricción Interna	= 32°
C	: Cohesión (gr/cm³)	= 0.00
γ	: Densidad Natural (gr/cm³)	= 1.47
Df	: Prof. De Cimentación (m)	= 1.50 m.
B y L	: Ancho de Zapata	= 0.80m.
Nq y N γ	: Factores de capacidad de carga respectivamente para una falla local.	
FS	: Factor de Seguridad	= 3

Reemplazando se obtiene Calicata N° 1

q_{ad}= 1.28 Kg/cm²

Calicata N° 02

Con los datos obtenidos en el Ensayo de Corte Directo Remoldeado - Saturado (ø =30.05° y c = 0.00 Kg/cm2) en la condición más desfavorable y aplicando la Teoría de Karl Terzaghi y corroborado por Meryerhoft para cimentaciones superficiales, se tiene:

$$q_{ad} = \frac{1}{FS}\left(CN_c + \gamma D_f N_q - 0.4B\gamma N_\gamma\right)$$

Donde:

qad	: Capacidad portante admisible	= Kg/cm²
ø	: Ángulo de Fricción Interna	= 37°
C	: Cohesión (gr/cm³)	= 0.00
γ	: Densidad Natural (gr/cm³)	= 1.43
Df	: Prof. De Cimentación (m)	= 1.50 m.
B y L	: Ancho de Zapata	= 0.80m.
Nq y N γ	: Factores de capacidad de carga respectivamente para una falla local.	
FS	: Factor de Seguridad	= 3

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Reemplazando se obtiene Calicata N° 2

q_{ad}= 1.35 Kg/cm²

7.0 AGRESIVIDAD DEL SUELO

7.1 RESULTADOS DE ANALISIS

El contenido de sales solubles totales así como sulfatos en el suelo como solución no es perjudicial al concreto (debido a que son materiales volcánicos). Estos resultados permiten concluir que la presencia de agentes nocivos al concreto no ocasionan ataques a la estructura.

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La capacidad Portante del terreno es de:
  - Calicata N° 01: 1.28 kg/cm2.
  - Calicata N° 02: 1.35 kg/cm2.
- Material Predominante: El material predominante es SM –SP (Arena limosa pobremente gradada).
- Se ha determinado la existencia de nivel freático para la zona de estudio.
- Respecto a la sismicidad del área de estudio, esta se encuentra ubicada dentro la zona N° 3 (Zona de Alta Sismicidad), por lo que se deberá tener presente la posibilidad de que se presenten sismos de considerable magnitud, con intensidades de VIII a IX en la Escala de Mercalli Modificada.
- Agresividad del Suelo a la Cimentación: Se ha considerado que el suelo no es agresivo, para cuyo efecto se usara Cemento Tipo IP en todas las cimentaciones.

Arequipa, Diciembre del 2016

ING. CIP ENRIQUE JOSE LAZO QUEVEDO
Registro 109577 - CIVIL

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.5.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Telefono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LUAL PROYECTOS
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO, CONCRETO,
ASESORIA TECNICA, CONSTRUCCION Y SUPERVISION

ENSAYOS DE LABORATORIO

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc. 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LUAL PROYECTOS
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO, CONCRETO,
ASESORIA TECNICA, CONSTRUCCION Y SUPERVISION

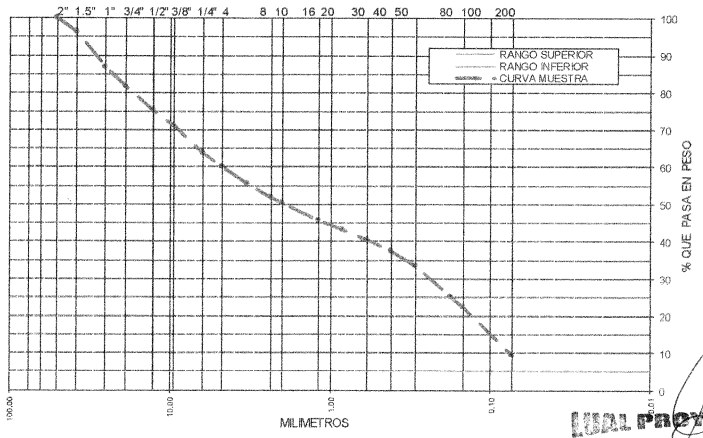
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422, M.T.C E107, AASHTO T88, EG-2013

PROYECTO : MUROS DE CONTENCION PARA MAXIMAS AVENIDAS EN EL RIO SOCABAYA
MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION
SOLICITA : BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA
FECHA : 15/12/2016

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET.	%RET. A.C	%Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						UBICACIÓN : CALICATA 01
3"	76.200						MUESTRA : CAPA 01
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0		TAMAÑO MAX. : 1 1/2"
1 1/2"	38.100	38	3.5	3.5	96.5		PESO TOTAL : 1085 gr.
1"	25.400	104	9.6	13.1	86.9		
3/4"	19.050	58	5.3	18.4	81.6		
1/2"	12.700	69	6.4	24.8	75.2		
3/8"	9.525	45	4.1	28.9	71.1		CC : 0.27
1/4"	6.350	79	7.3	36.2	63.8		CU : 18.42
# 4	4.760	41	3.8	40.0	60.0		**CONSTANTES FISICAS**
# 6	3.360	49	4.5	44.5	55.5		LIMITE LIQUIDO : 21.43
# 8	2.380	39	3.6	48.1	51.9		LIMITE PLASTICO : NP
# 10	2.000	17	1.6	49.7	50.3		INDICE PLASTICO : NP
#16	1.190	50	4.6	54.3	45.7		**CLASIFICACIÓN**
# 20	0.840	27	2.5	56.8	43.2		SUCS : SP-SM
# 30	0.590	31	2.9	59.6	40.4		ARENA MAL GRADUADA CON LIMO
# 40	0.420	32	2.9	62.6	37.4		ASSHTO : A-1-b(0)
# 50	0.297	45	4.1	66.7	33.3		**OBSERVACIONES:**
# 80	0.177	90	8.3	75.0	25.0		
# 100	0.149	30	2.8	77.8	22.2		
# 200	0.074	139	12.8	90.6	9.4		
< # 200		102	9.4	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



LUAL Proyectos
ING. CIP ENRIQUE JOSE LOPEZ QUEVEDO
RESIDENTE / CIVIL

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LUAL PROYECTOS
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO, CONCRETO,
ASESORIA TECNICA CONSTRUCCION Y SUPERVISION

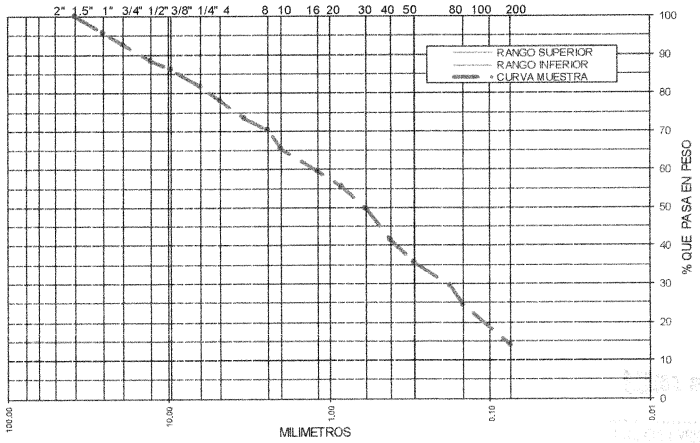
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-422, MTC E107, AASHTO T88, EG-2013

PROYECTO : MUROS DE CONTENCION PARA MAXIMAS AVENIDAS EN EL RIO SOCABAYA
MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION
SOLICITA : BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA
FECHA : 15/12/2016

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET.	%RET. A.C.	%Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						UBICACIÓN : CALICATA 02
3"	76.200						MUESTRA : CAPA 01
2 1/2"	63.500						MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION
2"	50.800						TAMAÑO MAX. : 1"
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 861 gr.
1"	25.400	36	4.2	4.2	95.8		
3/4"	19.050	28	3.3	7.4	92.6		
1/2"	12.700	35	4.1	11.5	88.5		
3/8"	9.525	19	2.2	13.7	86.3		CC : 0.17
1/4"	6.350	39	4.5	18.2	81.8		CU : 61.33
# 4	4.760	32	3.7	22.0	78.0		**CONSTANTES FISICAS**
# 6	3.360	40	4.6	26.6	73.4		LIMITE LIQUIDO : 18.52
# 8	2.380	28	3.3	29.8	70.2		LIMITE PLASTICO : NP
# 10	2.000	41	4.8	34.6	65.4		INDICE PLASTICO : NP
#16	1.190	50	5.8	40.4	59.6		**CLASIFICACIÓN**
# 20	0.840	34	3.9	44.4	55.6		SUCS : SM
# 30	0.590	51	5.9	50.3	49.7		ARENA LIMOSA
# 40	0.420	71	8.2	58.5	41.5		ASSHTO : A-1b(0)
# 50	0.297	50	5.8	64.3	35.7		**OBSERVACIONES:**
# 80	0.177	55	6.4	70.7	29.3		
# 100	0.149	42	4.9	75.6	24.4		
# 200	0.074	88	10.2	85.8	14.2		
< # 200		122	14.2	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMETRICA



PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Telefono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LUAL PROYECTOS
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO, CONCRETO,
ASESORIA TECNICA, CONSTRUCCION Y SUPERVISION

DENSIDAD NATURAL

(ASTM D-1556)

PROYECTO : MUROS DE CONTENCION PARA MAXIMAS AVENIDAS EN EL RIO SOCABAYA
MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION
SOLICITA : BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA
FECHA : 15/12/2016

Nº Punto	CALICATA Nº 01	CALICATA Nº 02	
Estructura	TERRENO NATURAL	TERRENO NATURAL	
PROGRESIVA			
Profundidad hoyo	15	15	
Peso Frasco + Arena	7854.0	7831.0	
Peso Frasco + Arena Restante	2322.0	2274.0	
Peso Suelo Extraido + Tara	4116.0	3929.0	
Peso Grava + tara (excedente)	0.0	0.0	
Densidad Arena	1.47	1.47	
Peso Arena Embudo	1660.0	1660.0	
Peso Tara	0.0	0.0	

Densidad máxima (ASTM D-1557)			
Peso esp. Grava			

Peso Arena Usada	3872.0	3897.0	
Peso Suelo Extraido	4116.0	3929.0	
Peso grava (excedente)	0.0	0.0	
Volumen de la Cavidad	2634.0	2651.0	
Densidad húmeda	1.56	1.48	
DENSIDAD NATURAL	**1.47**	**1.41**	

CAPSULA Nº	7	9	
SUELO HUMEDO + CAPSULA (g)	145.26	154.79	
SUELO SECO + CAPSULA (g)	139.94	149.73	
PESO DE AGUA (g)	5.32	5.06	
PESO DE CAPSULA (g)	54.26	54.26	
PESO SUELO SECO (g)	85.68	95.47	
HUMEDAD (%)	**6.21**	**5.30**	

LUAL PROYECTOS
ING. CIP ENRIQUE [illegible] QUEVEDO
Registro [illegible] - CIVIL

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Telefono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LUAL PROYECTOS
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO, CONCRETO,
ASESORIA TECNICA, CONSTRUCCION Y SUPERVISION

DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

PROYECTO : MUROS DE CONTENCION PARA MAXIMAS AVENIDAS EN EL RIO SOCABAYA
MATERIAL : TERRENO DE FUNDACION
SOLICITA : BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA
FECHA : 15/12/2016

CALICATA N° 01

ENSAYO	DENSIDAD MÍNIMA			DENSIDAD MAXIMA		
	1	2	3	1	2	3
VOLUMEN DEL MOLDE/MUESTRA (cm³)	2,149.00	2,149.00	2,149.00	2,149.00	2,149.00	2,149.00
PESO DEL MOLDE (g)	6,756.00	6,756.00	6,756.00	6,756.00	6,756.00	6,756.00
PESO DEL SUELO + MOLDE (g)	9,768.00	9,799.00	9,786.00	10,071.00	10,093.00	10,081.00
PESO DEL SUELO (g)	3,012.00	3,043.00	3,030.00	3,315.00	3,337.00	3,325.00
DENSIDAD MINIMA (g/cm³)	1.402	1.416	1.410	1.543	1.553	1.547
RESULTADO	DENSIDAD MÍNIMA: 1.402			DENSIDAD MÀXIMA: 1.553		

CALICATA N° 02

ENSAYO	DENSIDAD MÍNIMA			DENSIDAD MAXIMA		
	1	2	3	1	2	3
VOLUMEN DEL MOLDE/MUESTRA (cm³)	2,149.00	2,149.00	2,149.00	2,149.00	2,149.00	2,149.00
PESO DEL MOLDE (g)	6,756.00	6,756.00	6,756.00	6,756.00	6,756.00	6,756.00
PESO DEL SUELO + MOLDE (g)	9,697.00	9,691.00	9,686.00	10,001.00	10,010.00	10,025.00
PESO DEL SUELO (g)	2,941.00	2,935.00	2,930.00	3,245.00	3,254.00	3,269.00
DENSIDAD MINIMA (g/cm³)	1.369	1.366	1.363	1.510	1.514	1.521
RESULTADO	DENSIDAD MÍNIMA: 1.363			DENSIDAD MÀXIMA: 1.521		

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LUAL PROYECTOS
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO, CONCRETO,
ASESORIA TECNICA, CONSTRUCCION Y SUPERVISION

PANEL FOTOGRAFICO

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc. 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

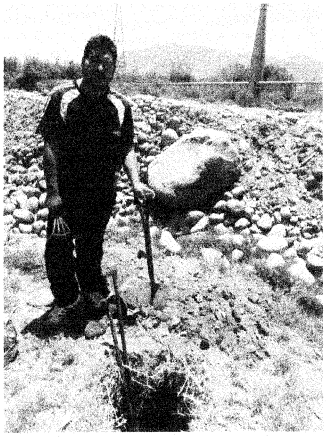


Ilustración 1 Calicata 01 - Zona de Estudio



Ilustración 2 Calicata 02 - Zona de Estudio

LUAL PROYECTOS
ING. CIP. ENRIQUE [illegible] LAZO QUEVEDO
Registro [illegible] - CIVIL

PASAJE SANTA ROSA Nº 100 URBANIZACION VILLA HERMOSA A.S.A RUC: 20600622855
E-mail: lualproyectos@gmail.com Teléfono: 054-497014 rpm: #964040685 rpc: 960568047

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BIBLIOGRAFIA

ANA, A. N. (2010). Procedimiento y guía para la Delimitación de Faja Marginal. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.

ANA, A.N. (2016). Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.

ANA, A. N. (2016). Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.

ANA, A. N. (2010). Criterios de diseños de obras hidráulicas para formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico, fuente de dirección de estudios de proyectos hidráulicos multisectoriales. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Perú.

ANA, A. N. (2014). Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca Quilca – Chili. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.

Aparicio Mijares, F. J. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie. México D.F. México: Grupo Noriega Editores.

Braja, M. D. (2013). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México D.F. México: Cengage Learning.

Carlos A. Duarte A. (2009). Introducción a la Hidráulica de Canales, Bogotá, Colombia, Segunda Edición.

Chow, V. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. Bogotá, Colombia: McGraw Hill.

Chow, V. (1994). Hidrología Aplicada. Bogotá, Colombia: McGraw Hill.

Wendor Chereque M. (1989). Hidrología para estudiante de Ingeniería Civil. Lima, Perú.

E. Blade – M. Sanchez – Juney H.P. Sanchez – D. Niñerol M. Gómez (2009) Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable, una visión a partir de Hec – Ras. Barcelona, España.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

IBER, (2015). Modelización Bidimensional del flujo en lamina libre en aguas poco profundas, España. Disponible en:

http://iberaula.es/modelo-iber/descarga

Jesús A. Muñoz, Alfonso C. Repullo, Martin L. Aguilar, José R. Jimenez, Francisco A. Sainz (2010). Cimentaciones y Estructuras de Retención de Tierras, Madrid, España, Segunda Edición

Luis V. Reyes C. (1992) Hidrología Básica, Lima, Perú: Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Primera Edición.

MTC. (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, Ministerio de Trasportes y Comunicaciones

PEDC – SOCABAYA. (2017). Plan Estratégico de Desarrollo Concertado, Arequipa, Perú

Roberto Morales M. (2006). Diseño en Concreto Armado, Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia, Tercera Edición.

Rocha Felices, A. (2007). Hidráulica de Tuberías y Canales. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Terán A. Rubén. (1998). Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas. Lima, Perú

Us Army Corps of Engineers (2016): Hec Ras River Analysis System 2D, Modeling User's Manual, Version 5.0.5, Disponible en:

http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx

Villon Béjar, Máximo. (2005). Hidrología Estadística, Editorial Villon, Lima – Perú. Segunda Edición.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PROGRAMAS EMPLEADOS

- Auto Cad 2015
- Auto Cad Civil 3D 2015
- Arc Gis 10.1
- HEC – HMS 4.1.0
- HEC – RAS 4.1.0
- HEC – RAS 5.0.5
- Iber 2.4.2
- Hidroesta (Comparación de resultados)
- Costos y Presupuestos S10

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



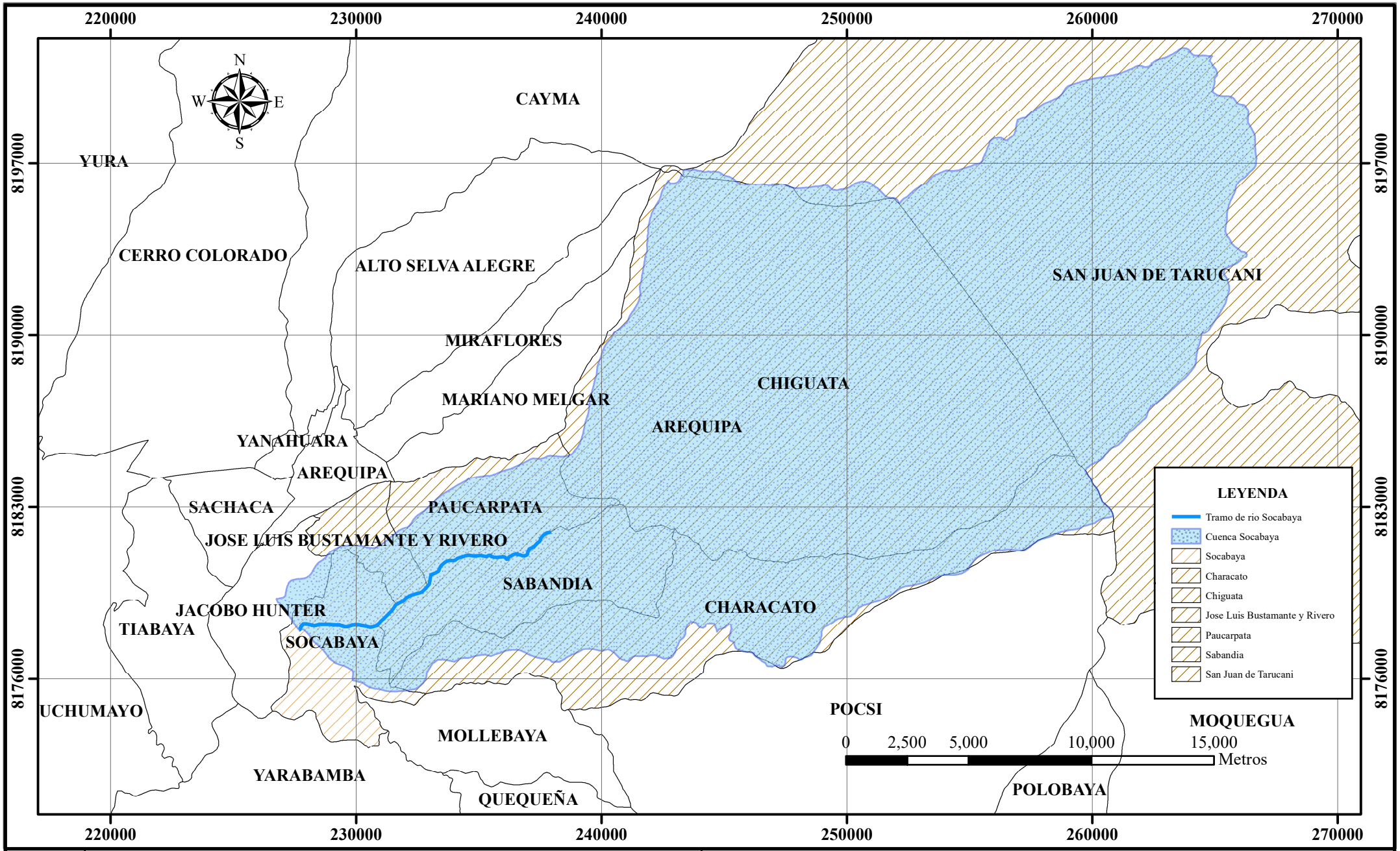
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LA UBICACION DEPARTAMENTAL DEL PROYECTO

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:700,000	M01
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LA UBICACION DISTRITAL DEL PROYECTO

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:200,000	**M02**
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	

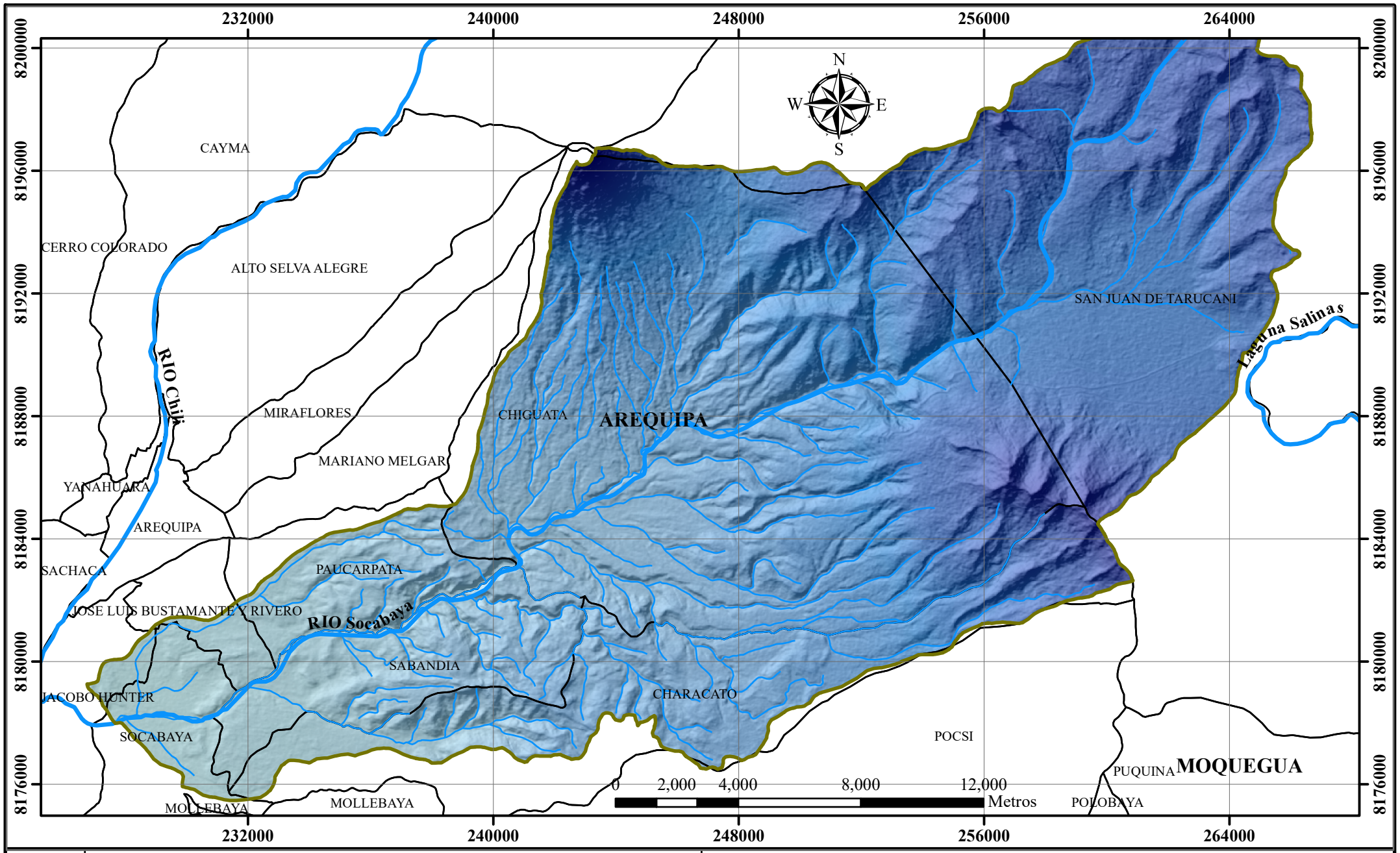


UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:
DETERMINACION DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:500,000	M03
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	



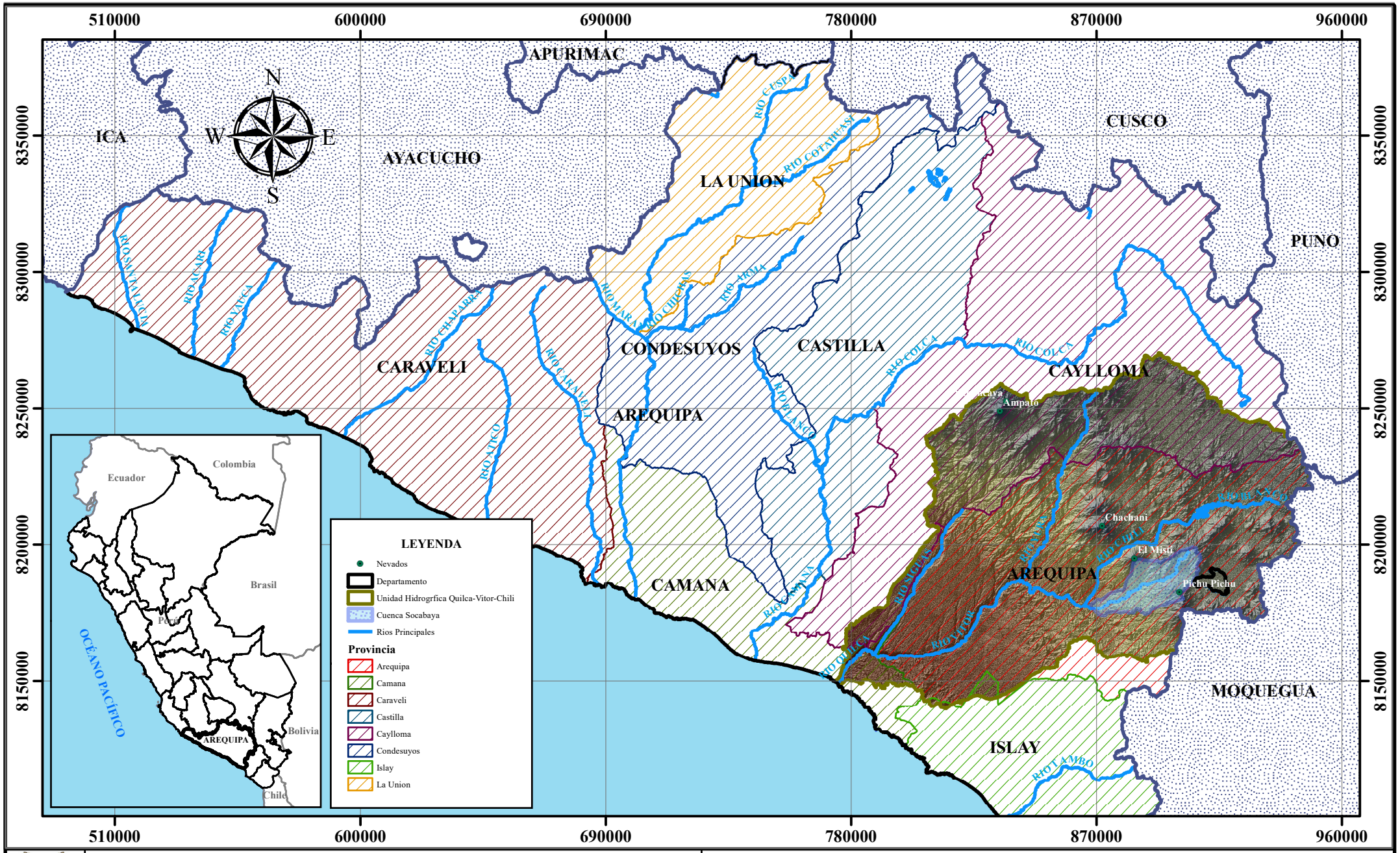
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION HIDROGRAFICA DE LA CUENCA SOCABAYA

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:160,000	M04
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	



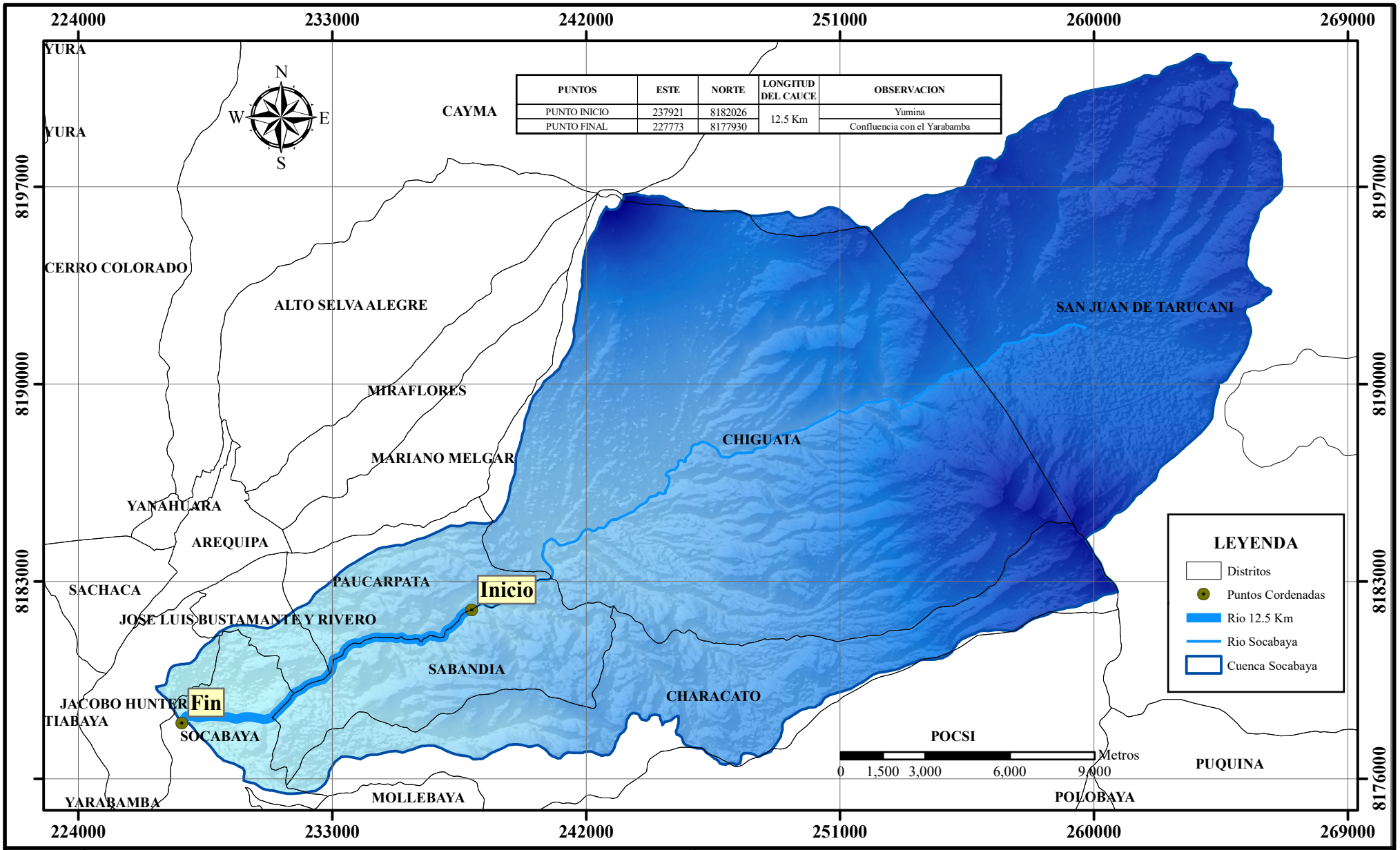
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LOS AFLUENTES PRINCIPALES EN EL AREA DEL PROYECTO

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:800,000	M05
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	



PUNTOS	ESTE	NORTE	LONGITUD DEL CAUCE	OBSERVACION
PUNTO INICIO	237921	8182026	12.5 Km	Yumina
PUNTO FINAL	227773	8177930		Confluencia con el Yarabamba

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

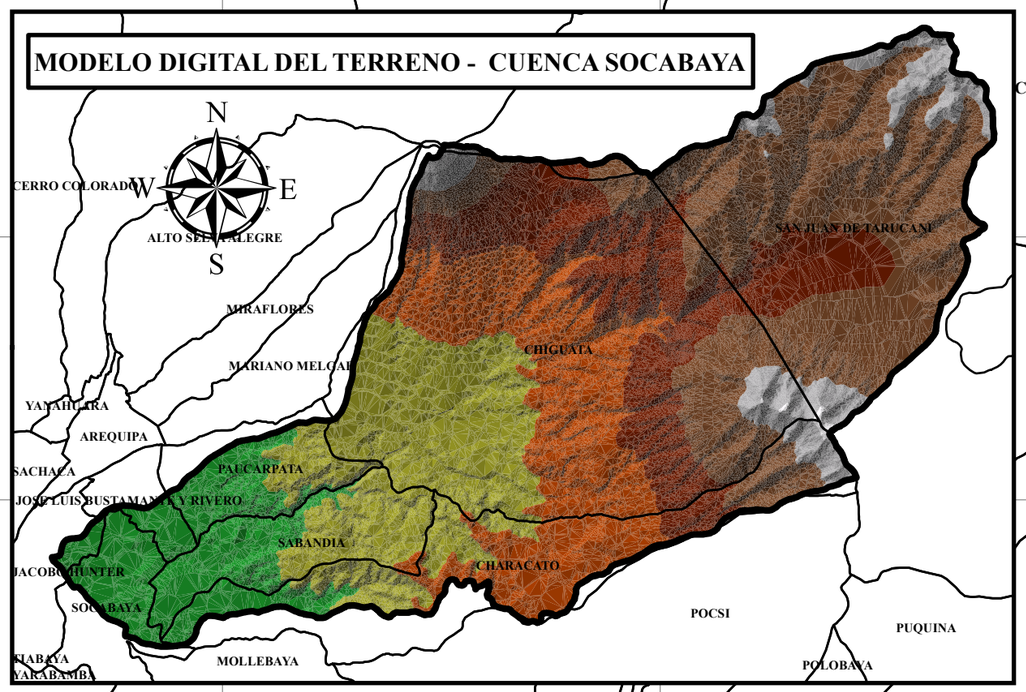
PLANO:

DETERMINACION DE LA UBICACION DEL RIO DEL PROYECTO

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:185,000	M06
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	

CUENCA SOCABAYA - MAPA DE PENDIENTES

MODELO DIGITAL DEL TERRENO - CUENCA SOCABAYA

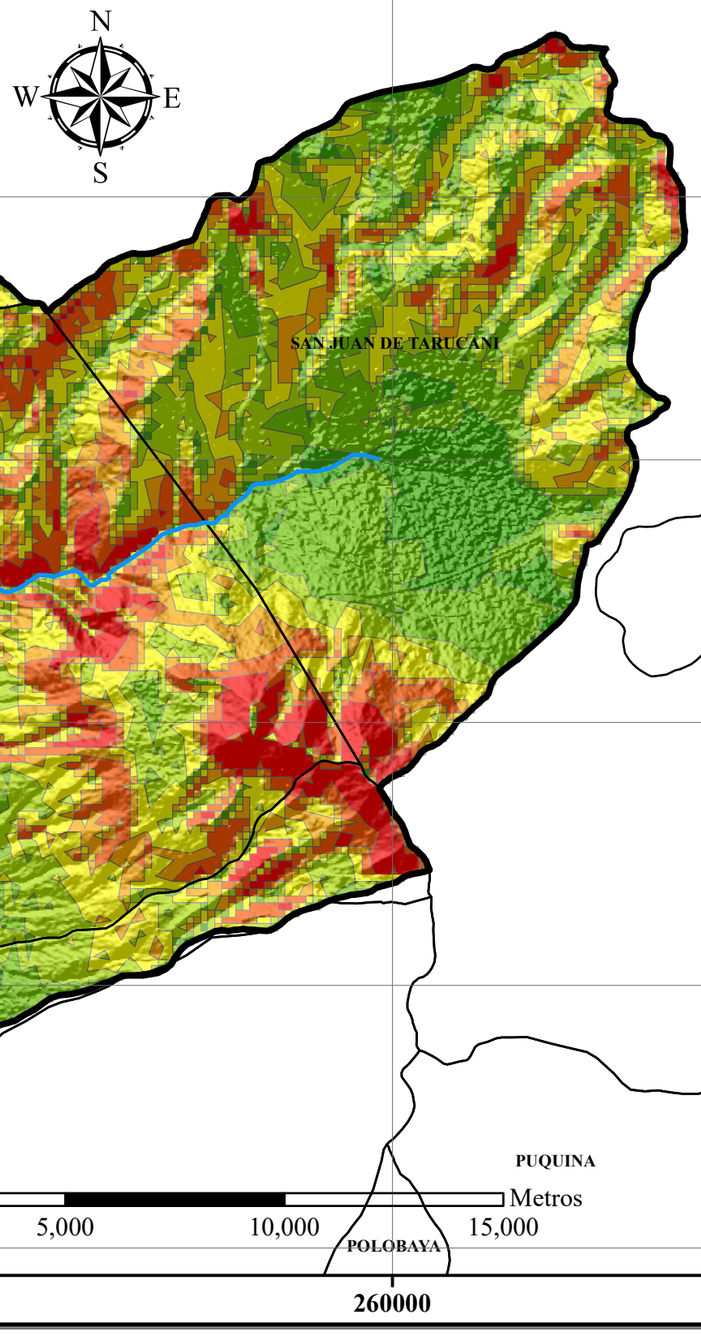


LEYENDA

PENDIENTE

RANGO

- < 5, Plano
- 5 - 12, Ligeramente Ondulado
- 12 - 18, Ondulado
- 18 - 26, Fuertemente Ondulada
- 26 - 32, Escarpado
- 32 - 44, Fuertemente Escarpado
- > 44, Montañoso



220000 230000 240000 250000 260000

8204000 8198000 8192000 8186000 8180000 8174000

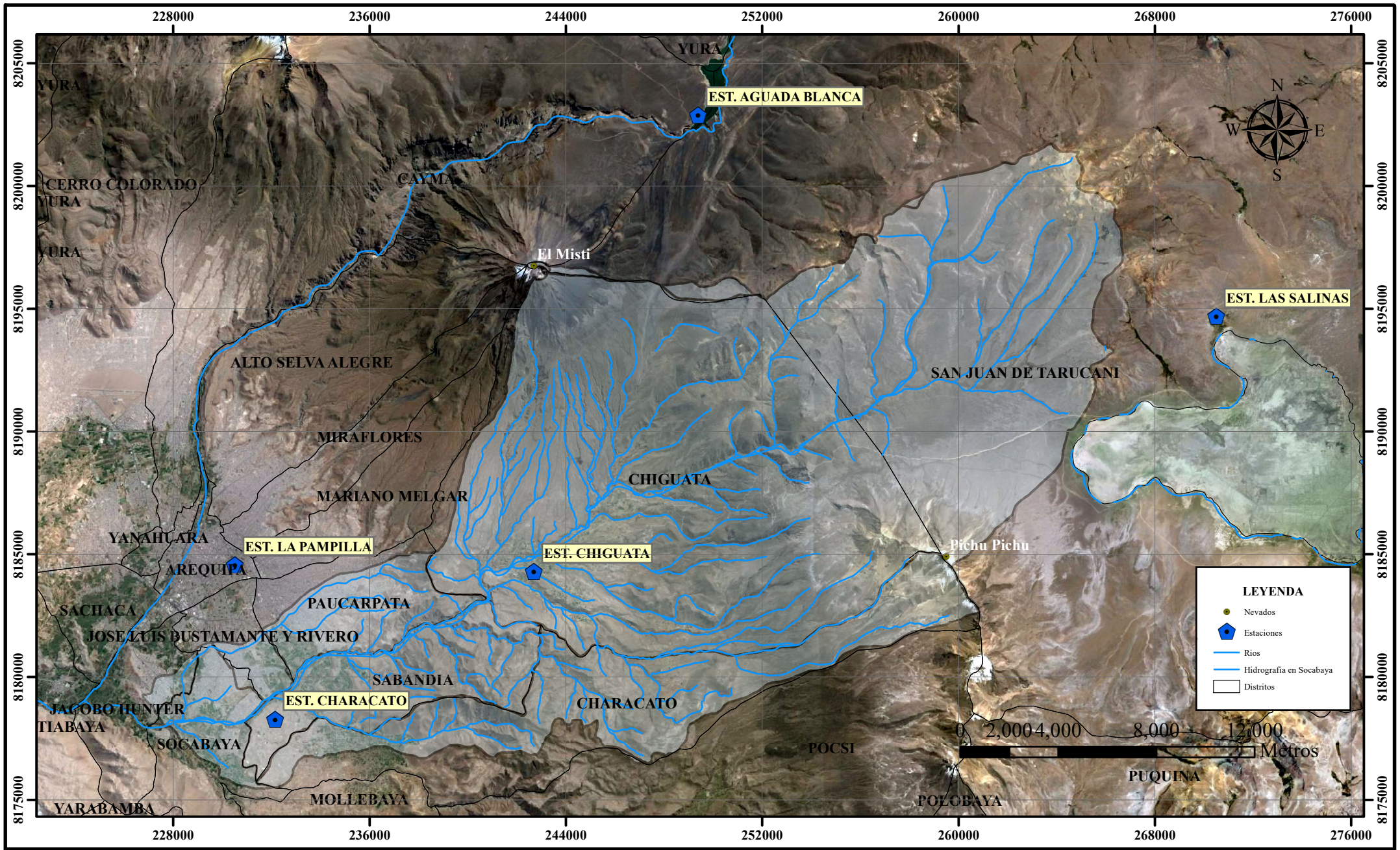
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA SOCABAYA

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:140,000	M07
DISTRITO: SOCABAYA		DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LA UBICACION DE LAS ESTACIONES DEL PROYECTO

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:200,000	M08
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	

232000 240000 248000 256000 264000 272000

8200000 8196000 8192000 8188000 8184000 8180000 8176000

EST. AGUADA BLANCA

EST. LAS SALINAS

EST. LA PAMPILLA

EST. CHIGUATA

19.77 Km

29.70 Km

12.18 Km

CAYMA

CERRO COLORADO

ALTO SELVA ALEGRE

MIRAFLORES

CHIGUATA

SAN JUAN DE TARUCANI

MARIANO MELGAR

YANAHUARA

AREQUIPA

PAUCARPATA

SACHACA

JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO

SABANDIA

TIABAYA

JACOBO HUNTER

SOCABAYA

TIABAYA

MOLLEBAYA

YARABAMBA

CHARACATO

POCSI

POLOBAYA

PUQUINA

N

W E

S

LEYENDA

- Estaciones
- Distancia (Km)
- Hidrografia Socabaya
- Cuenca Socabaya
- Distritos

0 2,000 4,000 8,000 12,000 Metros

232000 240000 248000 256000 264000 272000

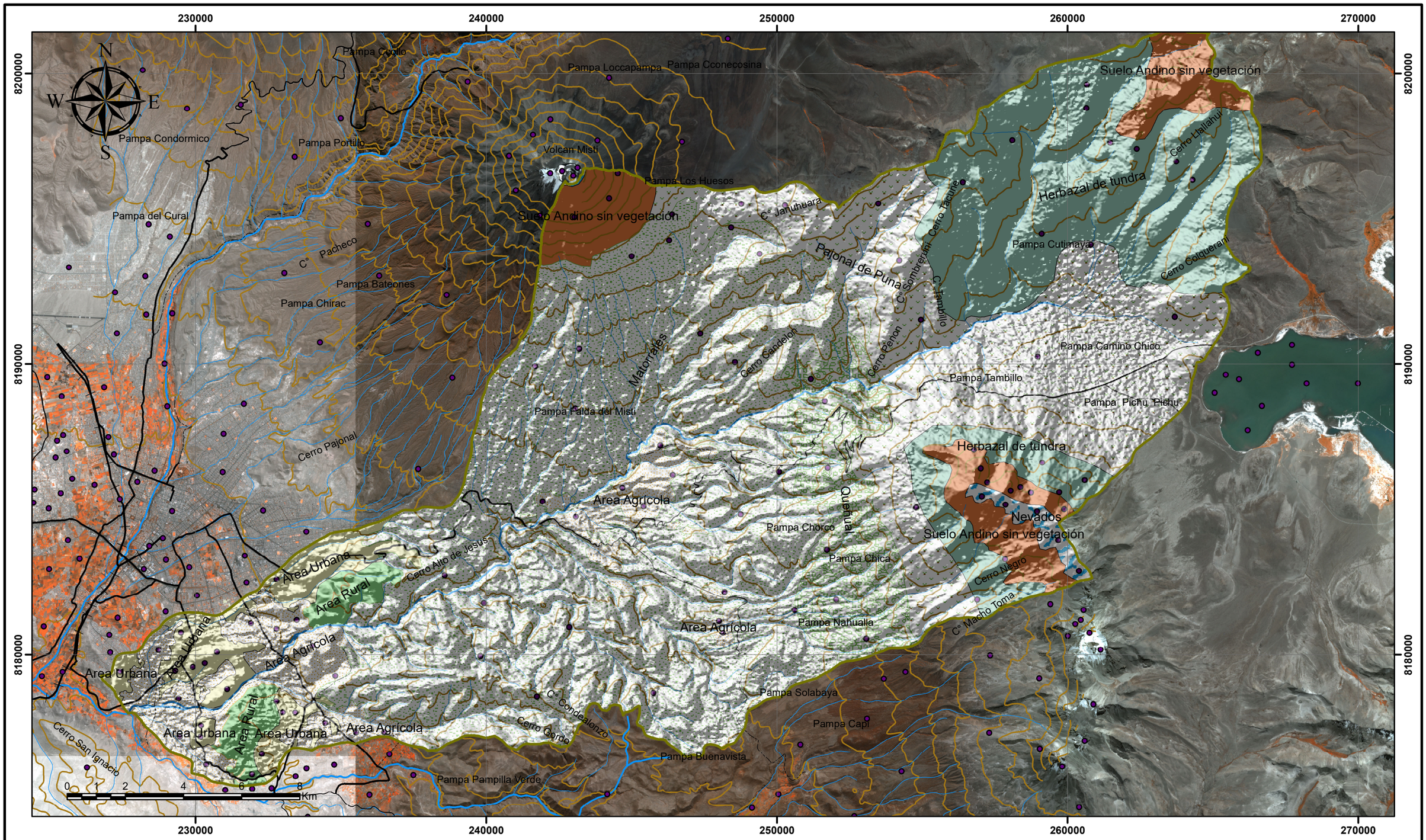
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE DATOS FALTANTES POR MEDIO DEL METODO DEL U.S. WEATHER BUREAU

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:130,000	M09
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	ABRIL 2017	



LEYENDA

Vias

Via

Trocha carrozable

Vía afirmada

Vía asfaltada

Vía sin afirmar

V_ferrea

N_cerros

Hidrografia

CLASIF_RIO

QI

QN

QS

R

RI

RS

Curvas_Nivel

DESCRIP

Principal

Secundario

LandUse_Socab

Simbolo

AA

AR

AU

Ht

Lag

Ma

Nev

Pj

Pl osv

Q

SA sv

Imagen_RE.tif

RGB

Red: Band_5

Green: Band_4

Blue: Band_3

DELIMITACIÓN Y CALCULO DE PARÁMETROS DE LA CUENCA DEL RÍO SOCABAYA

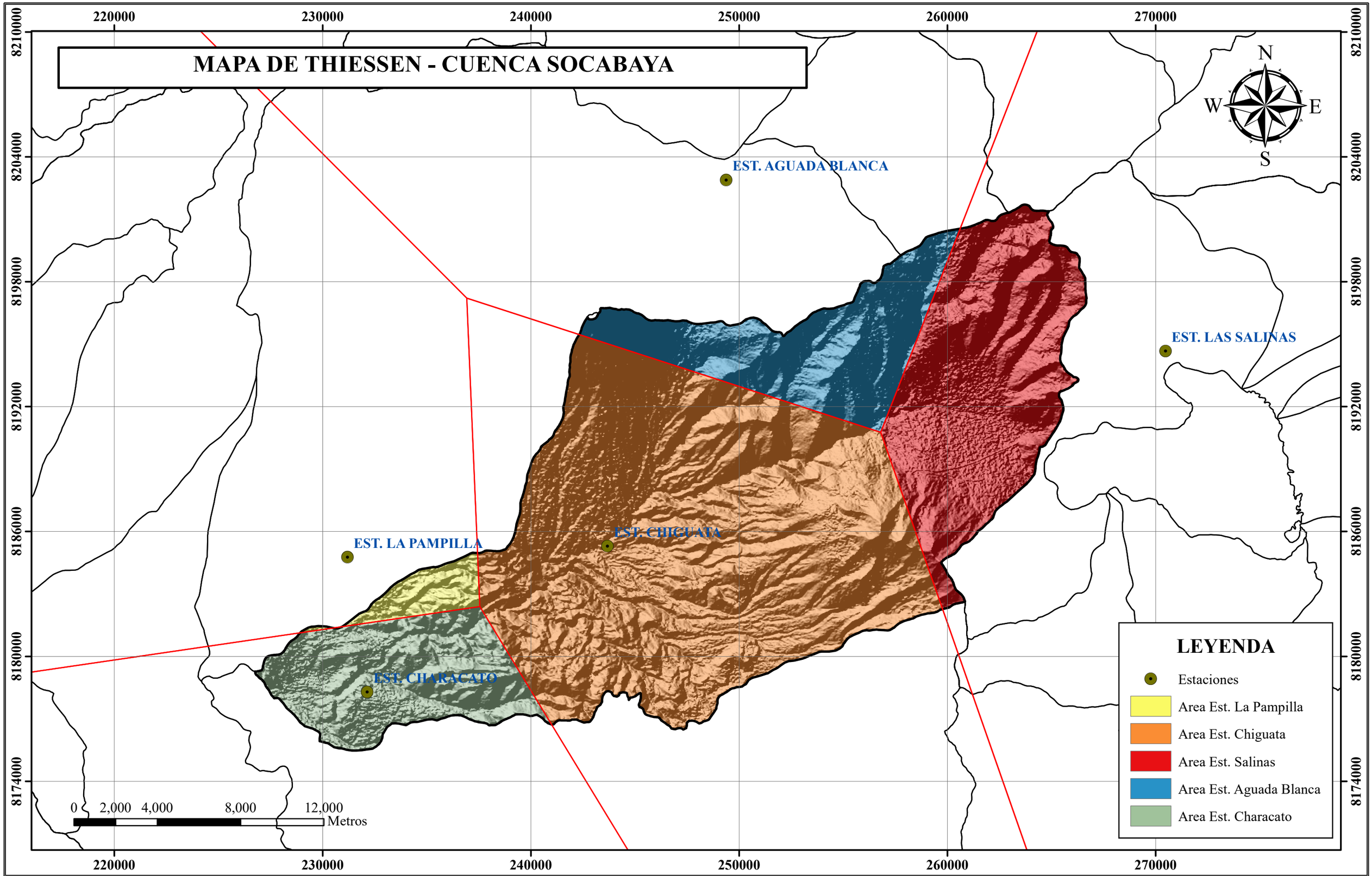
BACHILLER **JOEL CCANCCAPA PUMA**

DETERMINACIÓN DEL PARAMETRO NUMERO DE CURVA - CUENCA SOCABAYA

MAPA: **M10**

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:125,000
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA DE THIESSEN - CUENCA SOCABAYA

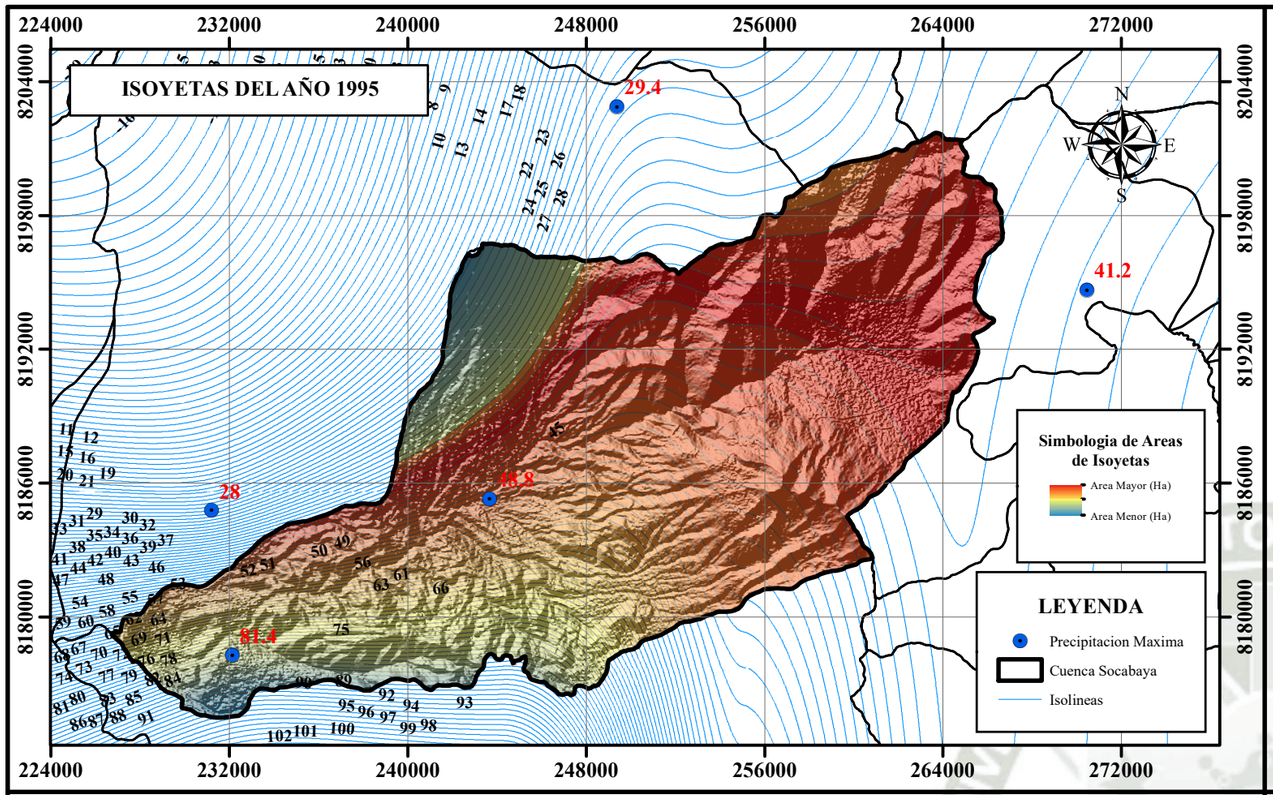


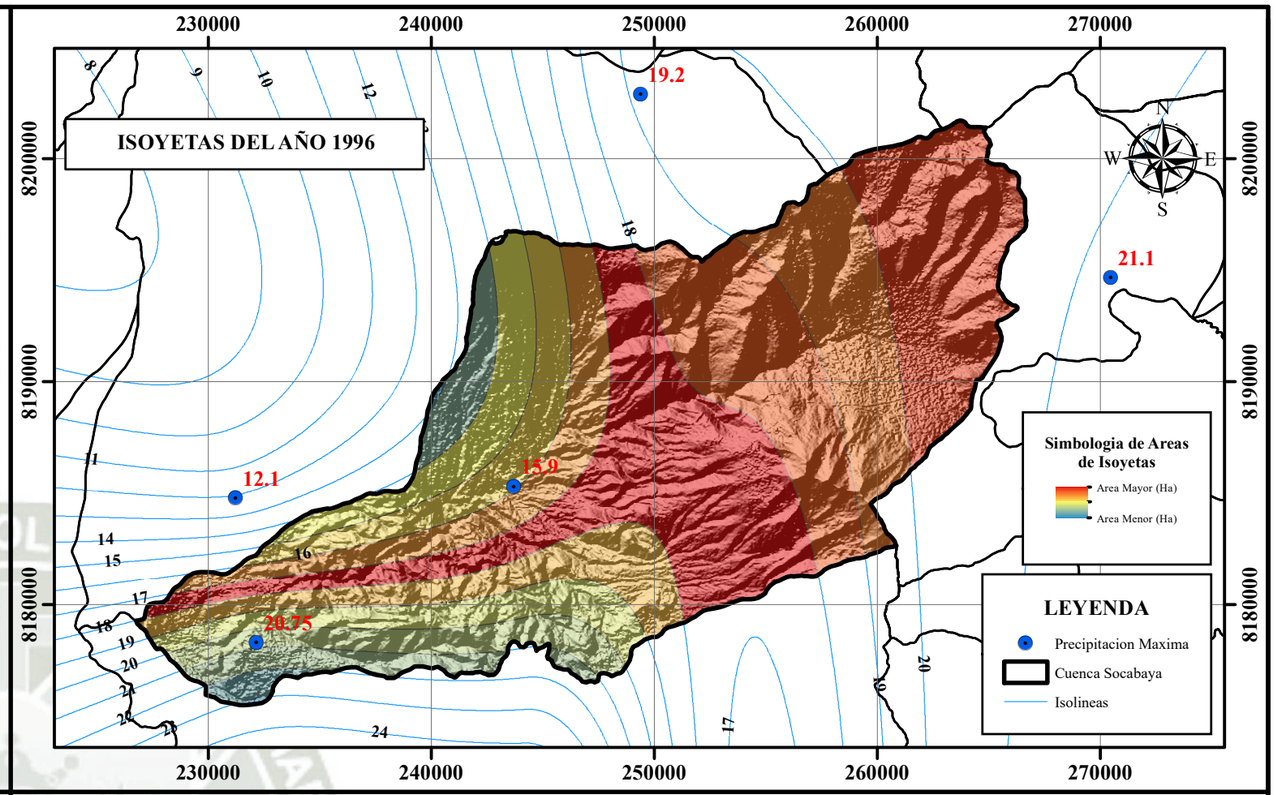
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

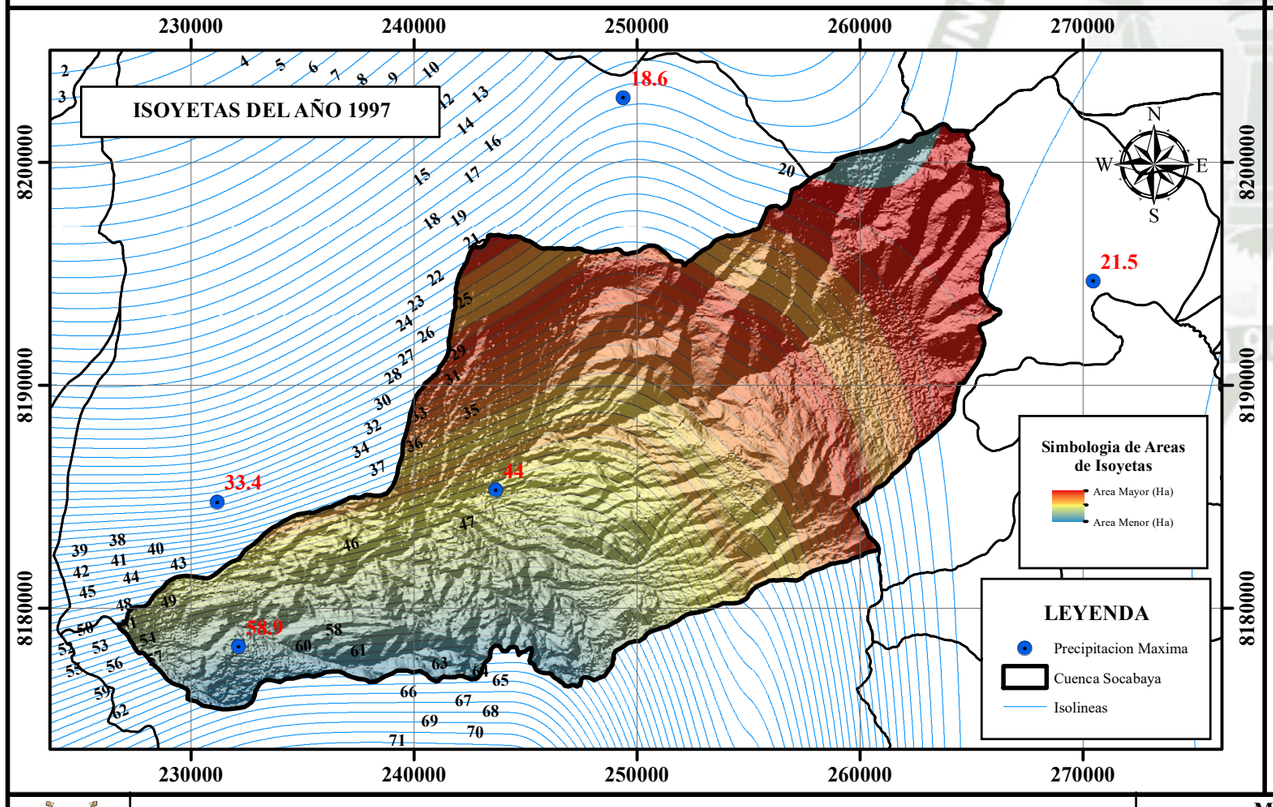
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

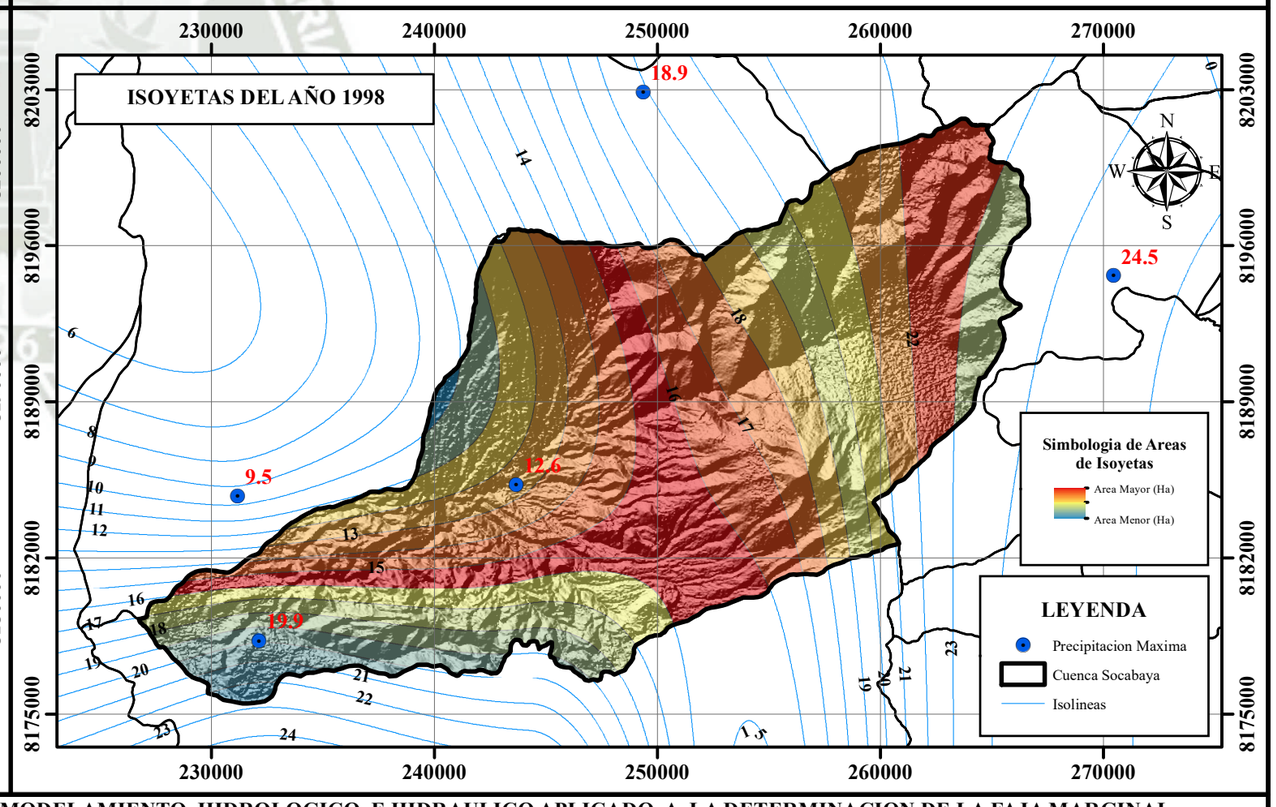
PLANO: **DETERMINACION DE LA PRECIPITACION MEDIA - METODO DE THIESSEN**

REGION: AREQUIPA		PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:160,000	MAPA: M11
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	









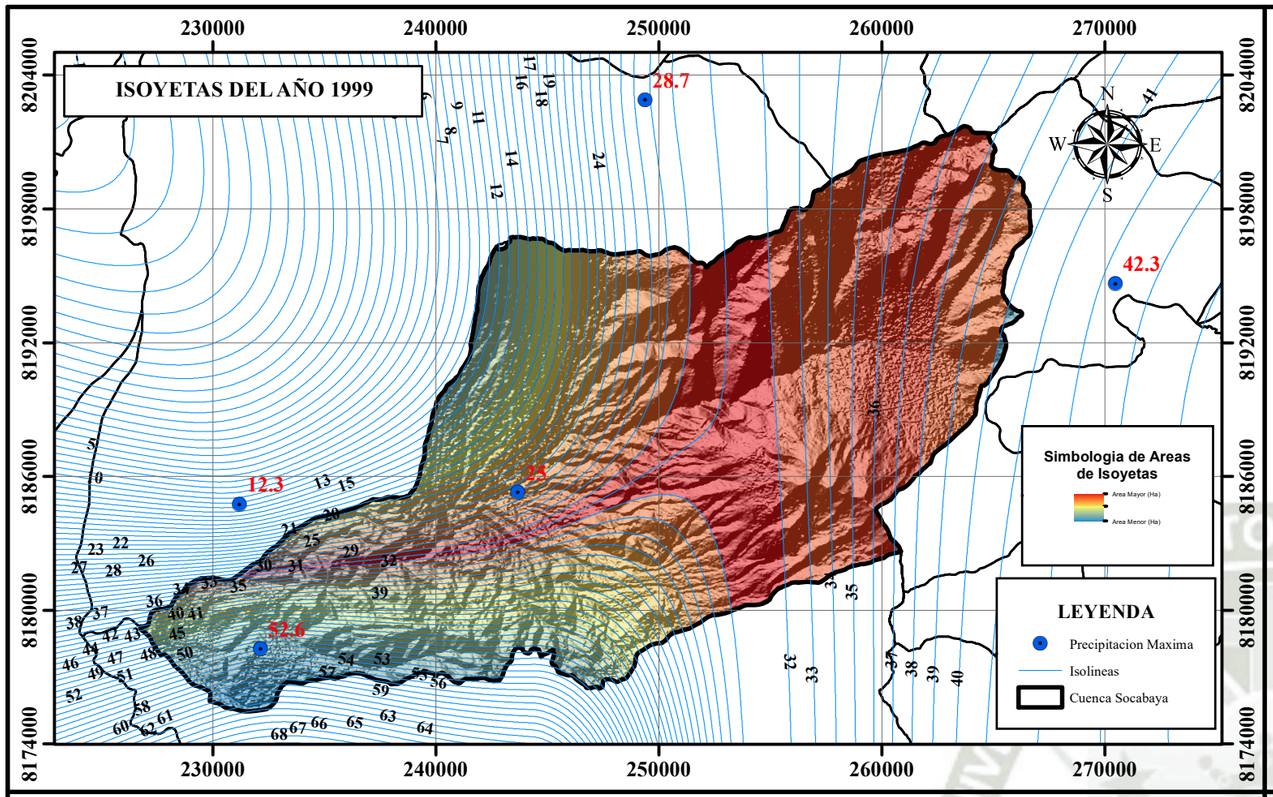
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

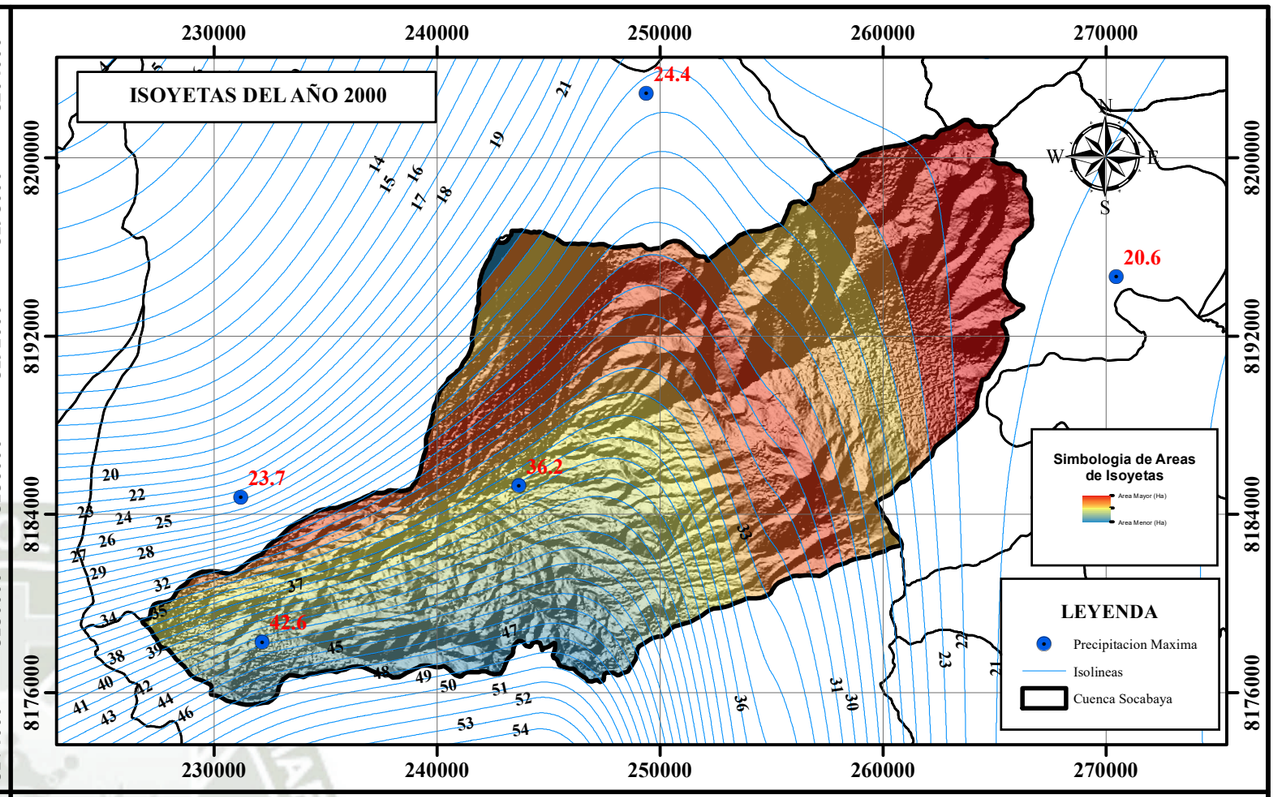
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

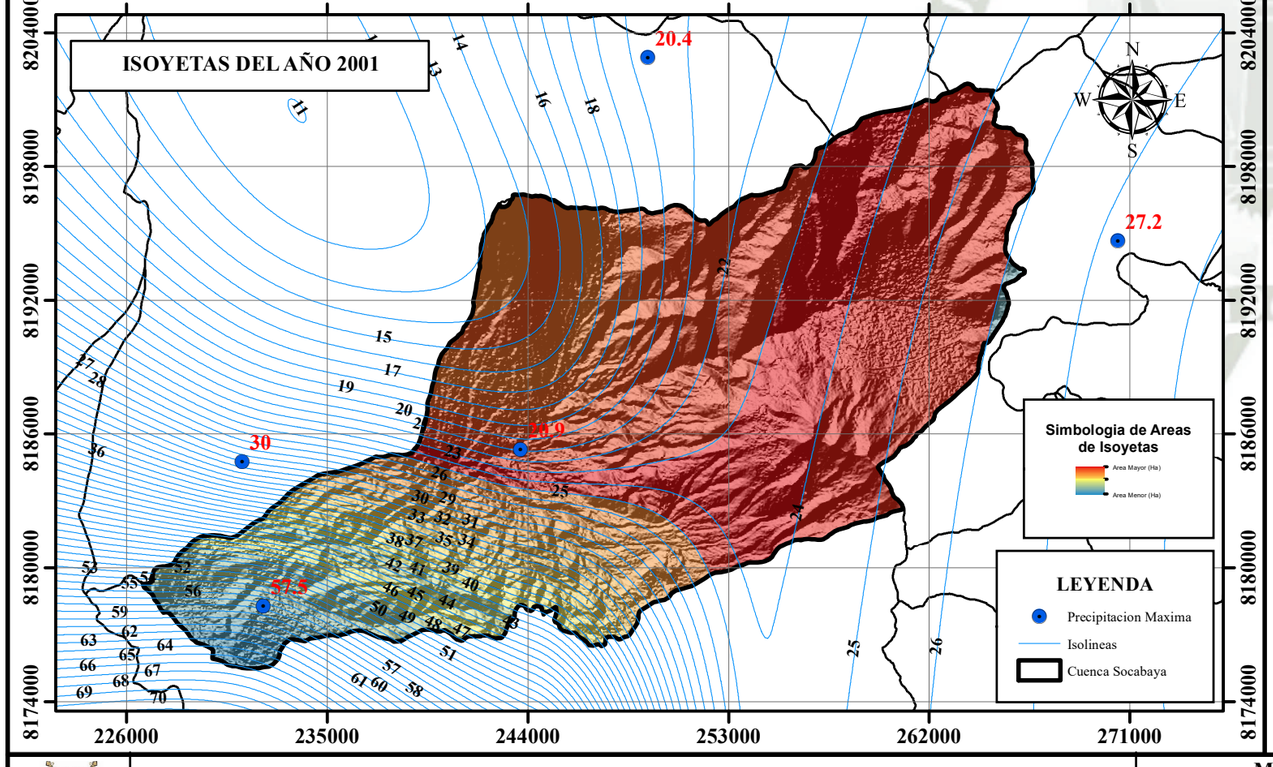
PLANO:

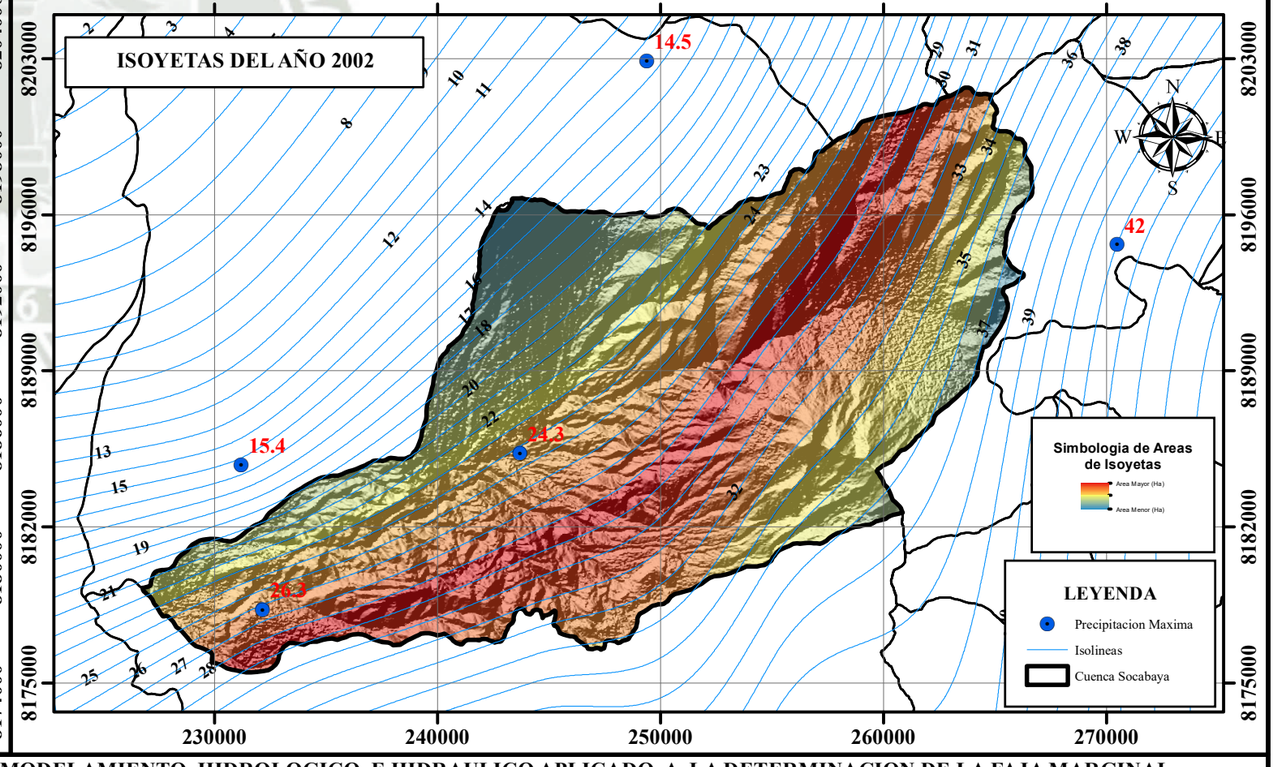
DETERMINACION DE LA PRECIPITACION MEDIA - METODO DE ISOYETAS

REGION: AREQUIPA		PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:275,000	MAPA: M12-I
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	









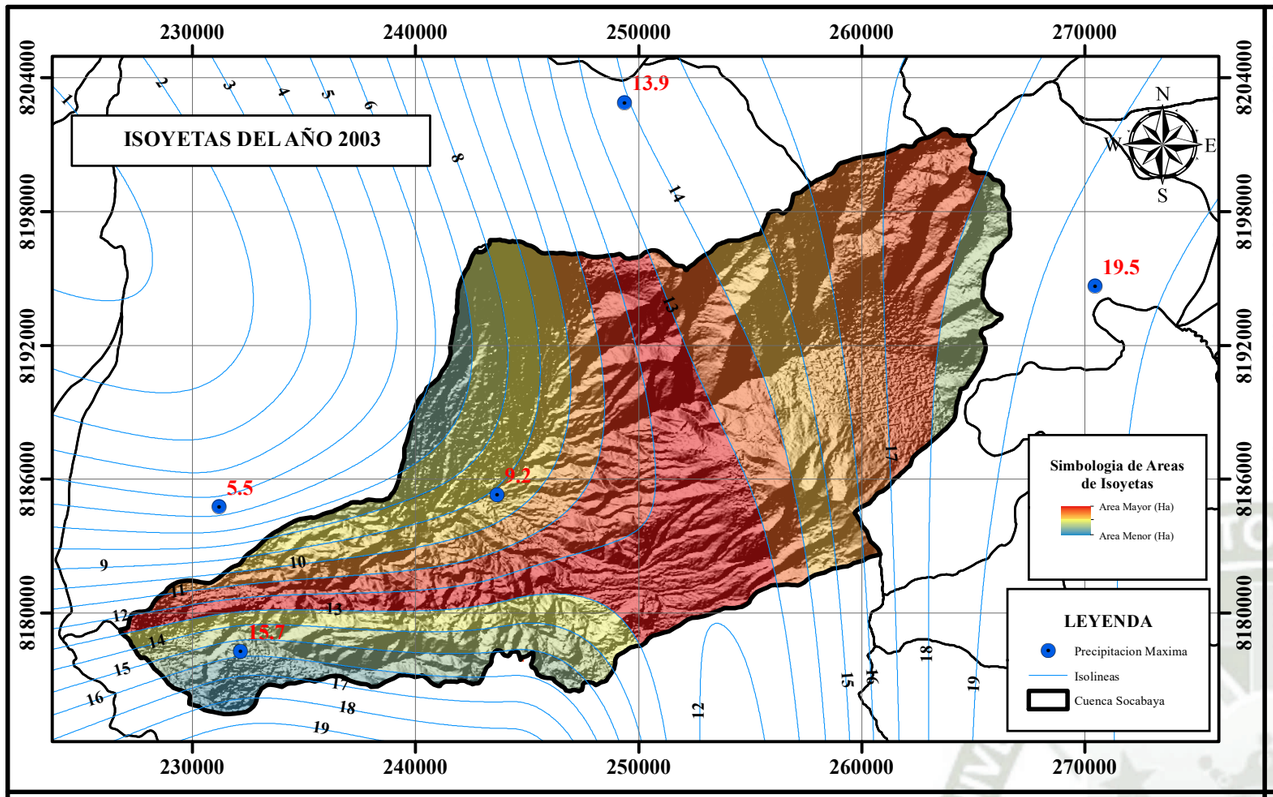
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

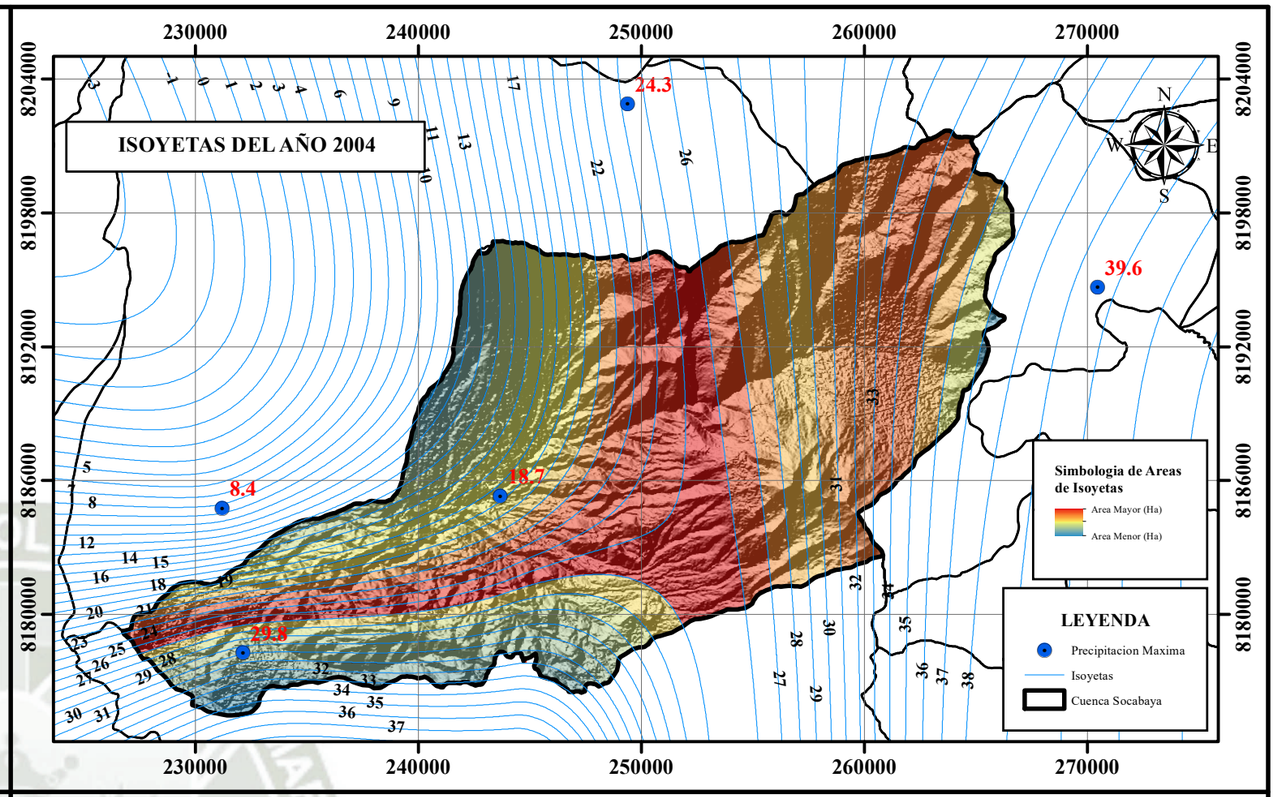
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

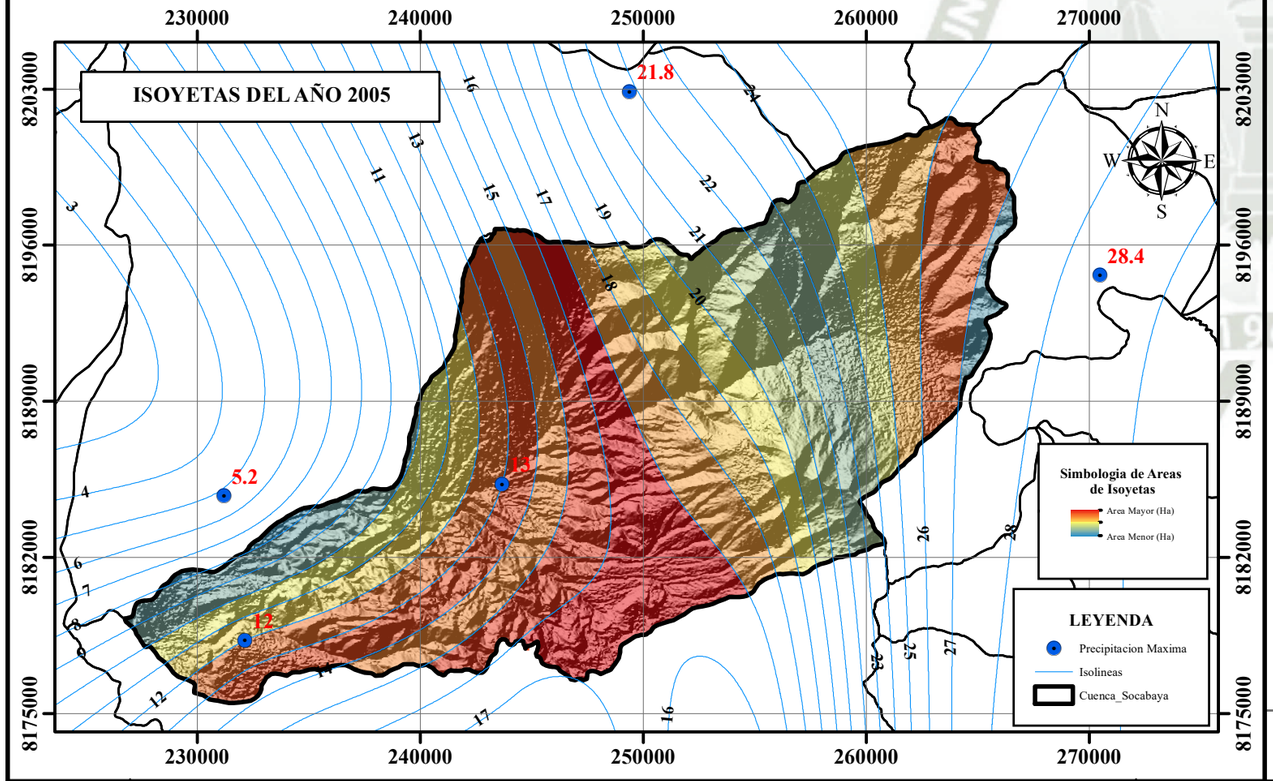
PLANO:

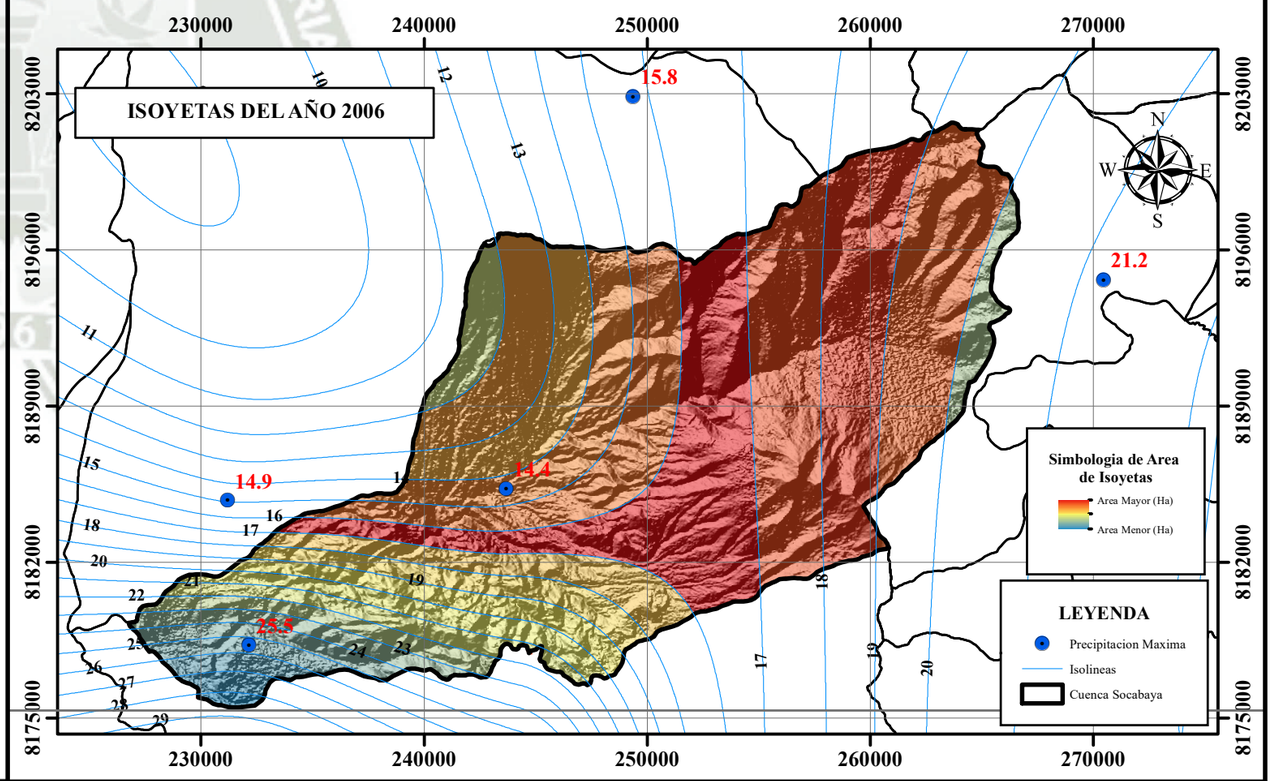
DETERMINACION DE LA PRECIPITACION MEDIA - METODO DE ISOYETAS

REGION: AREQUIPA		PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:275,000	MAPA: M12-II
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	









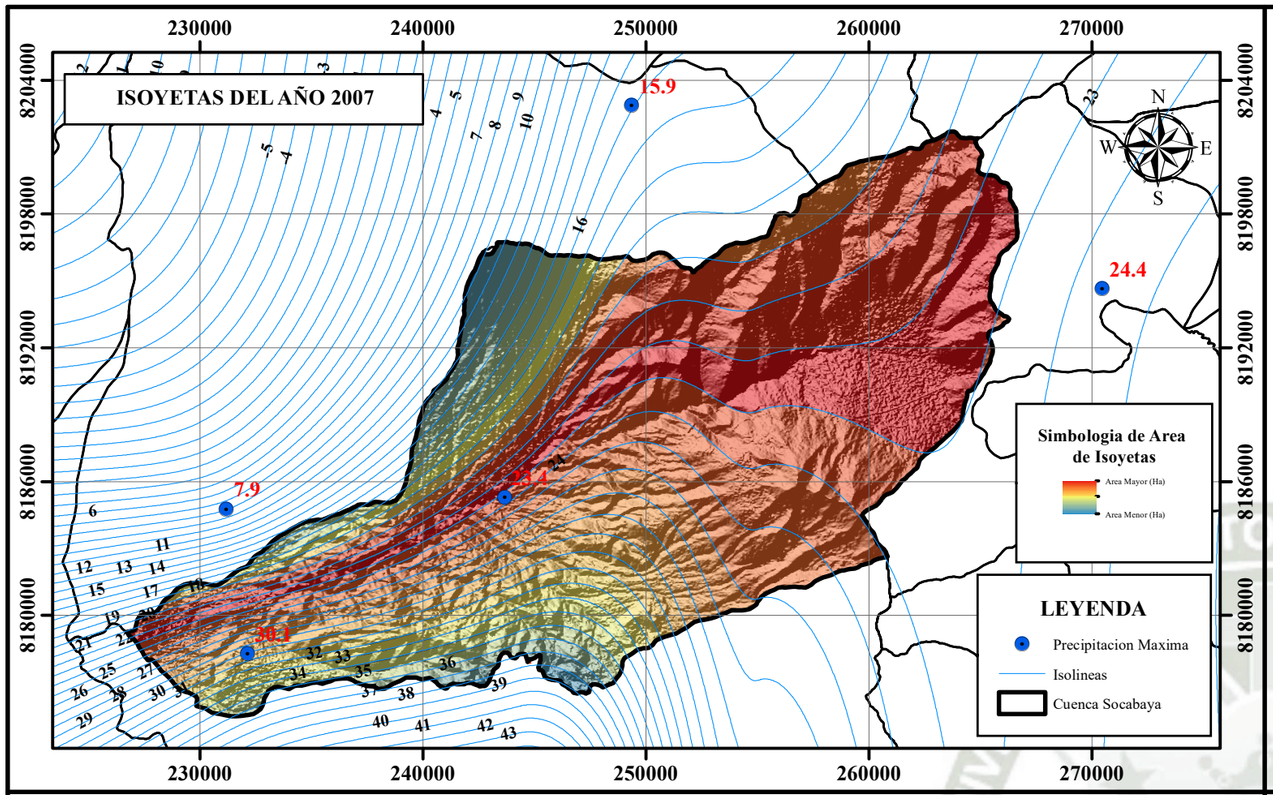
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

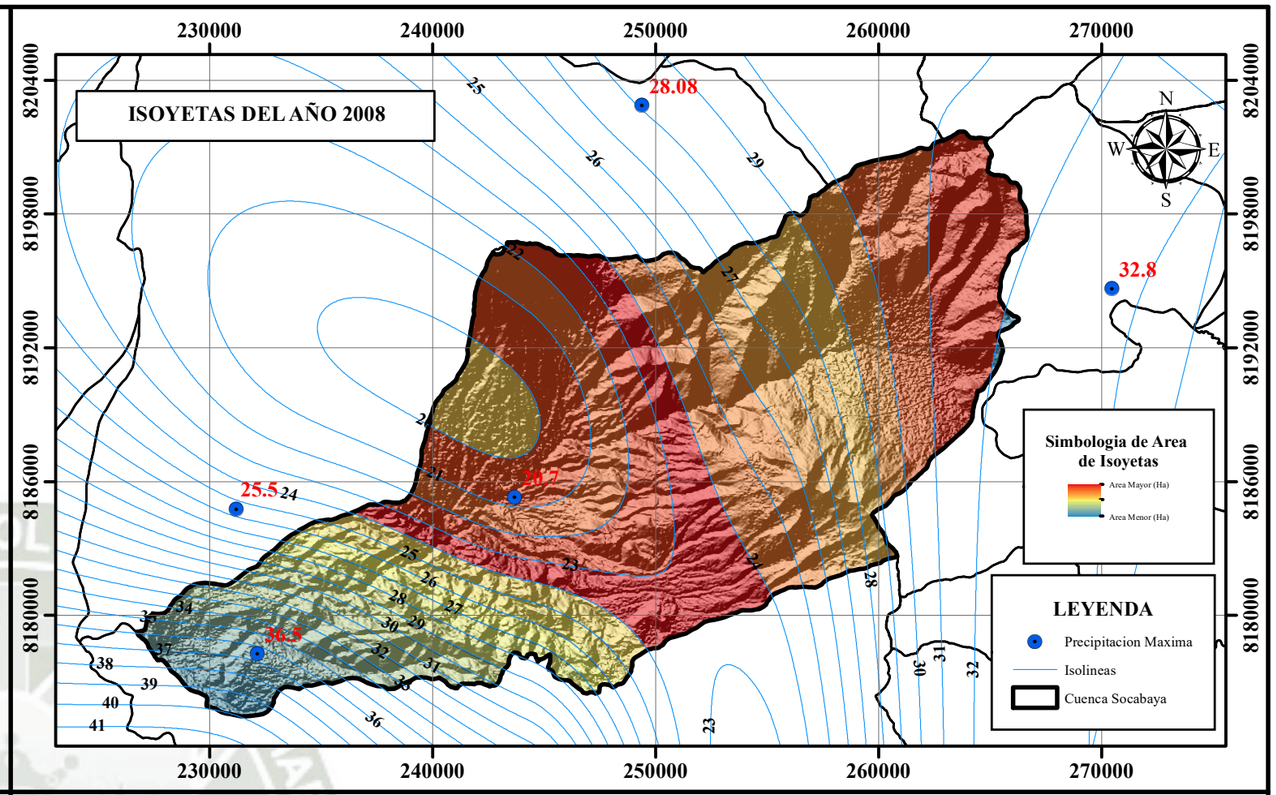
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

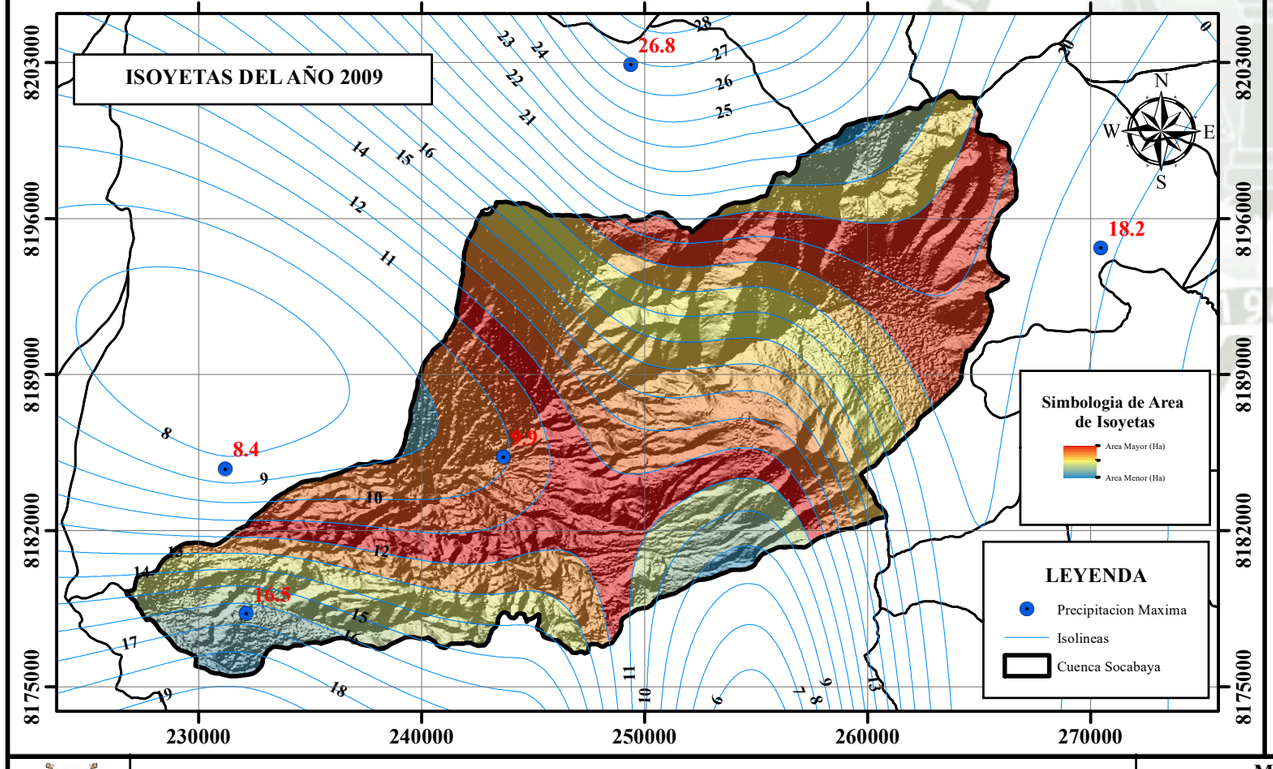
PLANO:

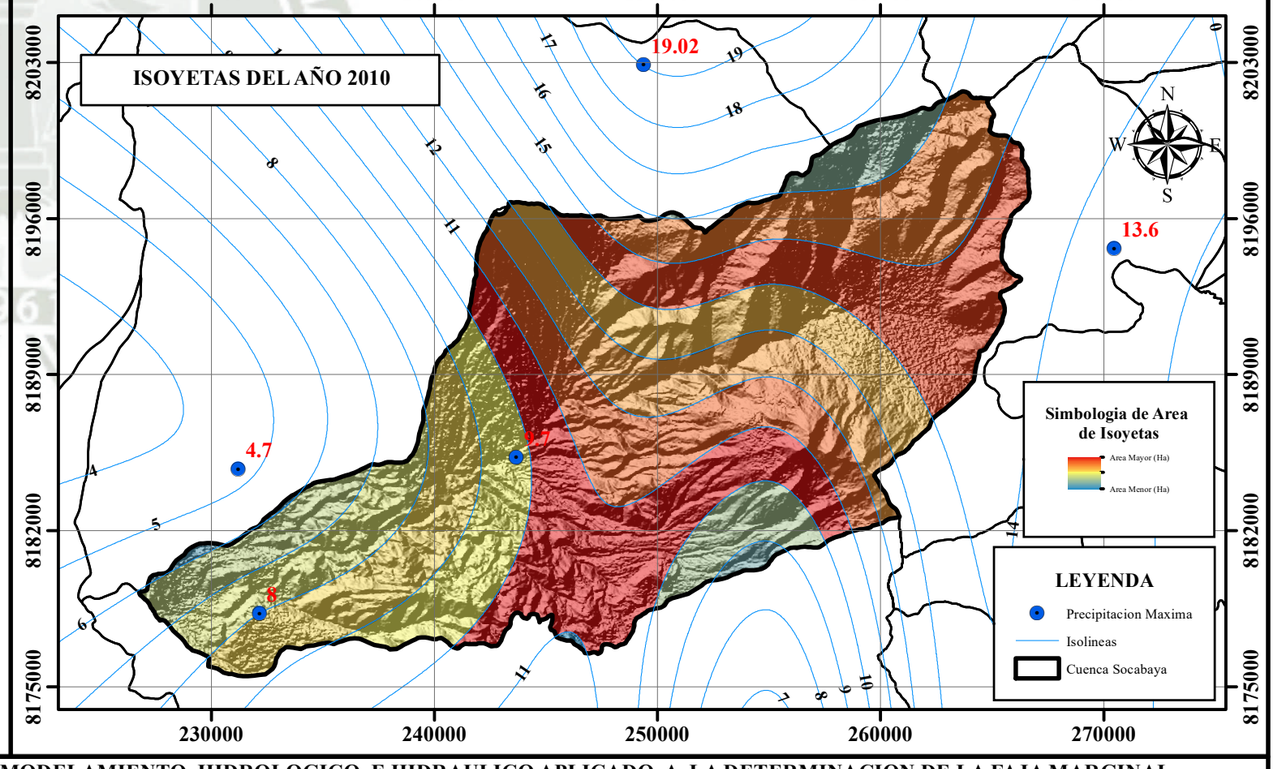
DETERMINACION DE LA PRECIPITACION MEDIA - METODO DE ISOYETAS

REGION: AREQUIPA		PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:275,000	MAPA: M12-III
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	









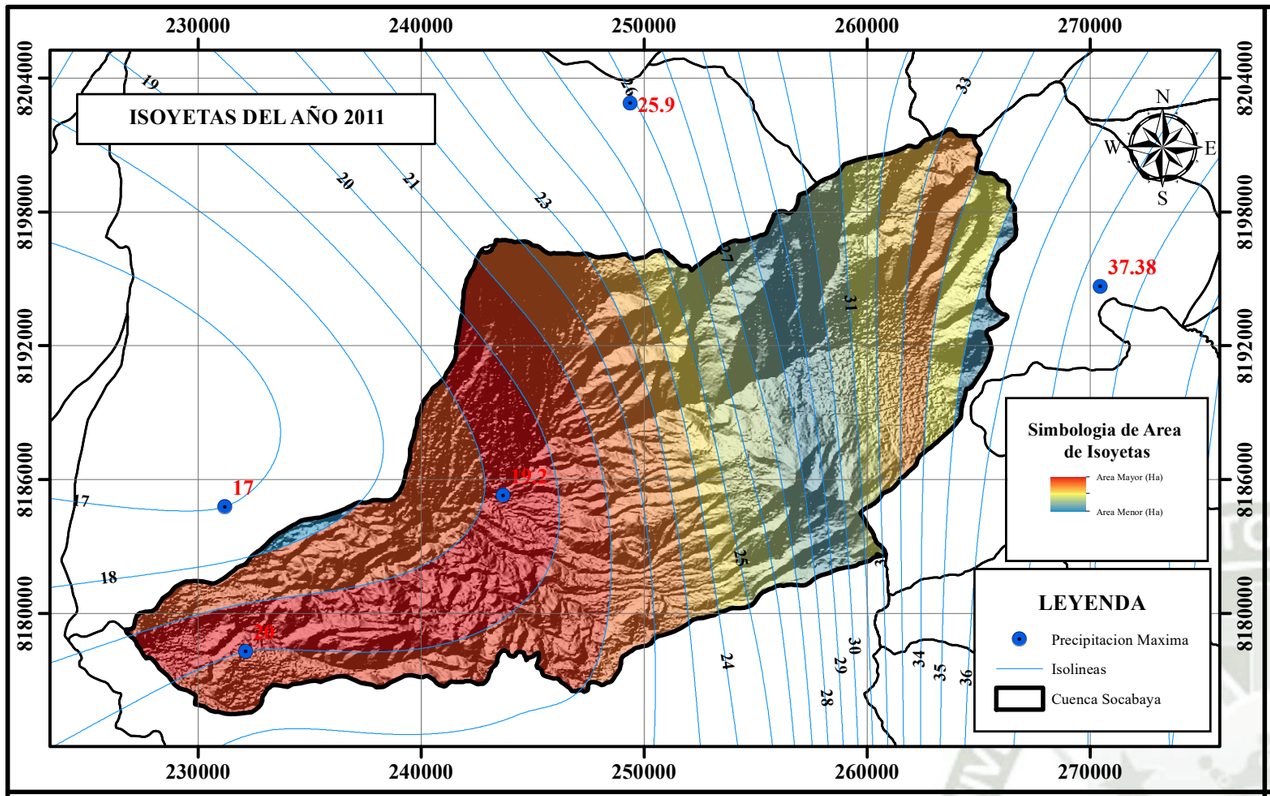
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

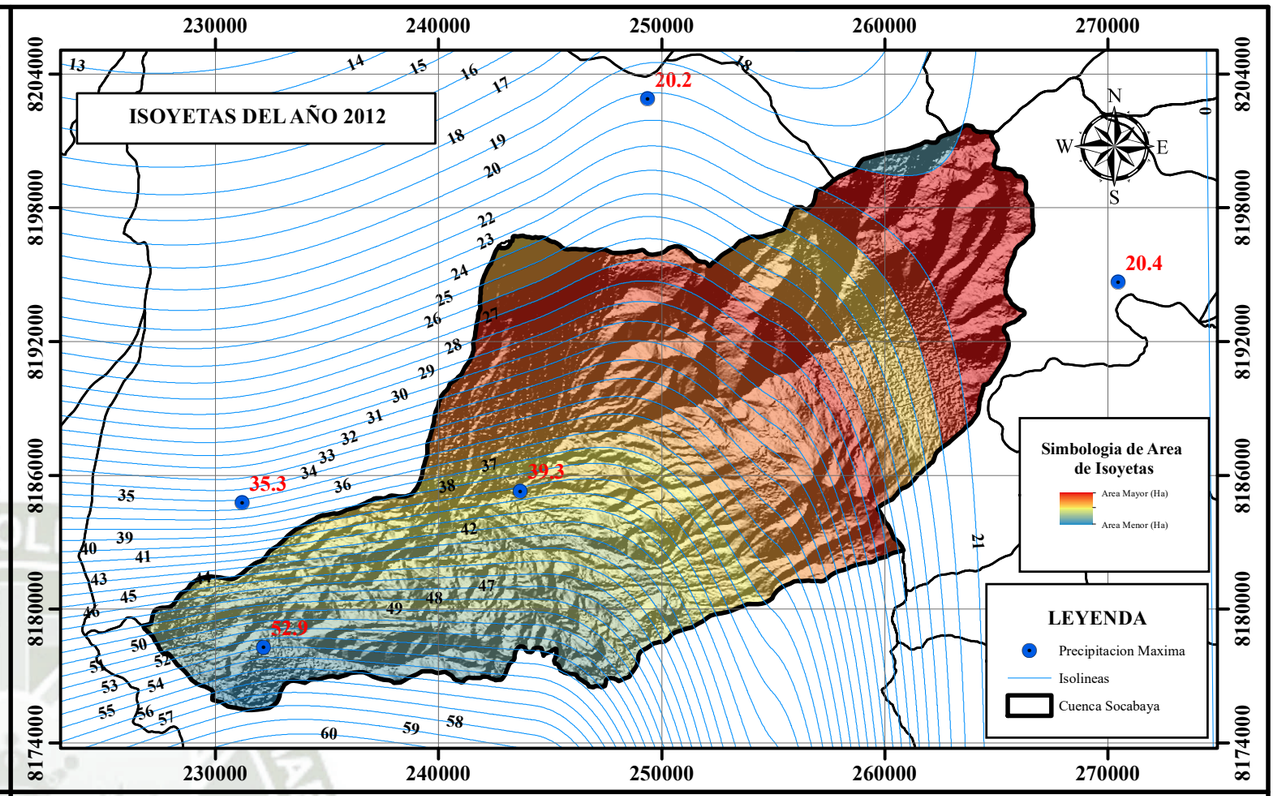
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

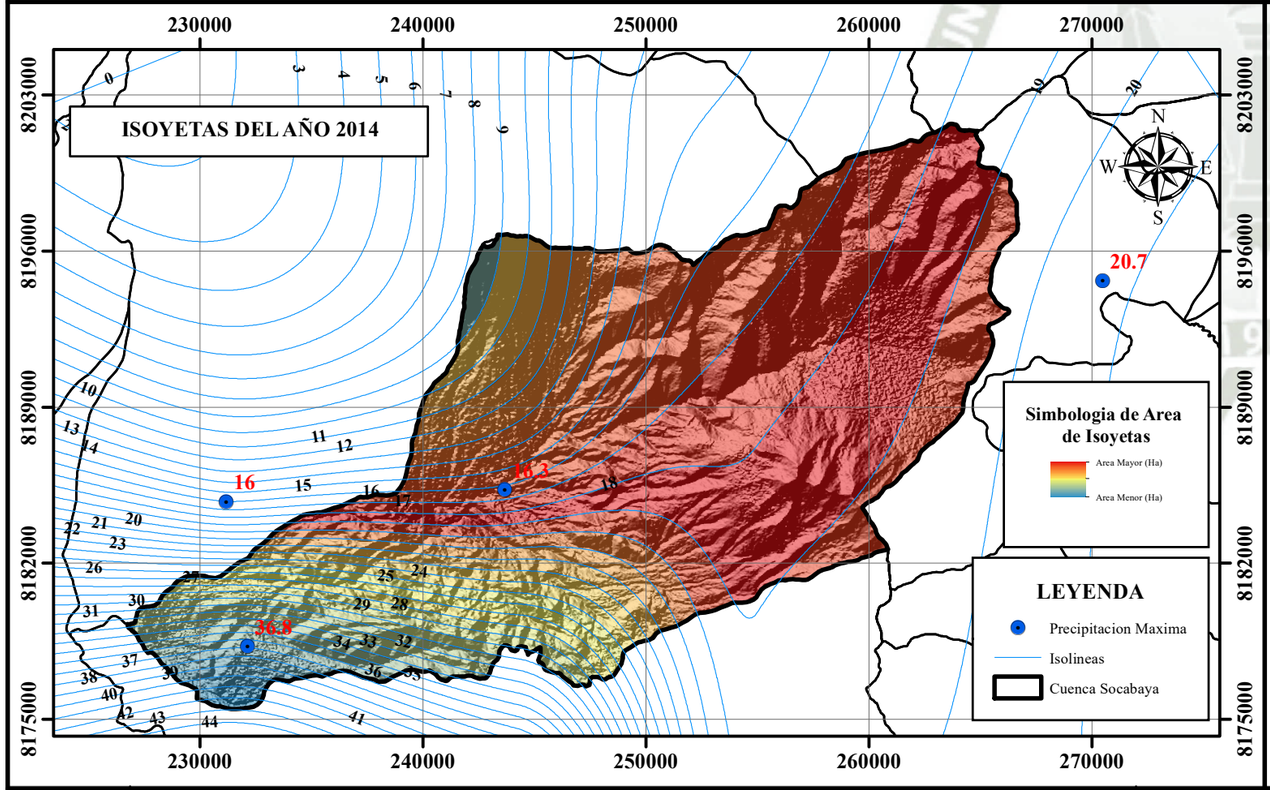
PLANO:

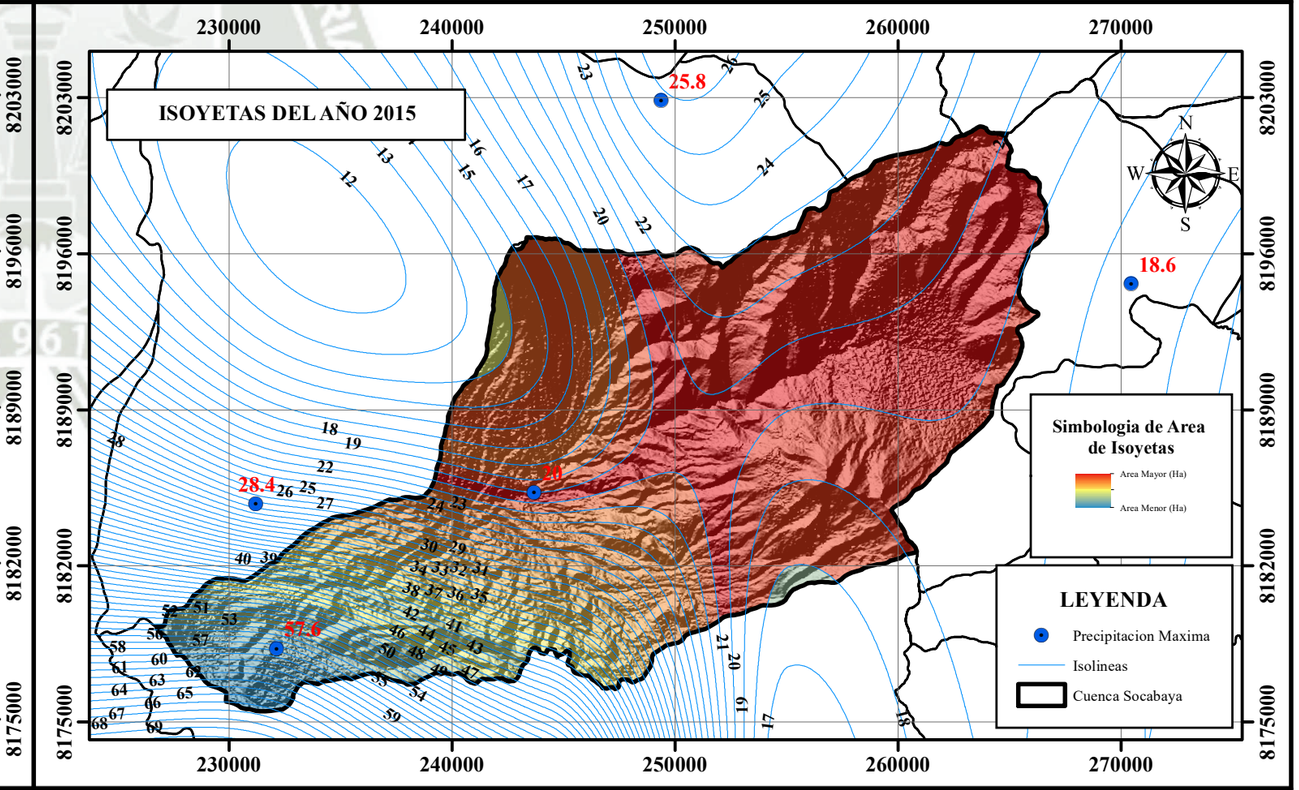
DETERMINACION DE LA PRECIPITACION MEDIA - METODO DE ISOYETAS

REGION: AREQUIPA		PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:275,000	MAPA: M12-IV
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	







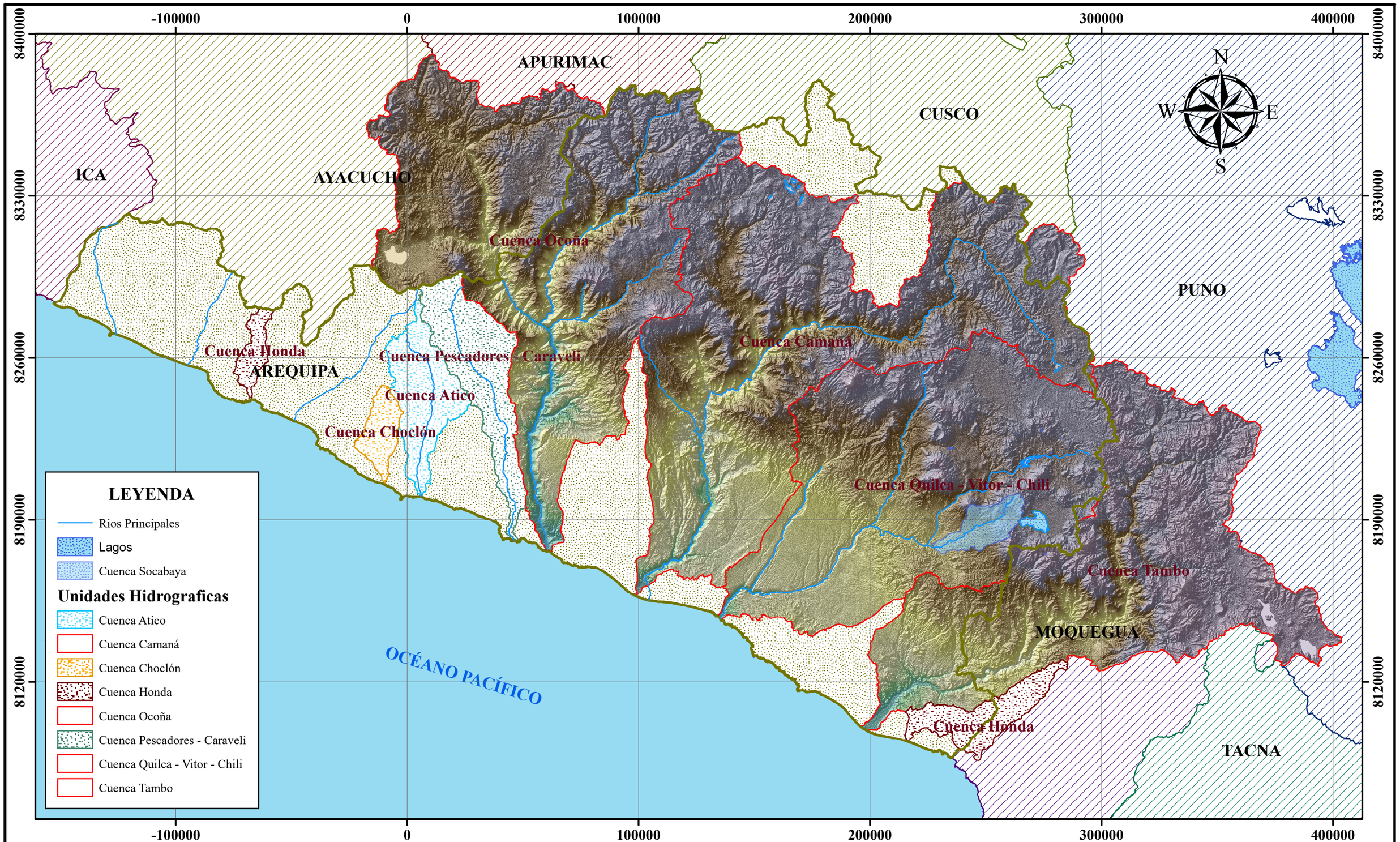


UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:
DETERMINACION DE LA PRECIPITACION MEDIA - METODO DE ISOYETAS

REGION: AREQUIPA		PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:275,000	MAPA: M12-V
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	



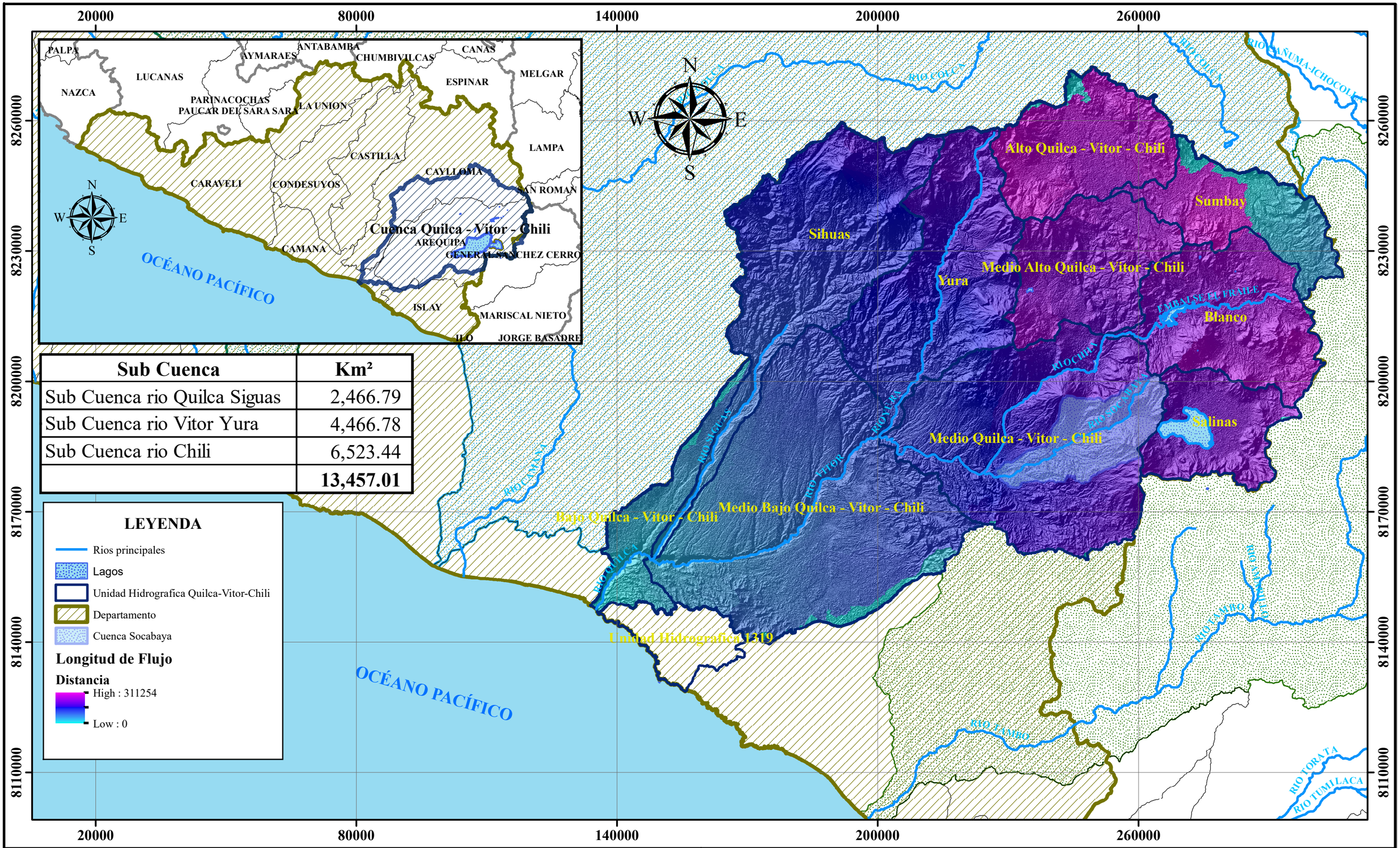
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LAS UNIDADADES HIDROGRAFICAS EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:500,000	M13
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	



Sub Cuenca	Km²
Sub Cuenca rio Quilca Siguas	2,466.79
Sub Cuenca rio Vitor Yura	4,466.78
Sub Cuenca rio Chili	6,523.44
	13,457.01

LEYENDA

- Rios principales
- Lagos
- Unidad Hidrografica Quilca-Vitor-Chili
- Departamento
- Cuenca Socabaya

Longitud de Flujo

Distancia

High : 311254

Low : 0

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LA CUENCA QUILCA - VITOR - CHILI

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:800,000	M14
DISTRITO: SOCABAYA		DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	

NOMBRE	SUPERFICIE (Km²)	SUPERFICIE (%)
Alto Quilca -Vitor-Chili	949.62	6.87
Bajo Quilca-Vitor-Chili	469.75	3.40
Blanco	1,161.98	8.41
Medio-Alto Quilca-Vitor-Chili	934.66	6.76
Medio-Bajo Quilca-Vitor-Chili	2,932.59	21.22
Medio Quilca-Vitor-Chili	2,334.60	16.90
Salinas	655.73	4.75
Siguas	1,762.38	12.75
Sumbay	721.43	5.22
Unidad Hidrografica 1319	360.38	2.61
Yura	1,534.26	11.10
TOTAL	**13,817.38**	**100.00**

LEYENDA

- Rios
- Cuenca Socabaya
- Cuencas
- Alto Quilca - Vitor - Chili
- Bajo Quilca - Vitor - Chili
- Blanco
- Medio Alto Quilca - Vitor - Chili
- Medio Bajo Quilca - Vitor - Chili
- Medio Quilca - Vitor - Chili
- Salinas
- Sihuas
- Sumbay
- Yura
- Unidad Hidrografica 1319

Intercuenca Alto Apurímac
Cuenca Coata
Cuenca Camaná
Alto Quilca - Vitor - Chili
Sumbay
Sihuas
Medio Alto Quilca - Vitor - Chili
Yura
Blanco
EMBALSE EL FRAILE
Cuenca Quilca - Vitor - Chili
Salinas
Medio Quilca - Vitor - Chili
Medio Bajo Quilca - Vitor - Chili
Bajo Quilca - Vitor - Chili
Intercuenca 133
Intercuenca 13711
Unidad Hidrografica 1319
Intercuenca 1319
Cuenca Tambo
Cuenca Honda
Cuenca Ilo- Moquegua
OCÉANO PACÍFICO
RIO CAMANA
RIO SIGUAS
RIO VITOR
RIO YURA
RIO CHILI
RIO TAMBO
N
S
E
W

50000 80000 110000 140000 170000 200000 230000 260000 290000
8280000 8260000 8240000 8220000 8200000 8180000 8160000 8140000

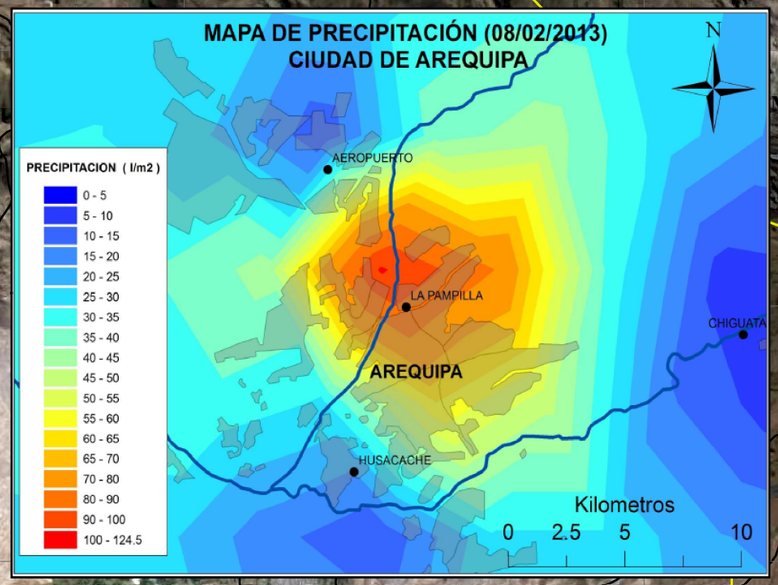
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS EN LA CUENCA QUILCA - VITOR - CHILI

REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:750,000	M15
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	

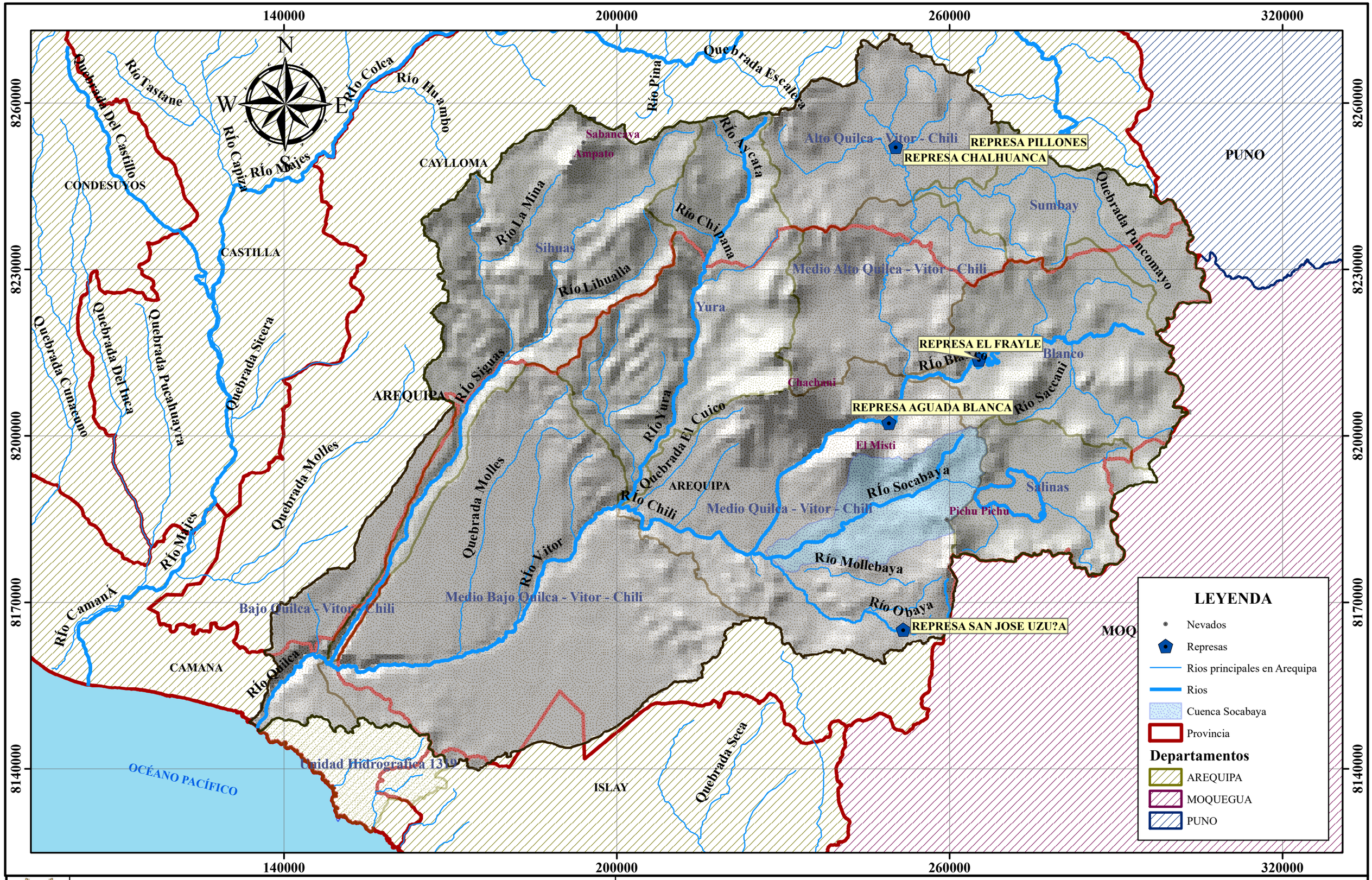


UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

ANALISIS DE PRUEBAS DE BONDAD Y AJUSTE UTILIZANDO FACTORES DE FRECUENCIA PARA LAS PRECIPITACIONES MAXIMAS DE 24 HORAS DE LA ESTACION LA PAMPILLA DEL PERIODO 1954 - 2016

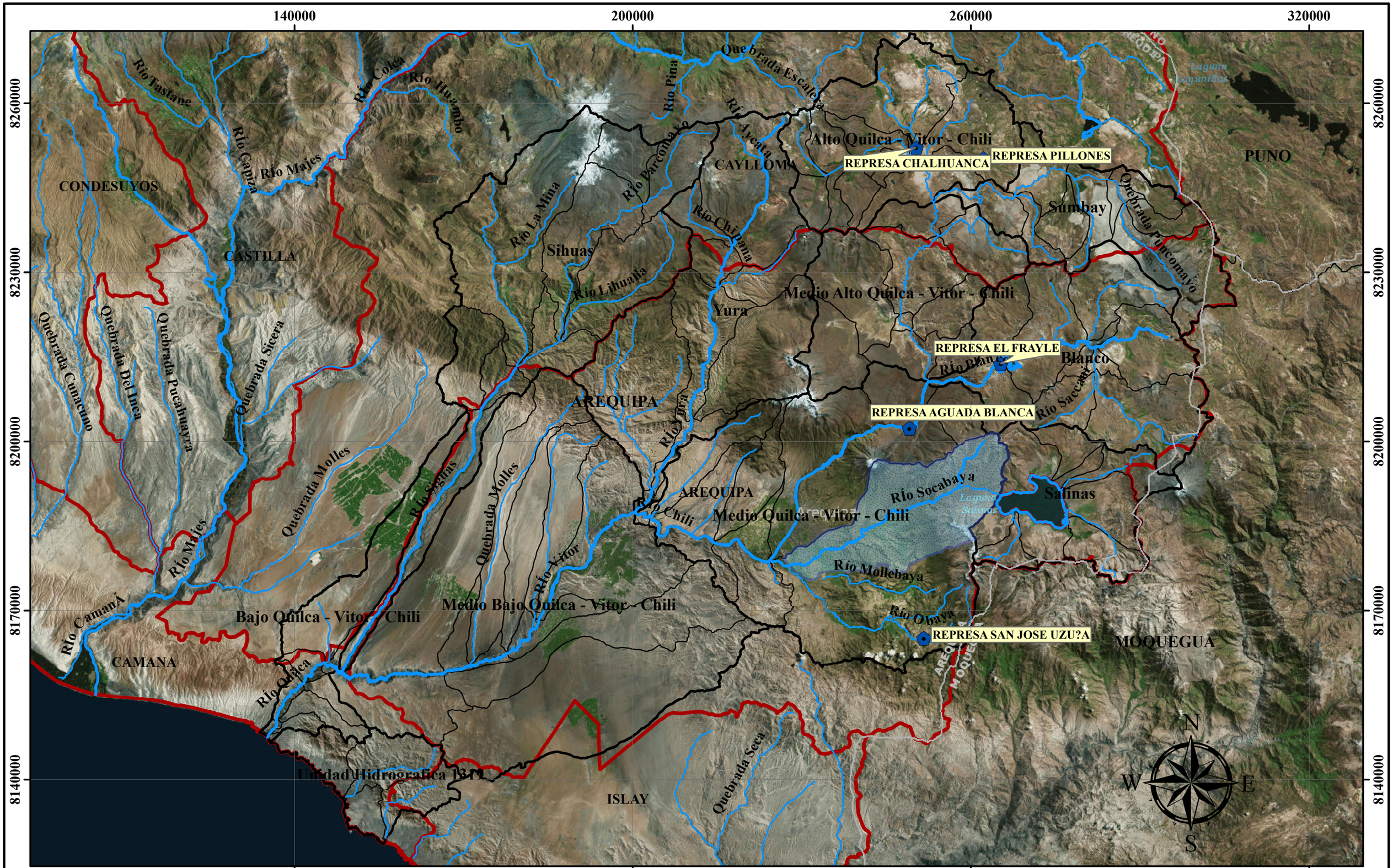
REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:120,000	M16
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:	
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017	



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO: DETERMINACION DE LA FISIOGRAFIA EN LA CUENCA QUILCA - VITOR - CHILI	REGION: AREQUIPA	PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:600,000	MAPA: M17
	DISTRITO: SOCABAYA / PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	



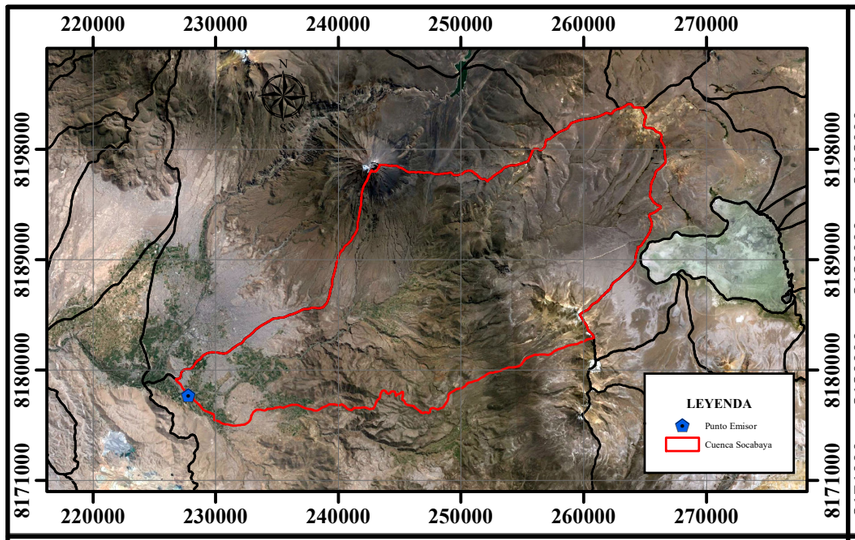
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

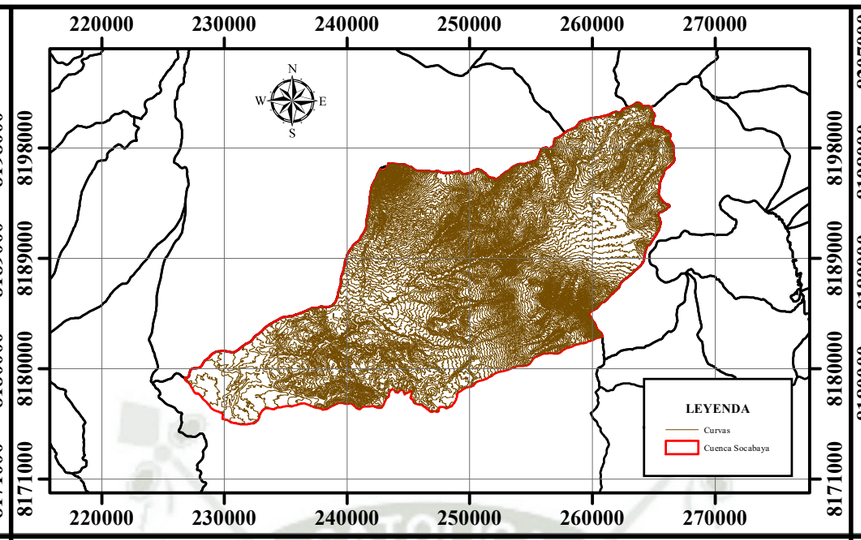
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

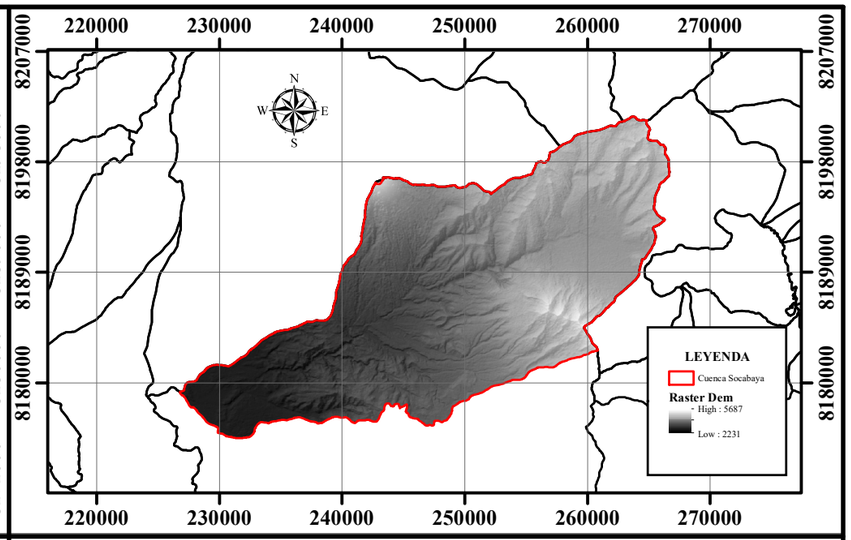
PLANO:

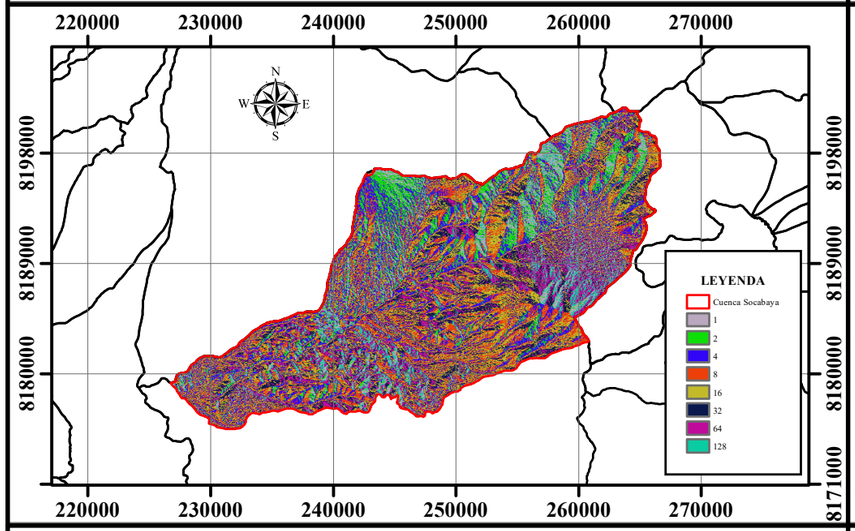
DETERMINACION DE LA SUB CUENCA SOCABAYA EN LA UNIDAD HIDROGRAFICA QUILCA - VITOR - CHILI

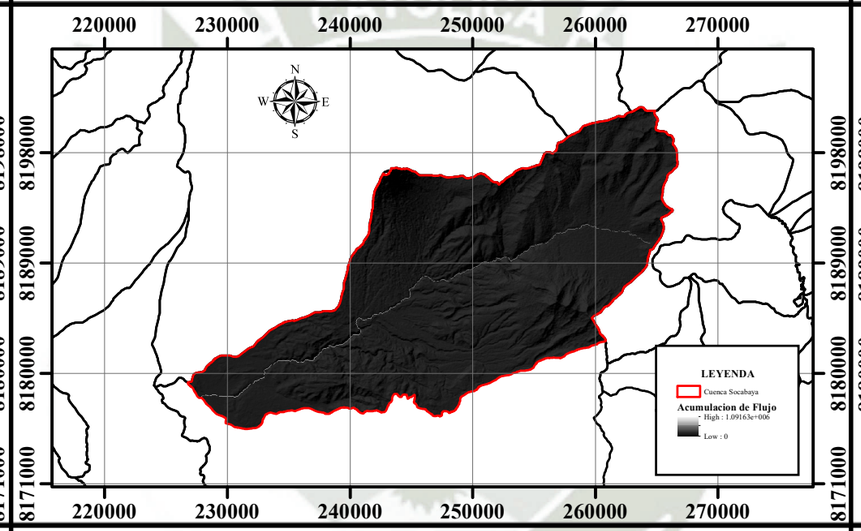
REGION:		PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA		BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:600,000	M18
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	

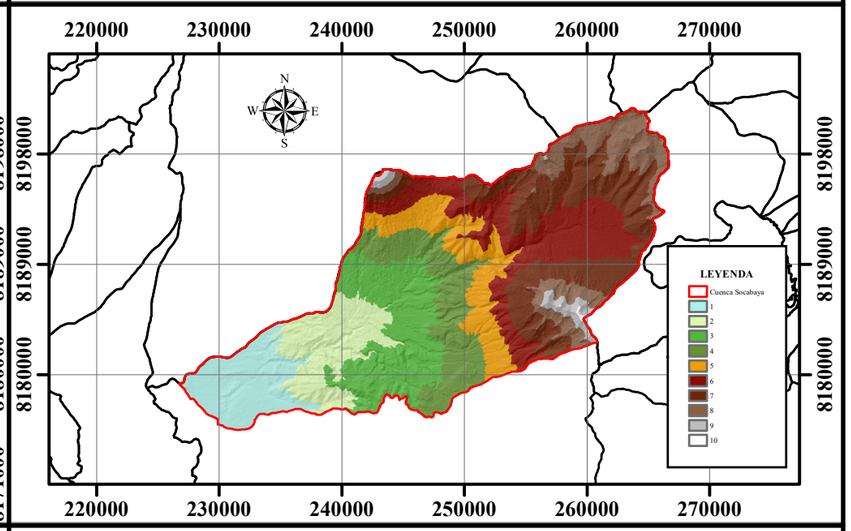


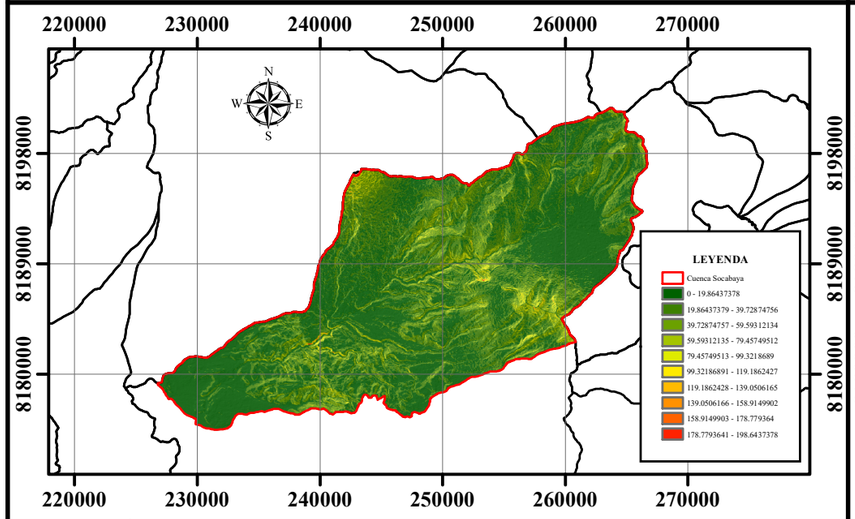


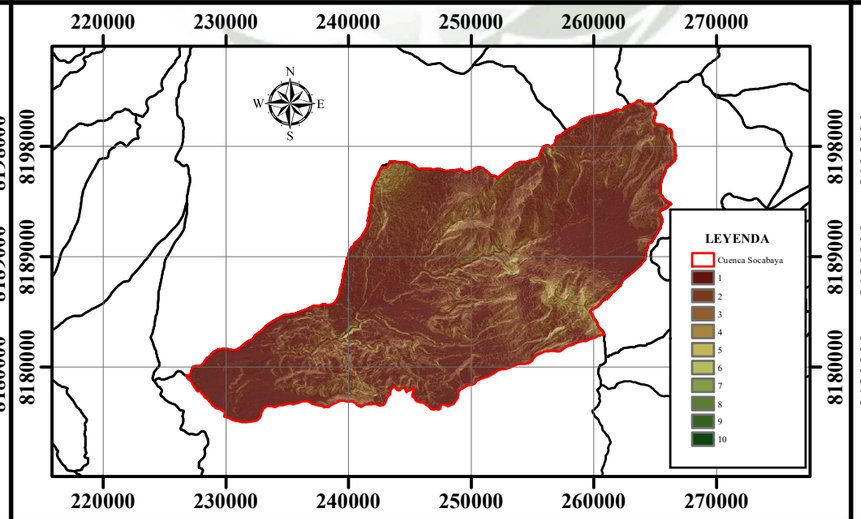


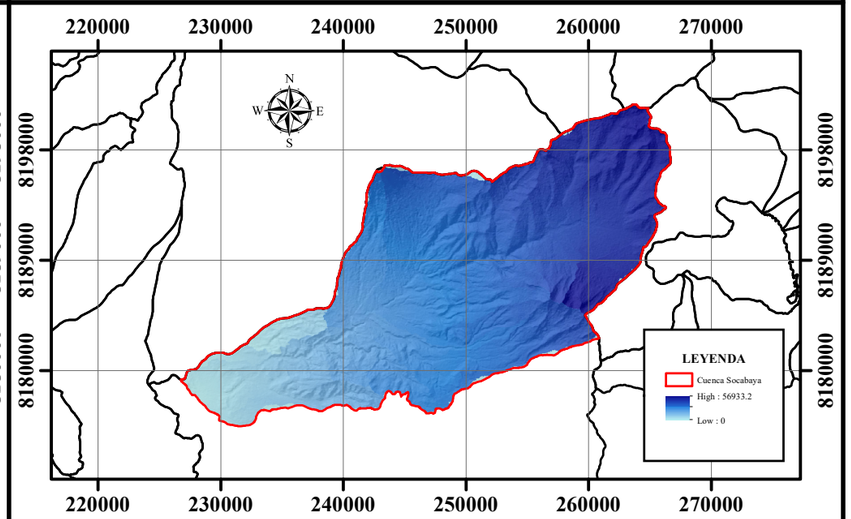












UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO: **DETERMINACION DE PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS CON EL SOFTWARE ARC GIS - I**

REGION: **AREQUIPA**

DISTRITO: **SOCABAYA**

PROVINCIA: **AREQUIPA**

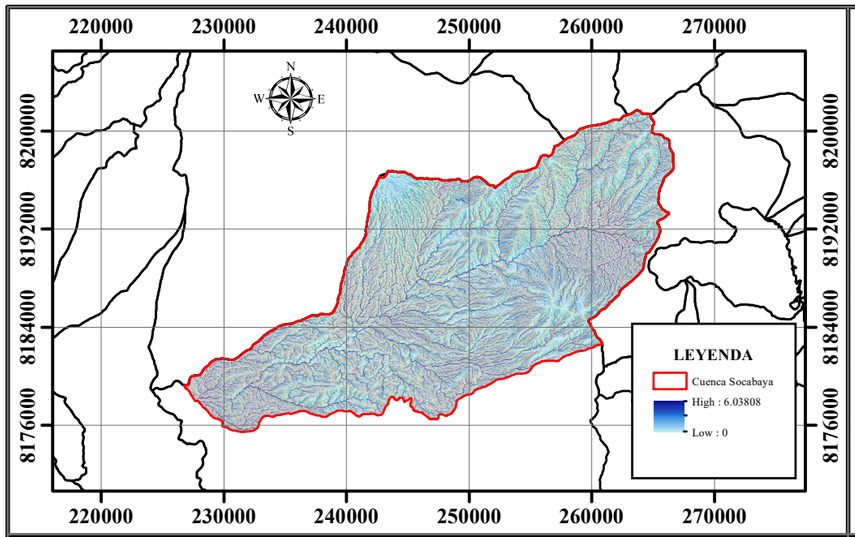
PRESENTADO POR: **BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA**

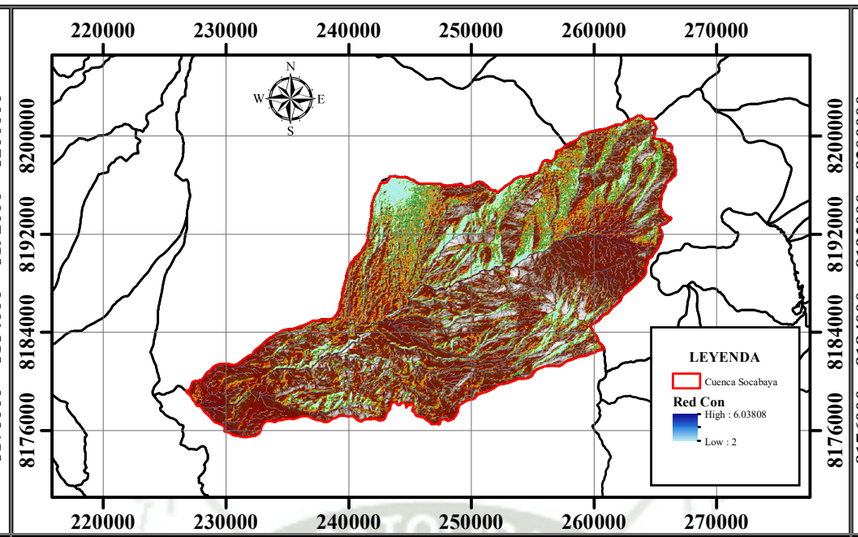
DATUM: **WGS 84/ZONA 19S**

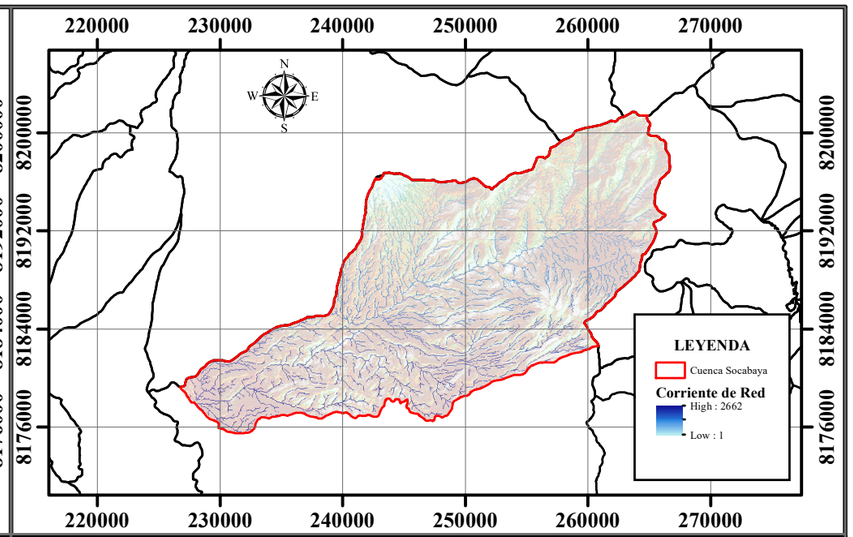
ESCALA: **1:500,000**

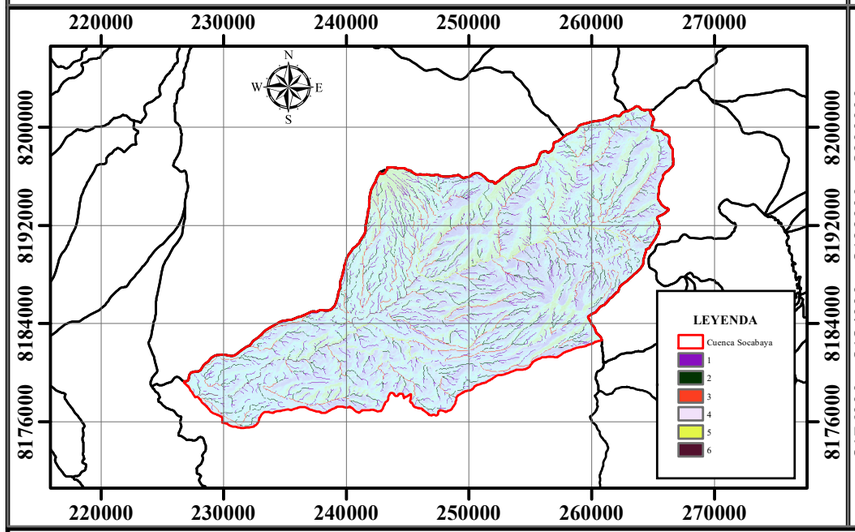
FECHA: **JUNIO, 2017**

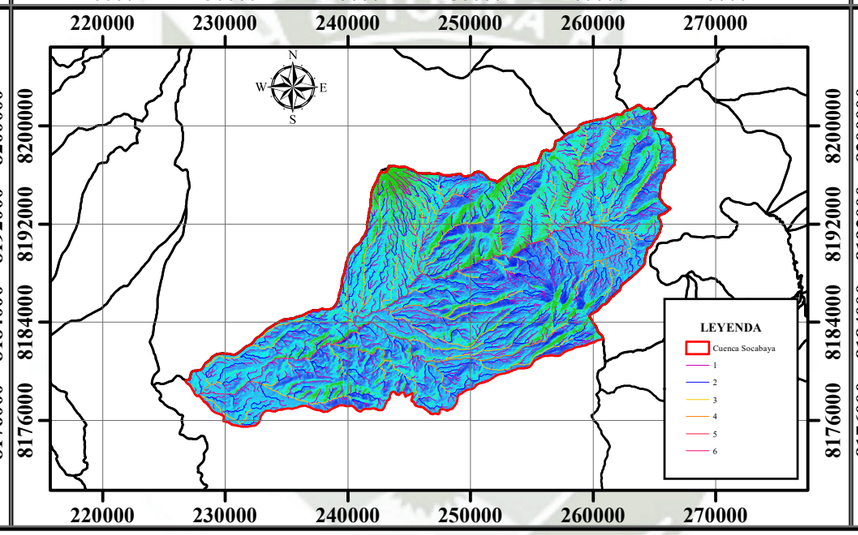
MAPA: **M19-I**

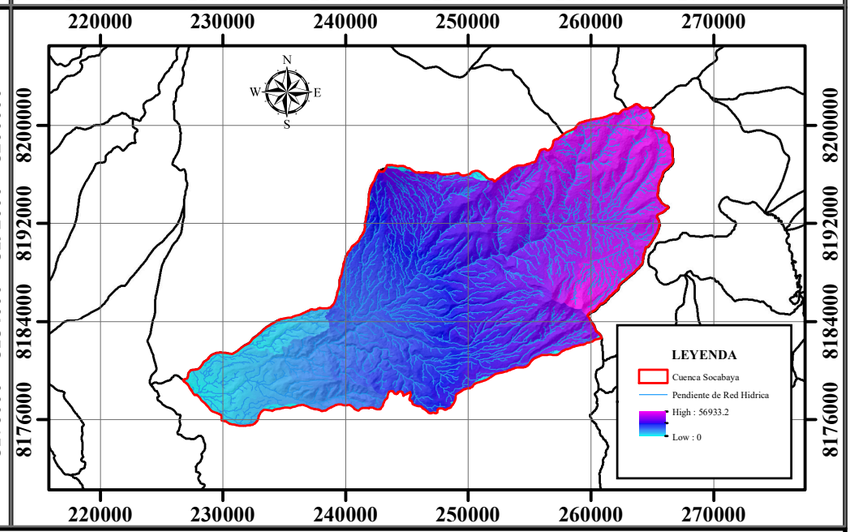


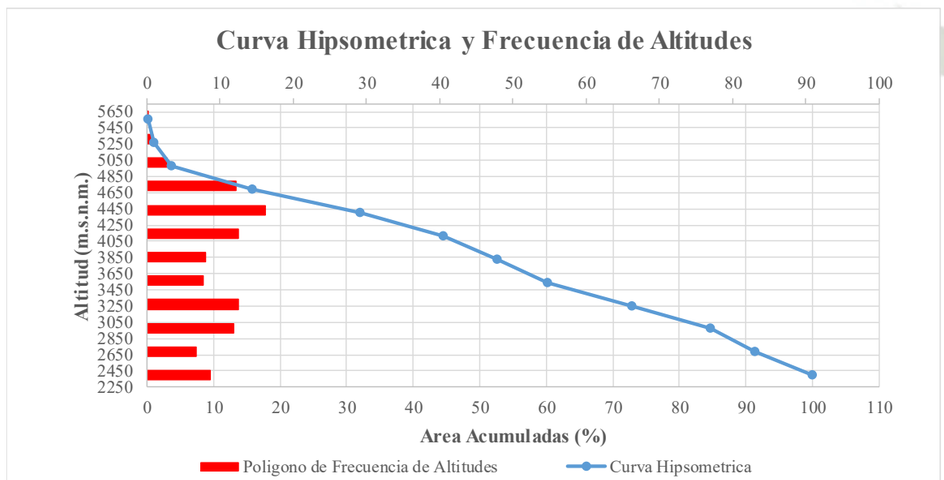












PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS							
Parametros Geometricos		**Parametros de Forma**		**Parametros de Relieve**		**Parametros de red Hidrografica**	
Area	509.883 (Km²)	**Indice de Compacidad**	1.485	**Pendiente de la Cuenca**		**Num. de Orden**	6.0
Perimetro	118.876 (Km)			**Crit. Horton**	25.06%	**Dens. de Drenaje**	0.971
Centroide (WGS: 1984 UTM Zone 19S)		**Factor de forma**	0.263	**Crit. Nash**	26.16%	**Long. del Cauce Principal**	50.06 Km
Este	248129.95	**Coef. de Forma**	0.212	**Crit. Alvord**	26.70%		
Norte	8188098.40	**Relacion de Elongacion**	0.520	**Crit. Rec. Equi.**	7.04%	**Pendiente del Cauce principal**	
Altitud				**Crit. Arc Gis**	18-26 % Fuertemente Accidentado	**Crit. De un Tramo**	1.64%
Altitud Maxima	5700 m.s.n.m					**Crit. Taylor y Schar**	1.08%
Altitud Minima	2250 m.s.n.m.					**Crit. Area Compen.**	1.60%

PARAMETRO	DESCRIPCION	VALOR
Altitud mas Frecuente	Mayor área en %	4469.81 m.s.n.m.
Altitud de Frecuencia Media	La media en % de áreas	3878.66 m.s.n.m.
Altitud Media	La que tiene 50% (por encima y debajo) del área total de la cuenca	3984.65 m.s.n.m.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS CON EL SOFTWARE ARC GIS - II

REGION: **AREQUIPA**

DISTRITO: **SOCABAYA**

PROVINCIA: **AREQUIPA**

PRESENTADO POR: **BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA**

DATUM: **WGS 84/ZONA 19S**

ESCALA: **1:500,000**

FECHA: **JUNIO, 2017**

MAPA: **M19-II**

228000 237000 246000 255000 264000

8202000 8196000 8190000 8184000 8178000

LEYENDA

GEOMORFOLOGIA

- Caldera volcánica
- Coladas o campo de lavas basalto-andesíticas
- Colina y lomada en roca intrusiva
- Colina y lomada en roca sedimentaria
- Colina y lomada en roca volcánica
- Complejo volcánico
- Estratovolcán
- Llanura o planicie inundable
- Montañas y colinas en roca volcánica
- Superficie de flujo piroclástico
- Terraza fluvial
- Vertiente glacio-fluvial
- Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial

N W E S

Inicio

Fin

228000 237000 246000 255000 264000

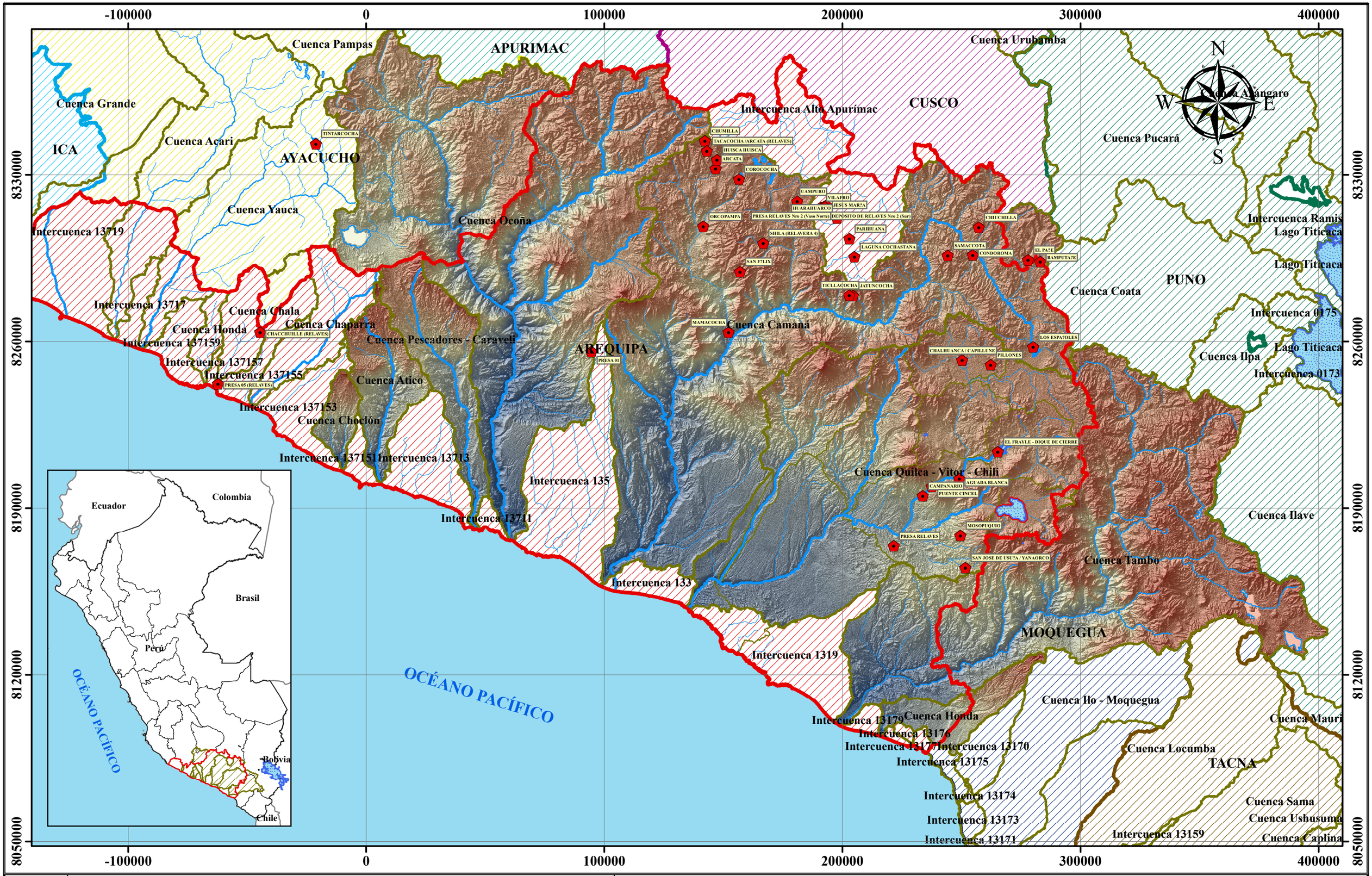
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

DETERMINACION DE LA GEOMORFOLOGIA EN LA CUENCA SOCABAYA

REGION: AREQUIPA		PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:125,000	MAPA: M20
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	

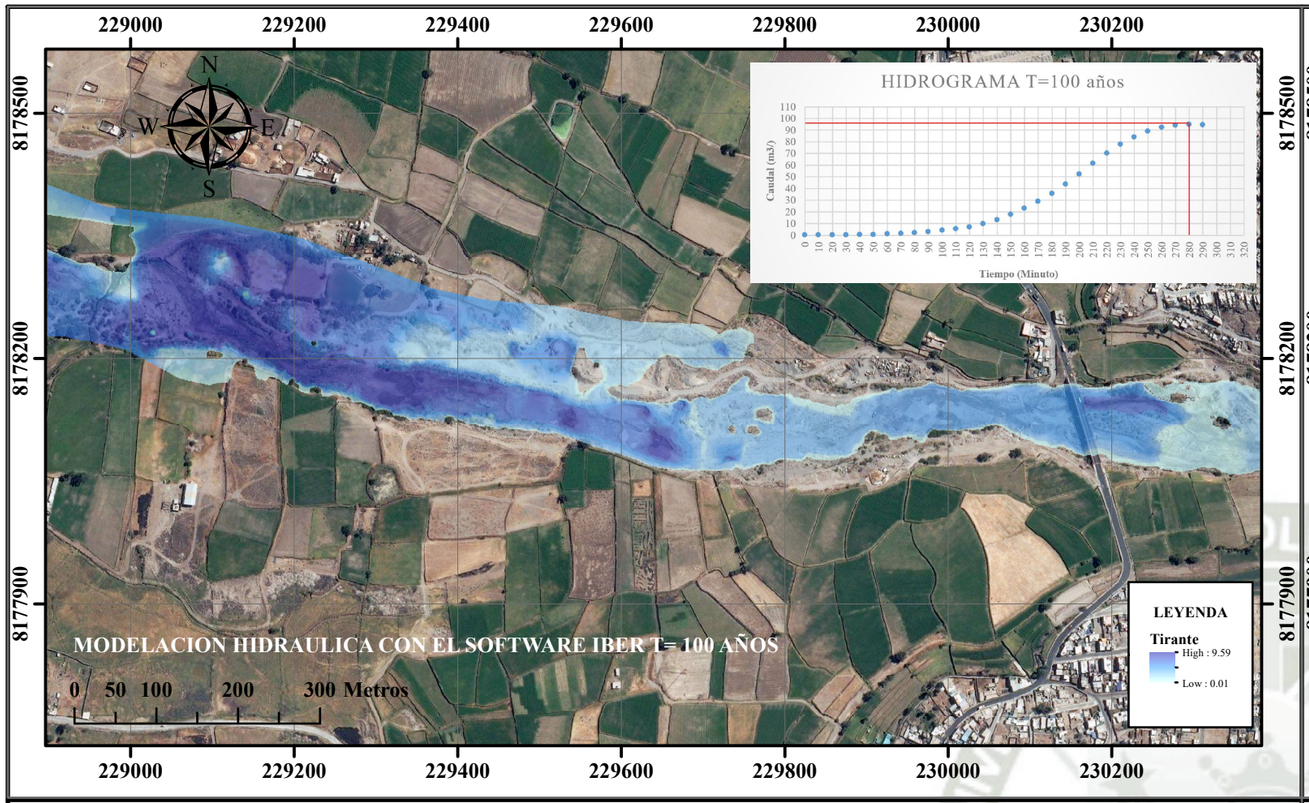


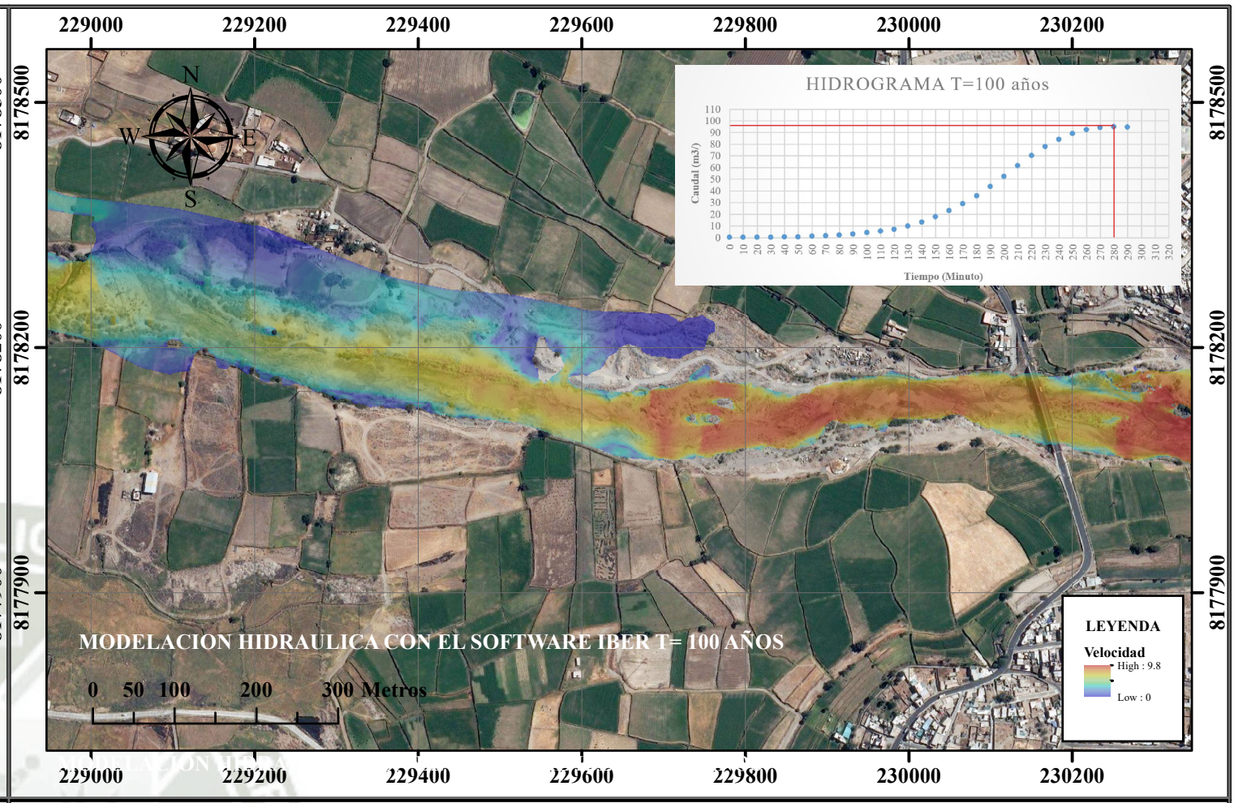
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

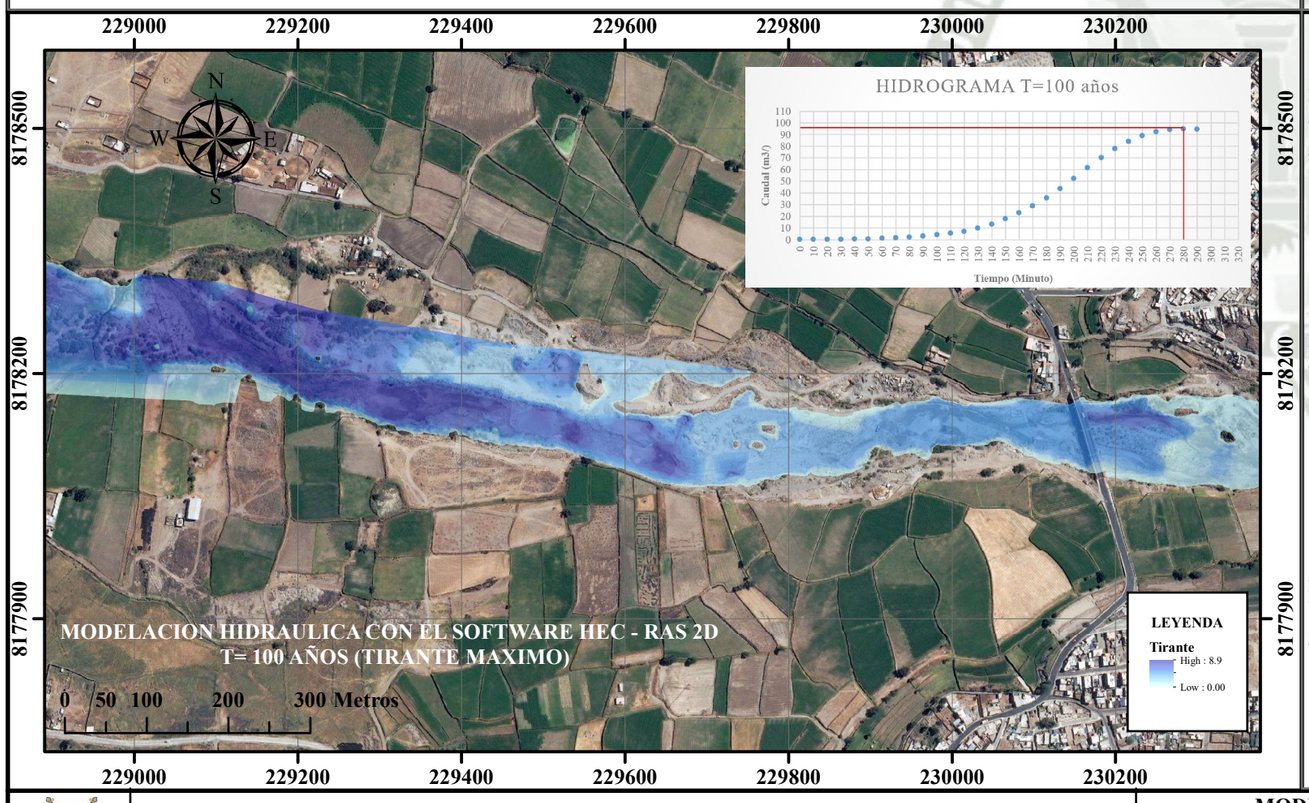
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

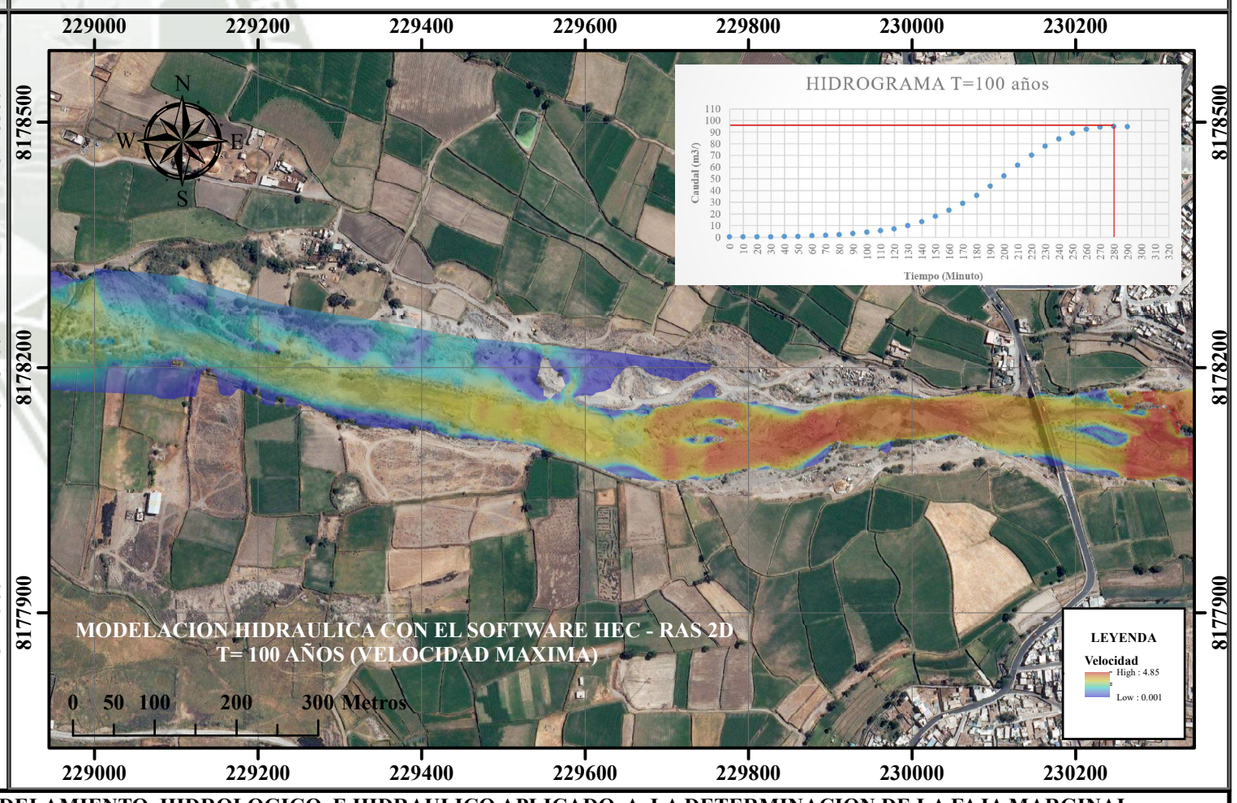
PLANO: DETERMINACION DE LA ELEVACION (MDT - MODELO DIGITAL DEL TERRENO) AAA I CAPLINA OCOÑA

REGION:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:400,000	M21
DISTRITO: SOCABAYA / PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	







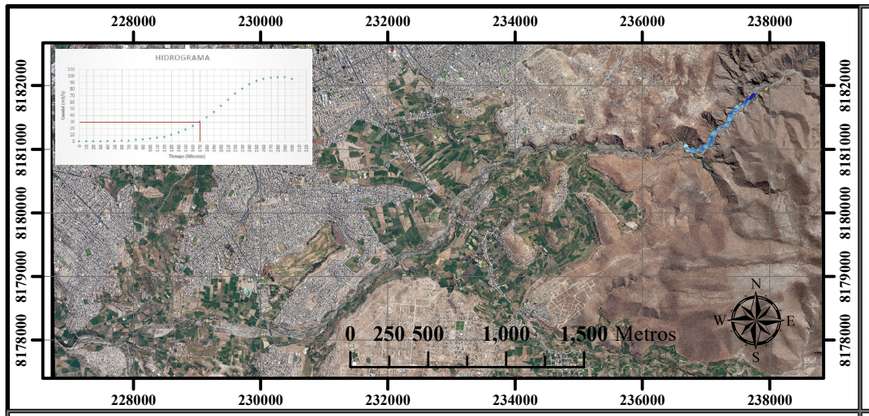


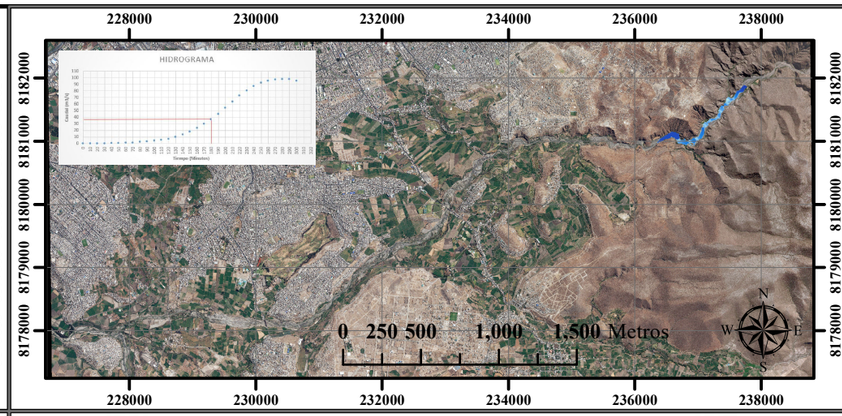
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

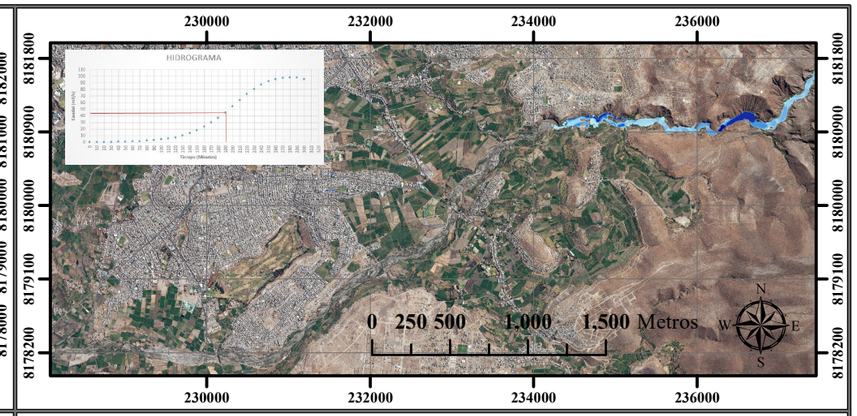
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

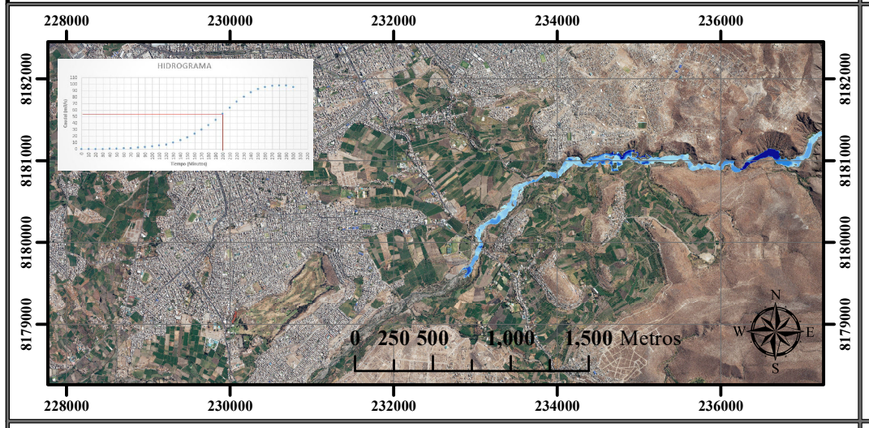
PLANO: **MODELAMIENTO HIDRAULICO CON LOS SOFTWARE HEC RAS 2D E IBER**

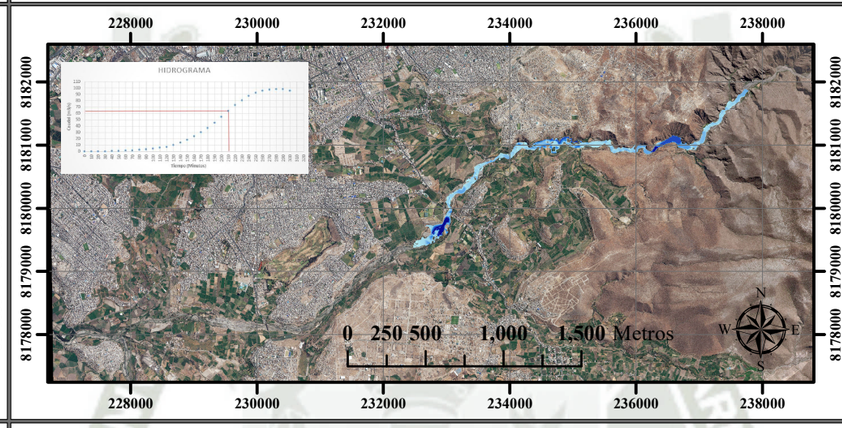
REGION: AREQUIPA		PRESENTADO POR: BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	ESCALA: 1:7,500	MAPA: **M22**
DISTRITO: SOCABAYA	PROVINCIA: AREQUIPA	DATUM: WGS 84/ZONA 19S	FECHA: JUNIO, 2017	

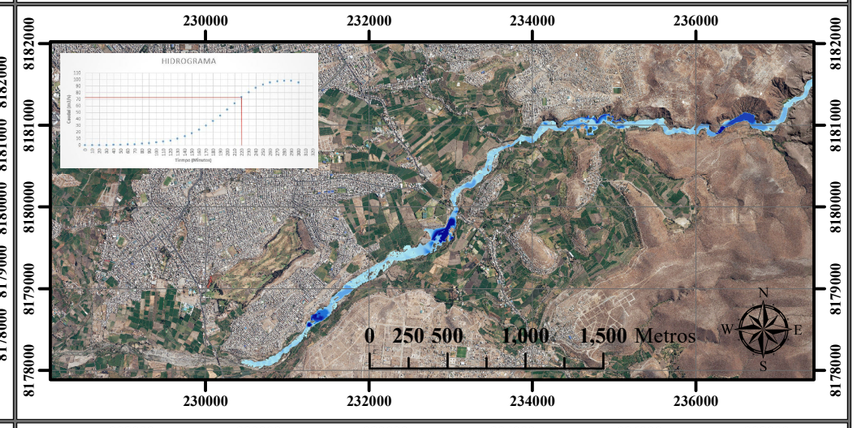


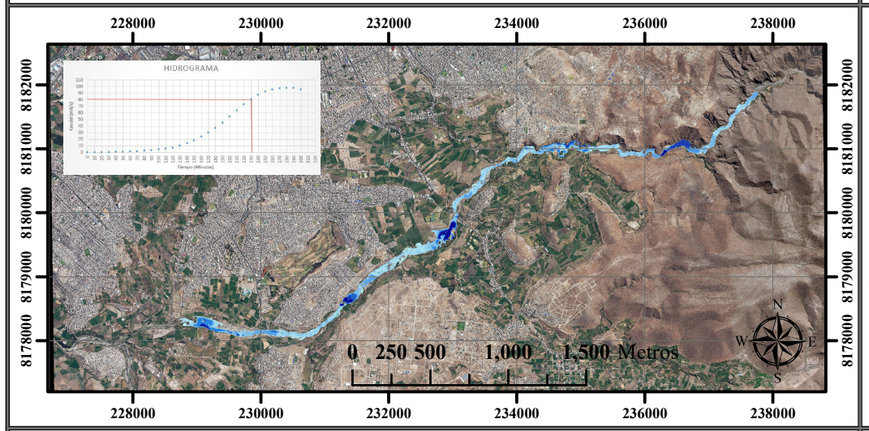


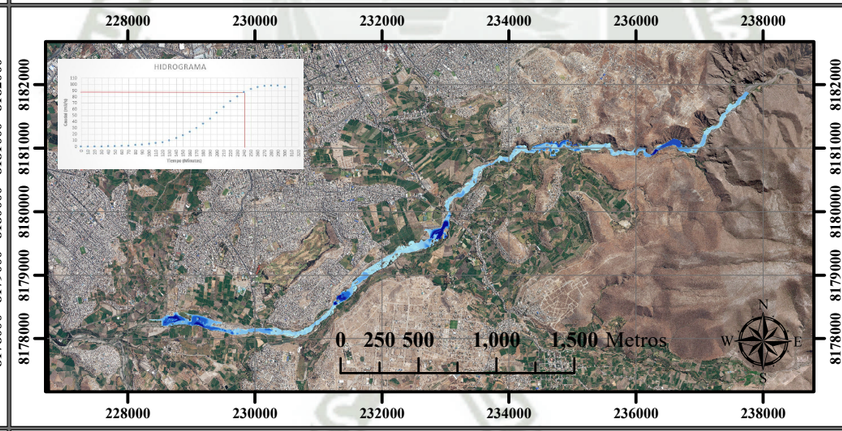


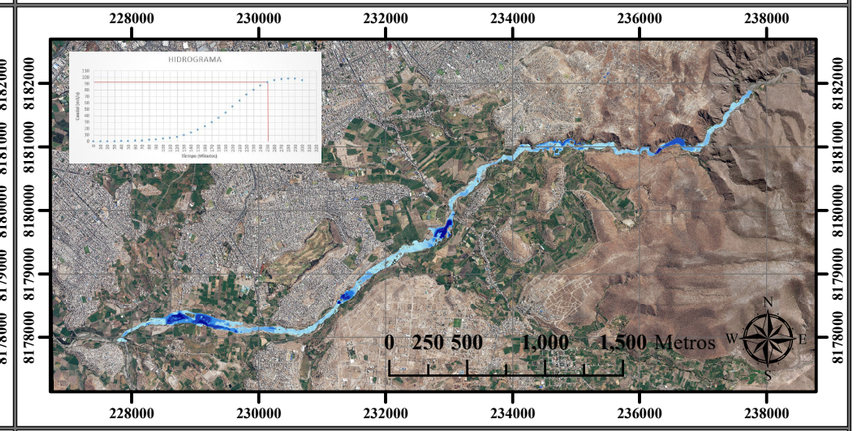


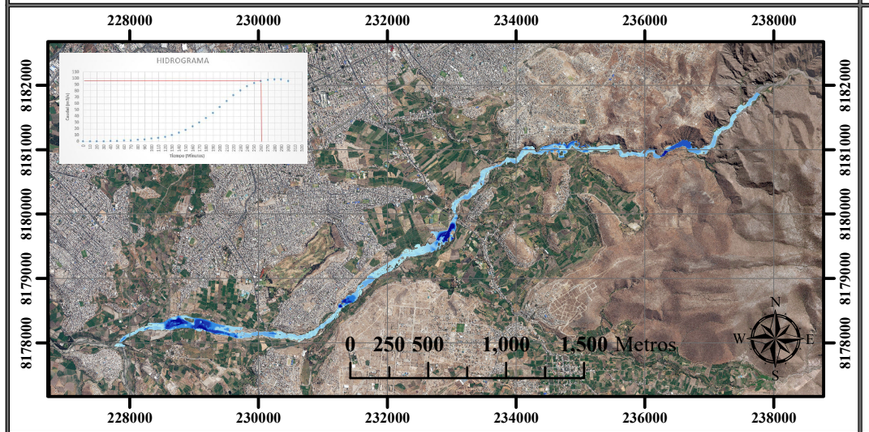


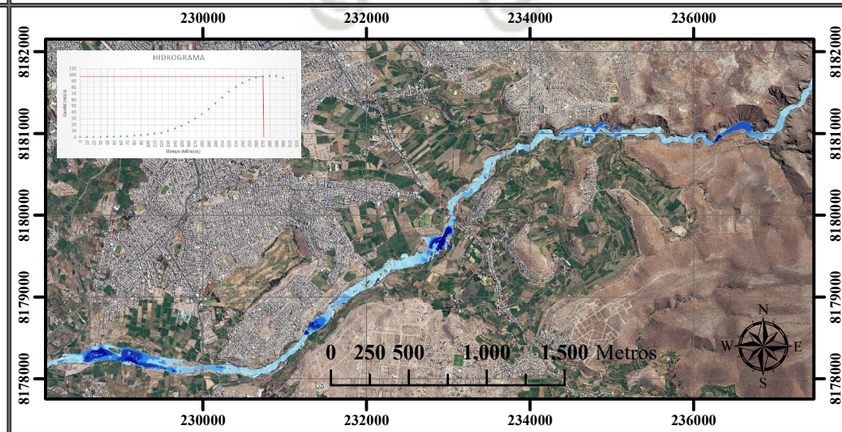


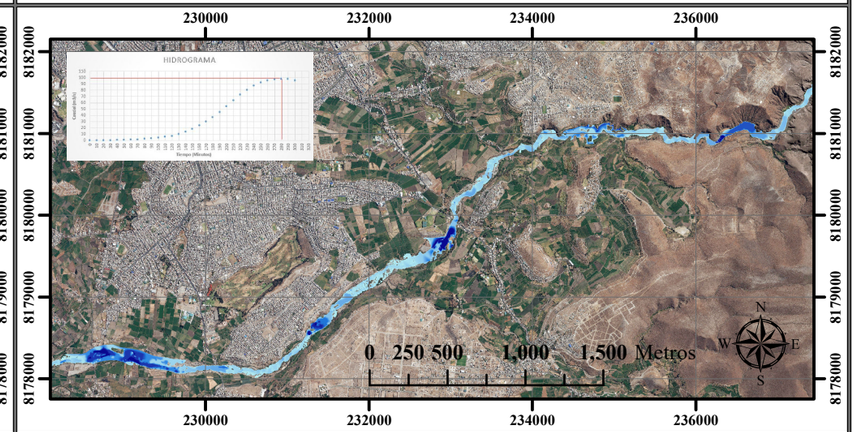












PLANO:

INUNDACION DEL RIO SOCABAYA - HIDROGRAMA - T = 100
(MODELAMIENTO HIDRAULICO - CAUDAL MAXIMO DE DISEÑO)

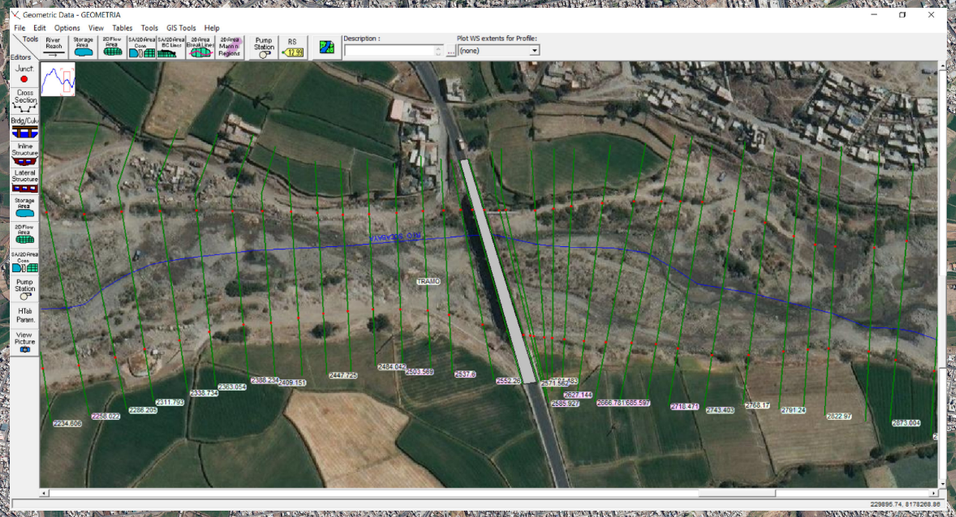
REGION:	PROVINCIA:	PRESENTADO POR:	ESCALA:
AREQUIPA	AREQUIPA	BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA	1:75,000
DISTRITO:		DATUM:	FECHA:
SOCABAYA		WGS 84/ZONA 19S	JUNIO, 2017

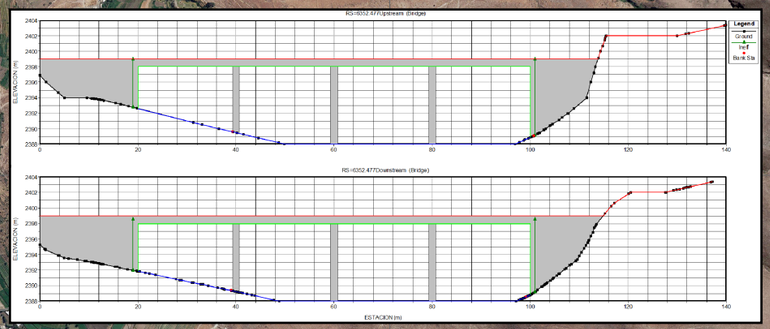
MAPA:

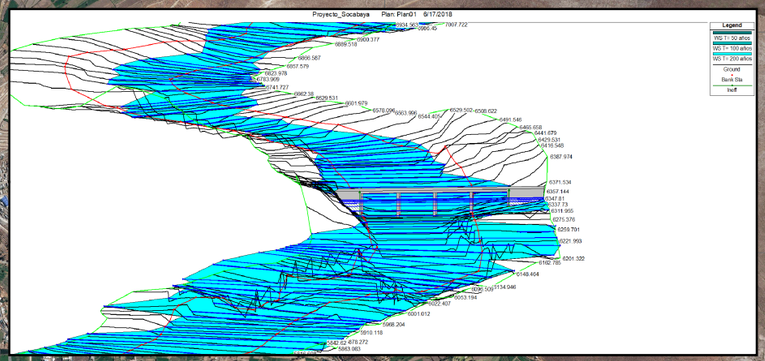
M23

228000 230000 232000 234000 236000

8181800 8180900 8180000 8179100 8178200

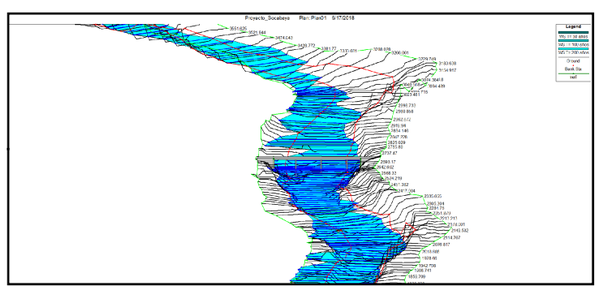




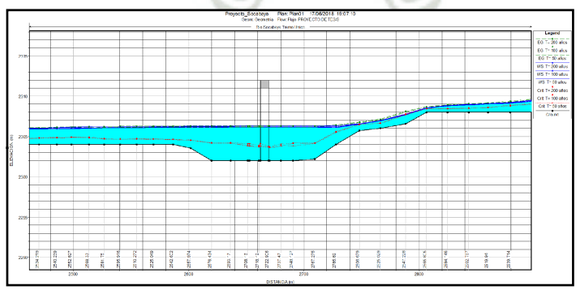


N W E S

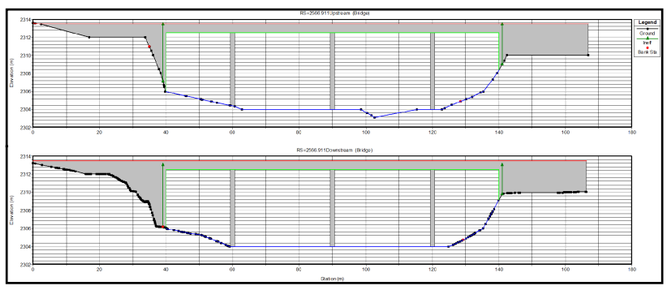
0 250 500 1,000 1,500 2,000 Metros



INUNDACION PUENTE SOCABAYA



PERFIL PUENTE SOCABAYA



SECCION PUENTE SOCABAYA

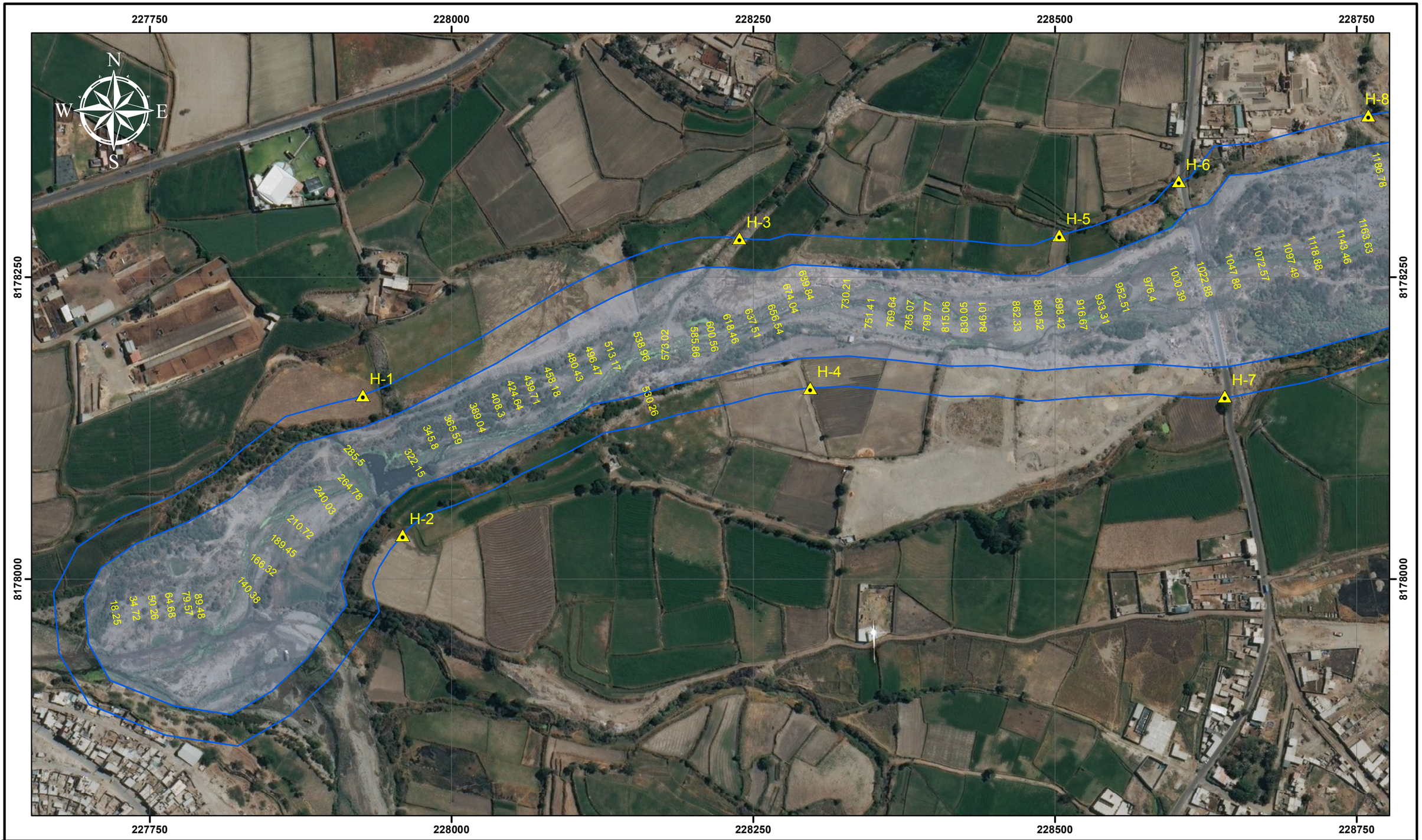
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DETERMINACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA - SOCABAYA (KM 12 + 500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO:

MODELAMIENTO HIDRAULICO DEL PUENTE SOCABAYA

REGION:	PRESENTADO POR:	ESCALA:	MAPA:
AREQUIPA	**BACH. JOEL CCANCCAPA PUMA**	**1:25,000**	**M24**
DISTRITO: **SOCABAYA** / PROVINCIA: **AREQUIPA**	DATUM: **WGS 84/ZONA 19S**	FECHA: **JUNIO, 2017**	



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

HITOS

LINEA FAJA MARGINAL

AREA INUNDACIÓN

X+XXX PROGRESIVA

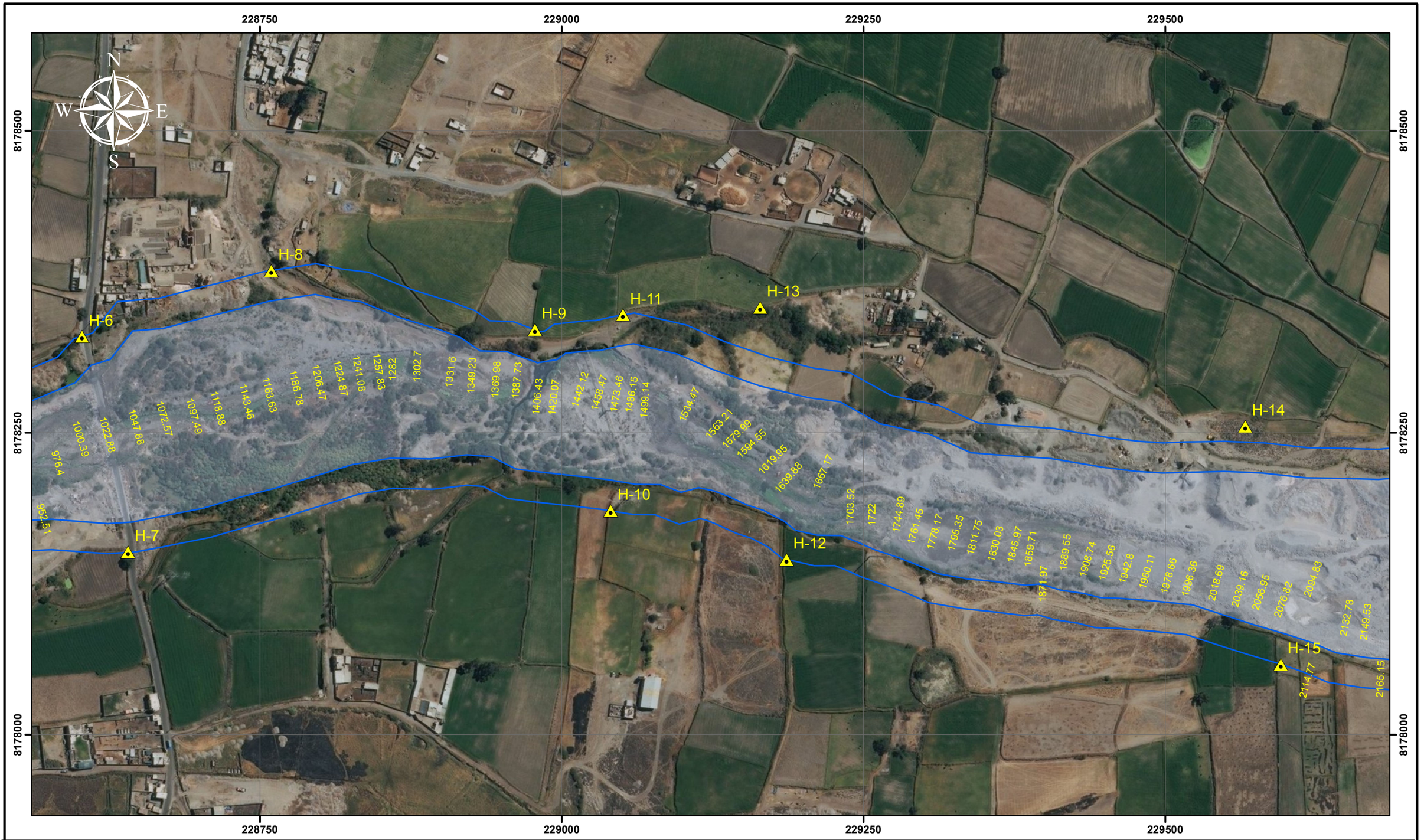
Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA: S01



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

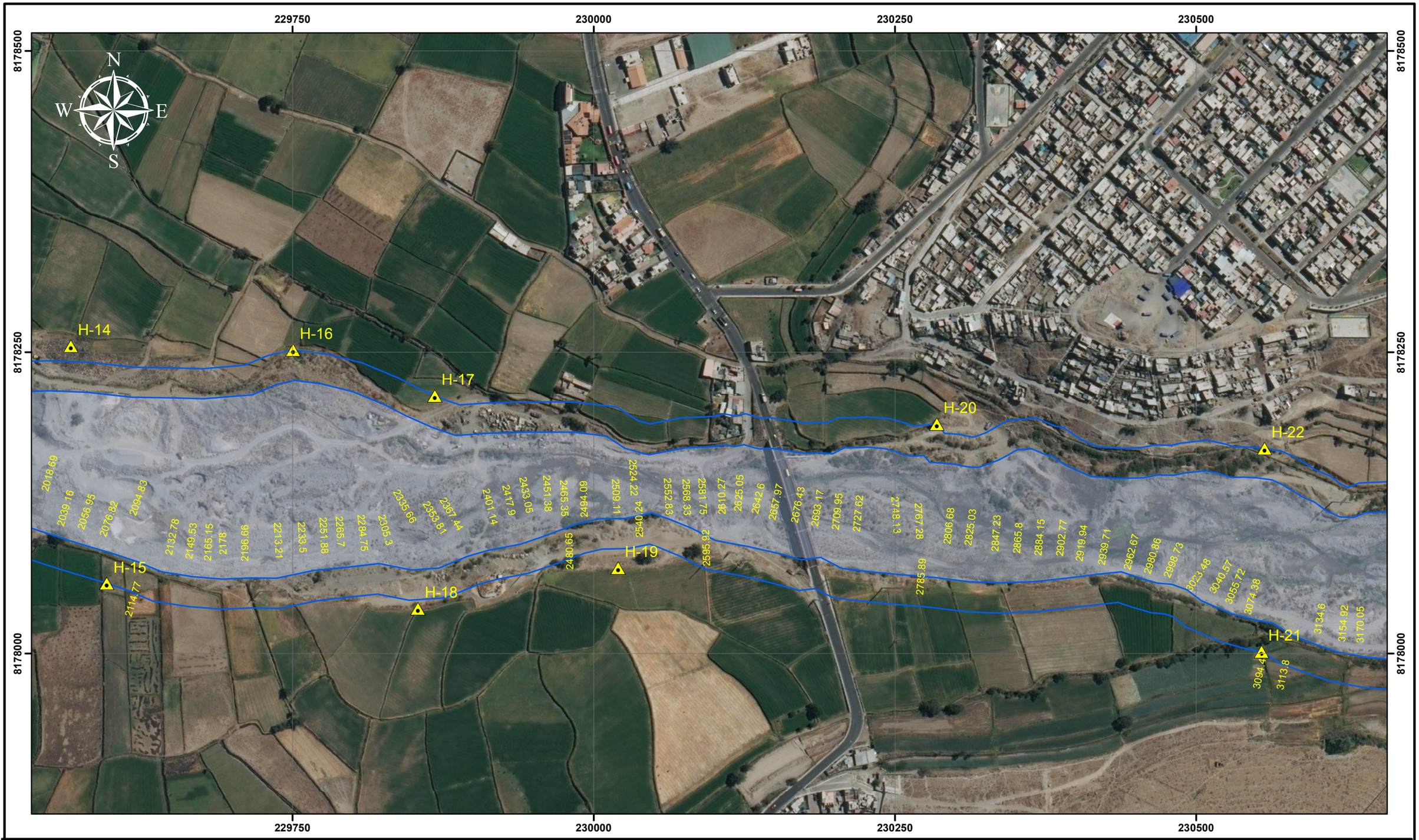
Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S02



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

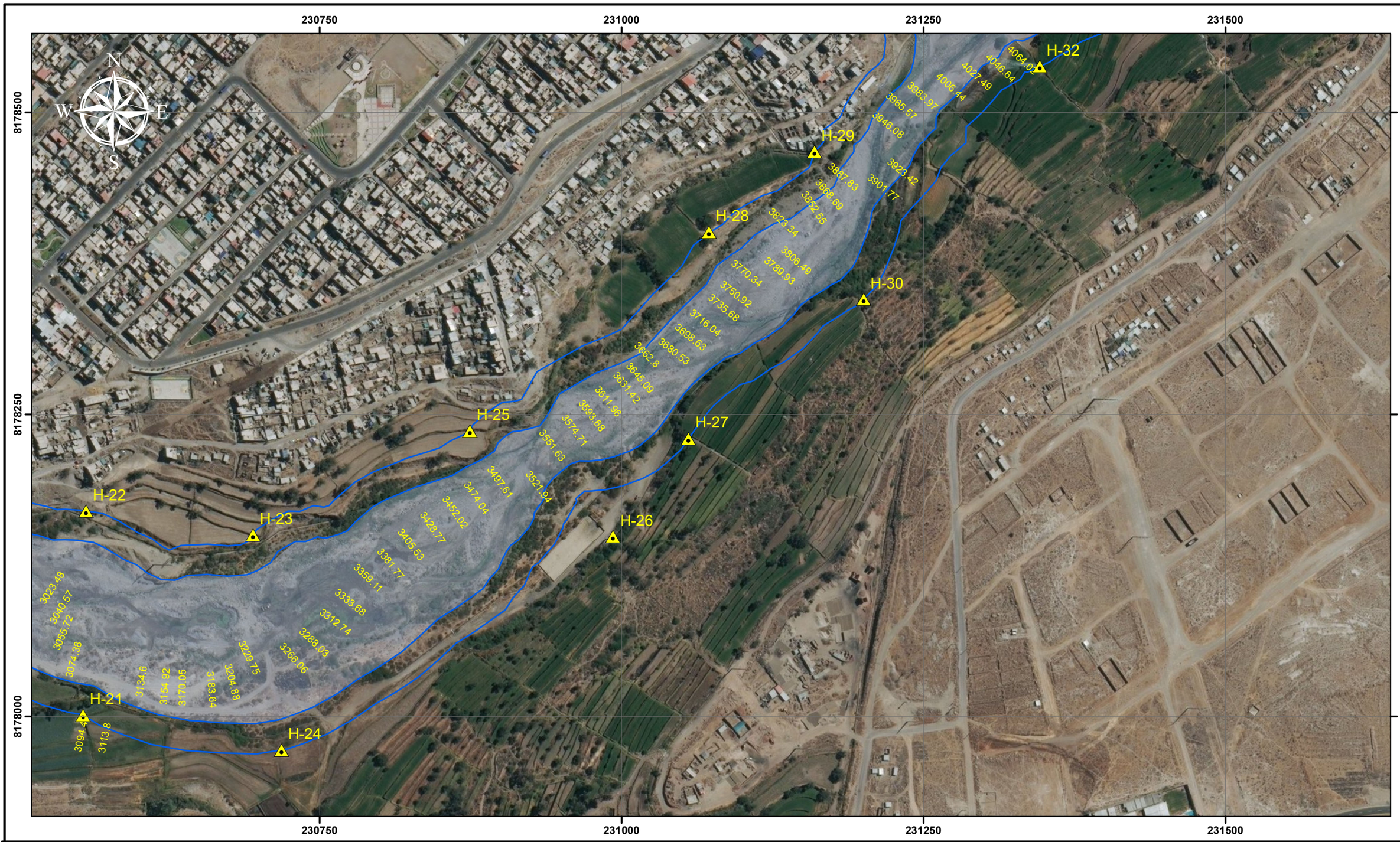
Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S03



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

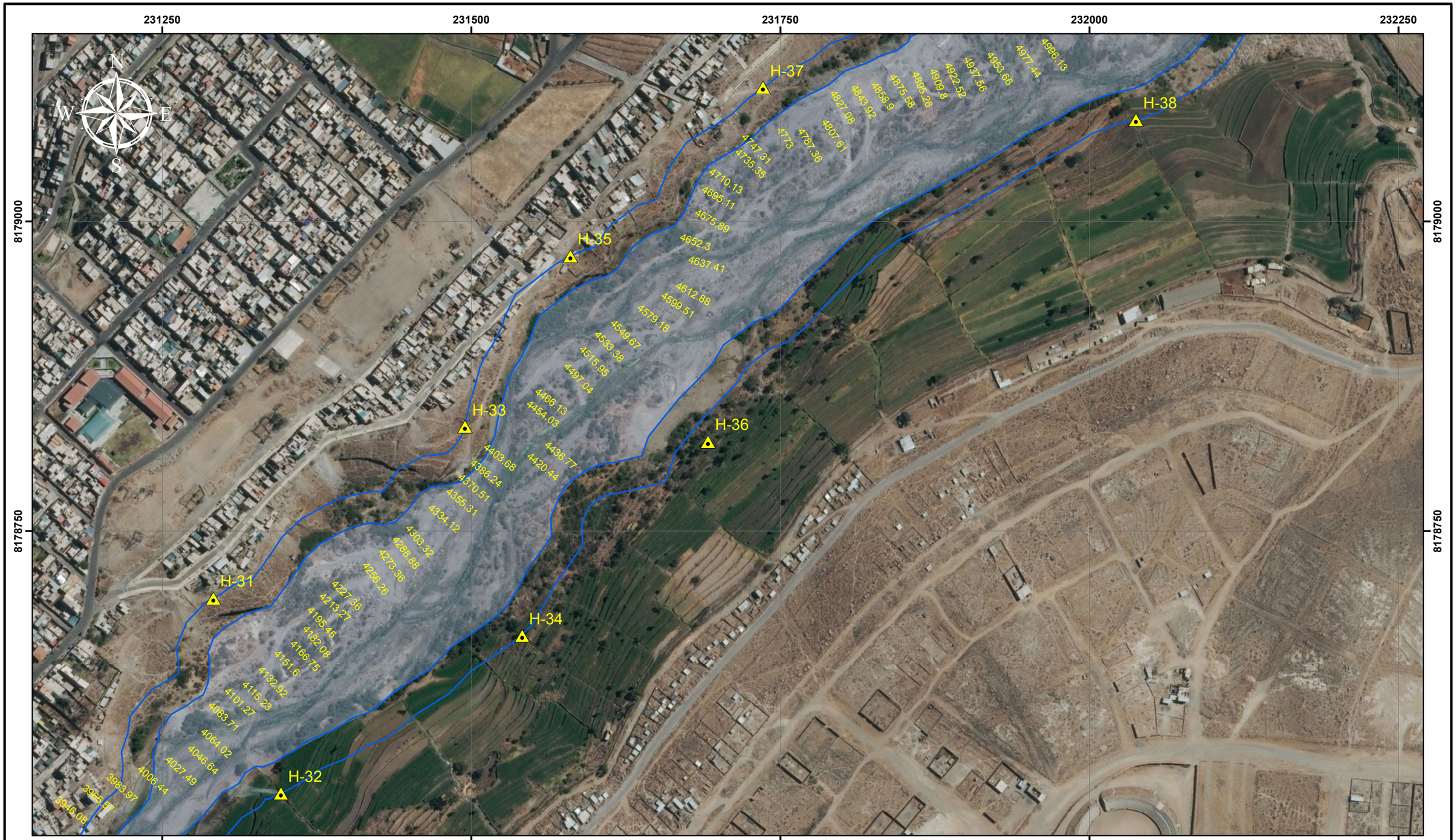
Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S04



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

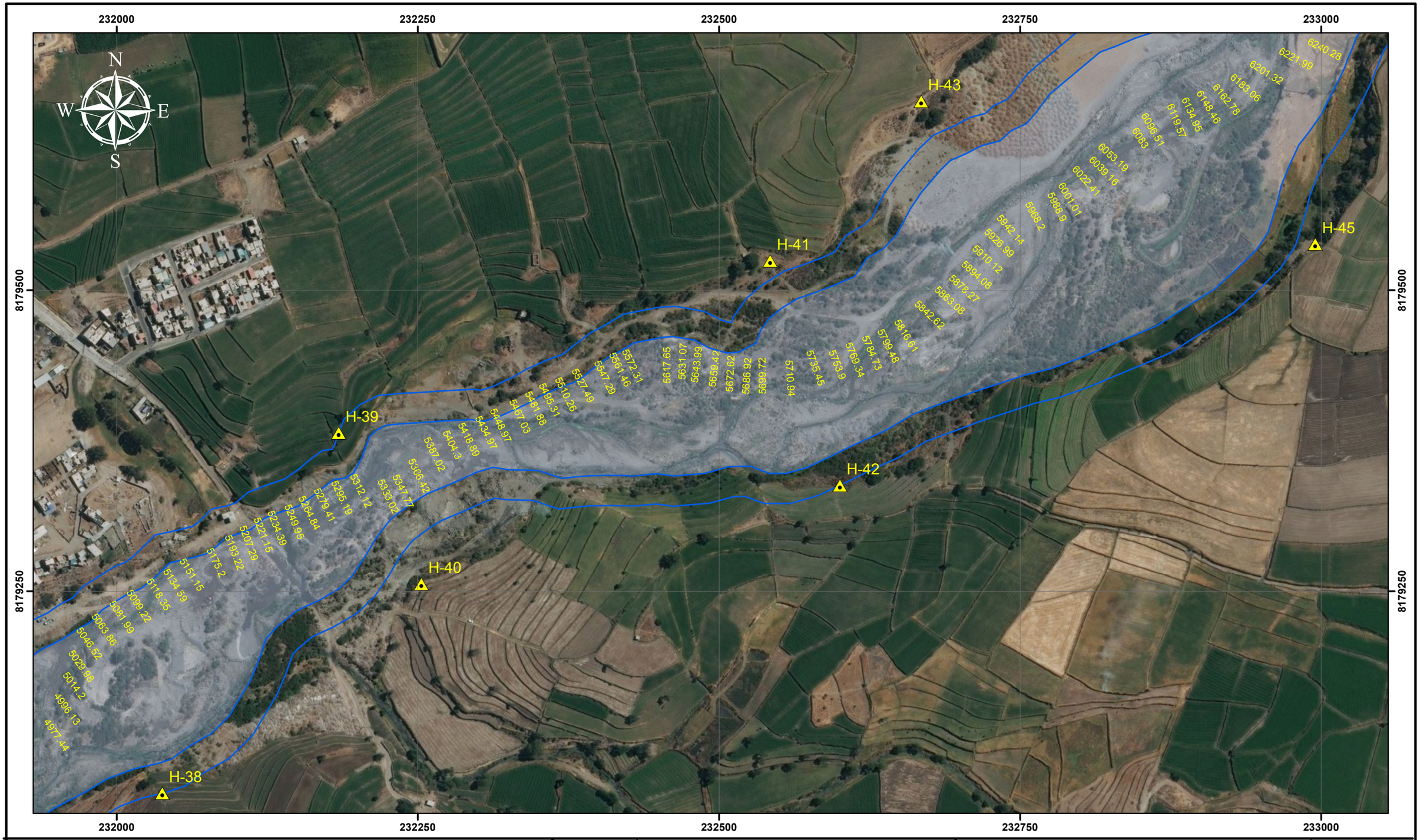
Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S05



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S06

232500 232750 233000 233250 233500

8180000

8179750

N W E S

6741.73 6718.33 6678.77 6671.09 6662.38 6650.77 6629.53 6618.29 6601.98 6591.14 6578.1 6564 6544.4 6529.5 6519.81 6508.62 6491.55 6476.86 6465.66 6455.02 6441.68 6429.53 6416.55 6404.29 6387.97 6371.53 6357.14 6343.35 6327.53 6311.95 6295.35 6275.38 6259.7 6240.28 6221.99 6201.32 6183.06 6162.78 6148.46 6134.95 6119.57 6096.51 6083 6053.19 6039.16 6022.41 6001.01 5988.9 5968.2 5942.14 5926.99 5910.12 5894.08 5878.27

H-50 H-49 H-48 H-47 H-46 H-44 H-43 H-45 H-41

232500 232750 233000 233250 233500

LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

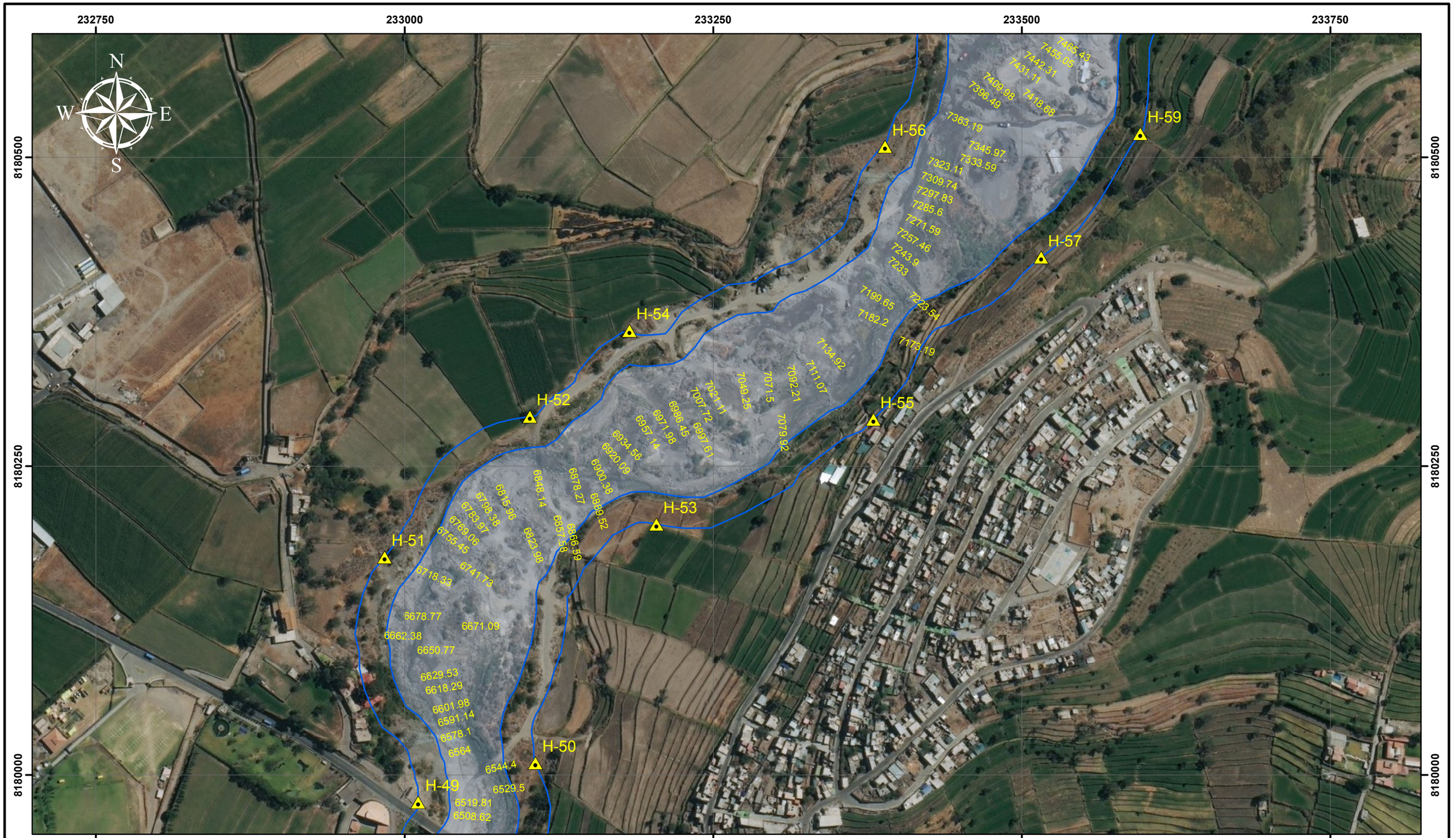
Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S07



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

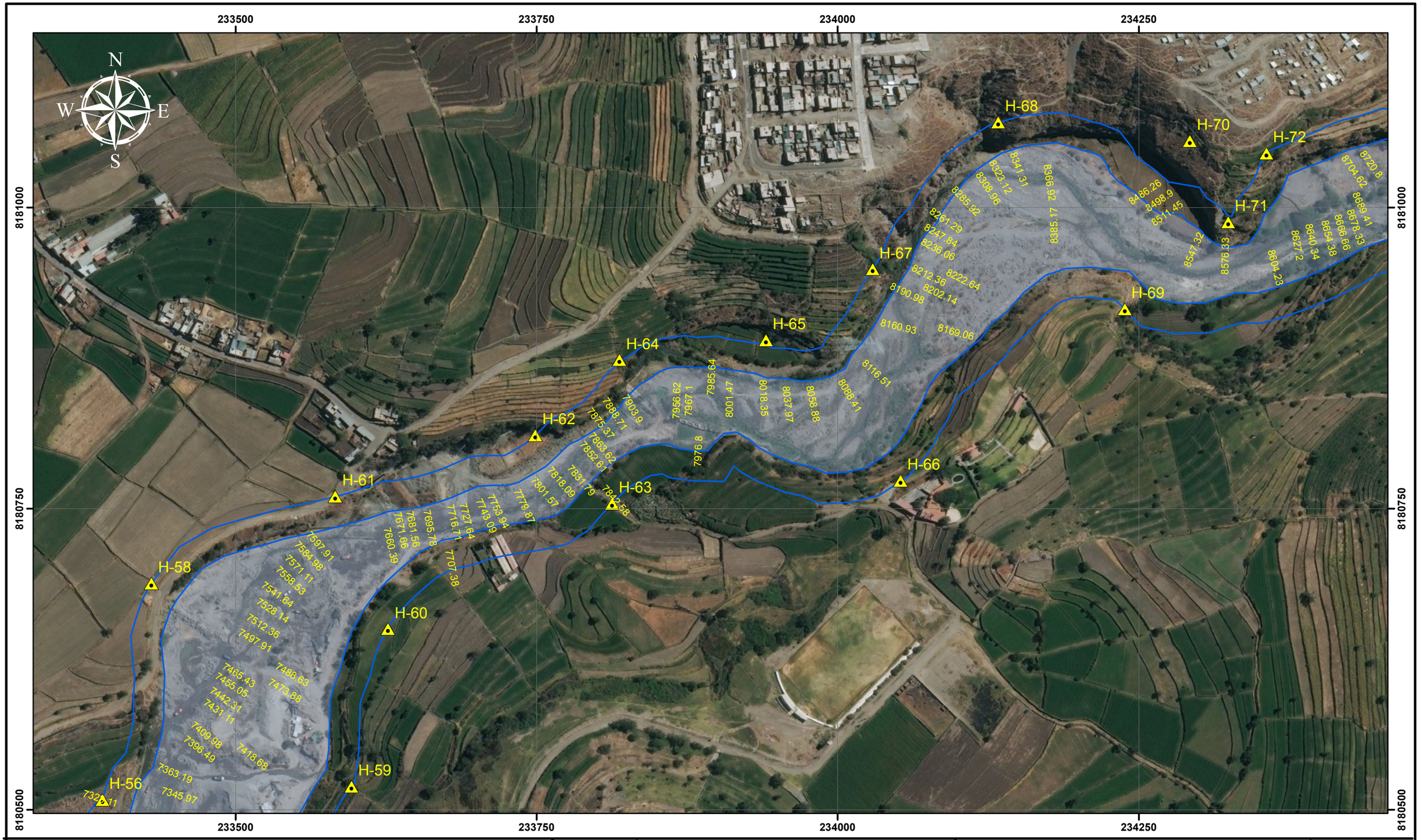
Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S08



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S09

234500 234750 235000 235250

8181250 8181000 8180750

N S E W

H-72 H-73 H-74 H-75 H-76 H-77 H-78 H-79 H-80 H-81 H-82 H-83

8604.23 8627.2 8640.34 8654.38 8666.66 8678.33 8689.41 8704.62 8720.8 8734.29 8746.28 8758.86 8772.68 8787.91 8844.96 8858.78 8873.41 8885.84 8900.46 8920.75 8935.68 9004.3 9017.47 9030.34 9043.49 9057.27 9110.09 9131.24 9143.99 9166.12 9201.21 9209.82 9249.03 9256.3 9291.13 9301.4 9315 9327.87 9350.24 9361.33 9373.14 9385.75 9400.21 9414.15 9429.1 9441.42 9459.26 9471.43 9488.52 9543.95 9551.46 9573.26 9586.62 9603.63 9618.35 9629.17 9642.6 9655.76 9666.06 9680.16 9693.9 9705.73 9716.48 9738.96 9750.55 9767.32 9783.23 9798.42 9813.87 9831.96

LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

HITOS

LINEA FAJA MARGINAL

AREA INUNDACIÓN

X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S10

235500 235750 236000 236250

8181250 8181000 8180750

N W E S

H-82 H-83 H-84 H-85 H-86 H-87 H-88 H-89 H-90 H-91 H-92 H-93

9750.55 9767.32 9783.23 9798.42 9813.87 9831.96 9850.92 9870.505 9967.98 9928.36 10022.74 10033.24 10054.4 10075.01 10105.5 10118.05 10174.22 10192.56 10201.98 10215.03 10230.55 10248.74 10269.25 10300.33 10329 10348.67 10366.08 10387.57 10406.17 10423.62 10454.48 10491.83 10505.18 10518.64 10531.17 10542.96 10589.12 10653.13 10671.9 10705.81 10724.4 10752.02 10763.43 10793.55 10816.51 10847.02 10884.91 10876.88 10891.16 10910.11 10922.7 10933.94 10987.05 11001.07 11015.49 11032.65 11048.6 11062.27 11076.18 11090.57 11105.88 11119.95 11131.85 11143.5 11153.61

LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

MAPA:

S11



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

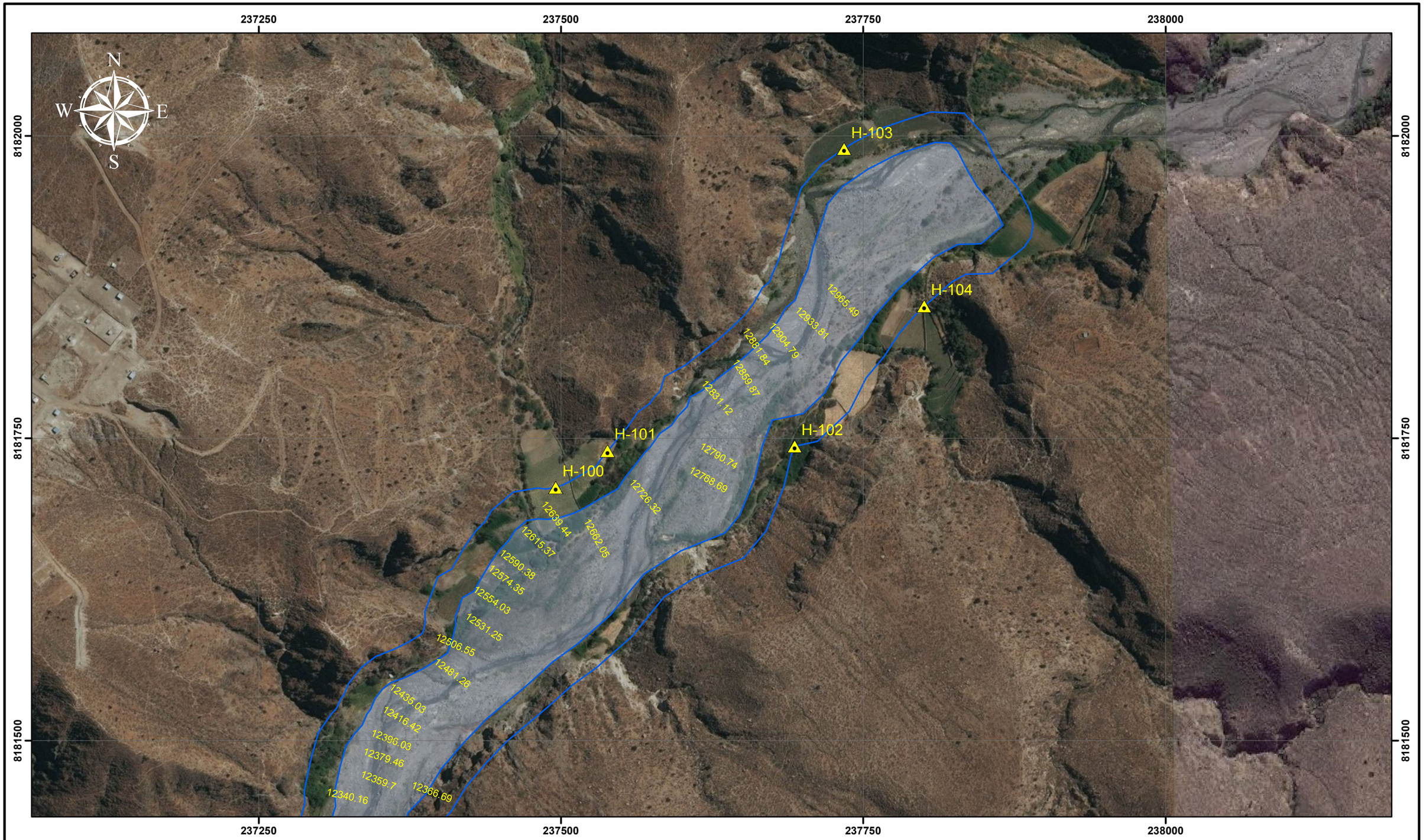
Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	**DISTRITO:**	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	**DATUM:**	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	**ESCALA:**	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	**FECHA:**	JUNIO, 2017

MAPA:

S12



LEYENDA

0 0.025 0.05 0.1 0.15 0.2 Km

- HITOS
- LINEA FAJA MARGINAL
- AREA INUNDACIÓN
- X+XXX PROGRESIVA

Proyecto: Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Aplicado a la Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00) y Protección contra Inundaciones en Máximas Avenidas en el Departamento de Arequipa, Provincia de Arequipa, Distrito de Socabaya

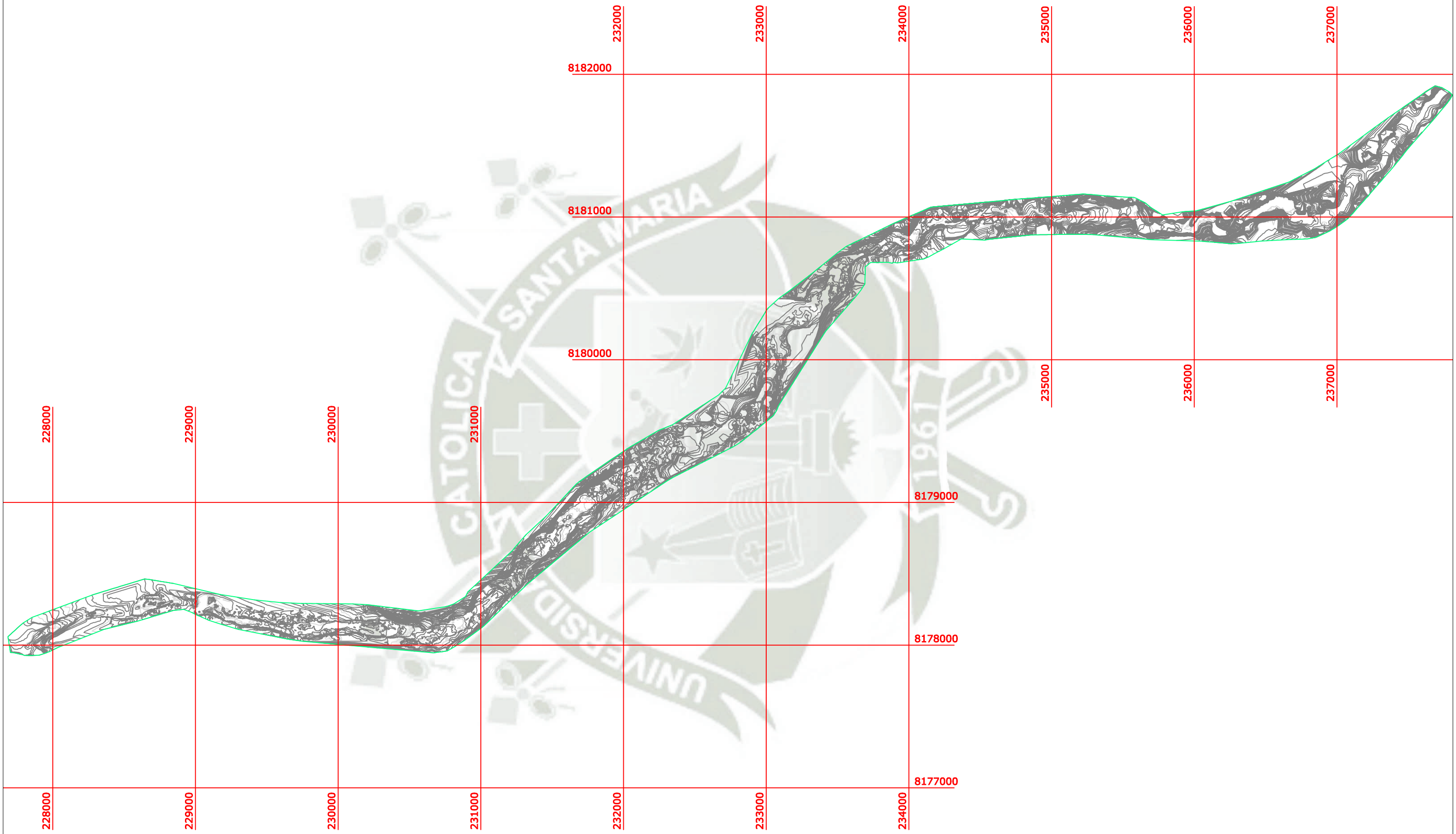
Plano: Delimitación de la Faja Marginal Yumina – Socabaya (Km 12+500.00)

CUENCA SOCABAYA
AREA DE INUNDACIÓN

REGIÓN:	AREQUIPA	DISTRITO:	VARIOS
PROVINCIA:	AREQUIPA	DATUM:	WGS 84/ZONA 19S
DISTRITO:	SOCABAYA	ESCALA:	1:3,000
BACHILLER:	JOEL CCANCCAPA PUMA	FECHA:	JUNIO, 2017

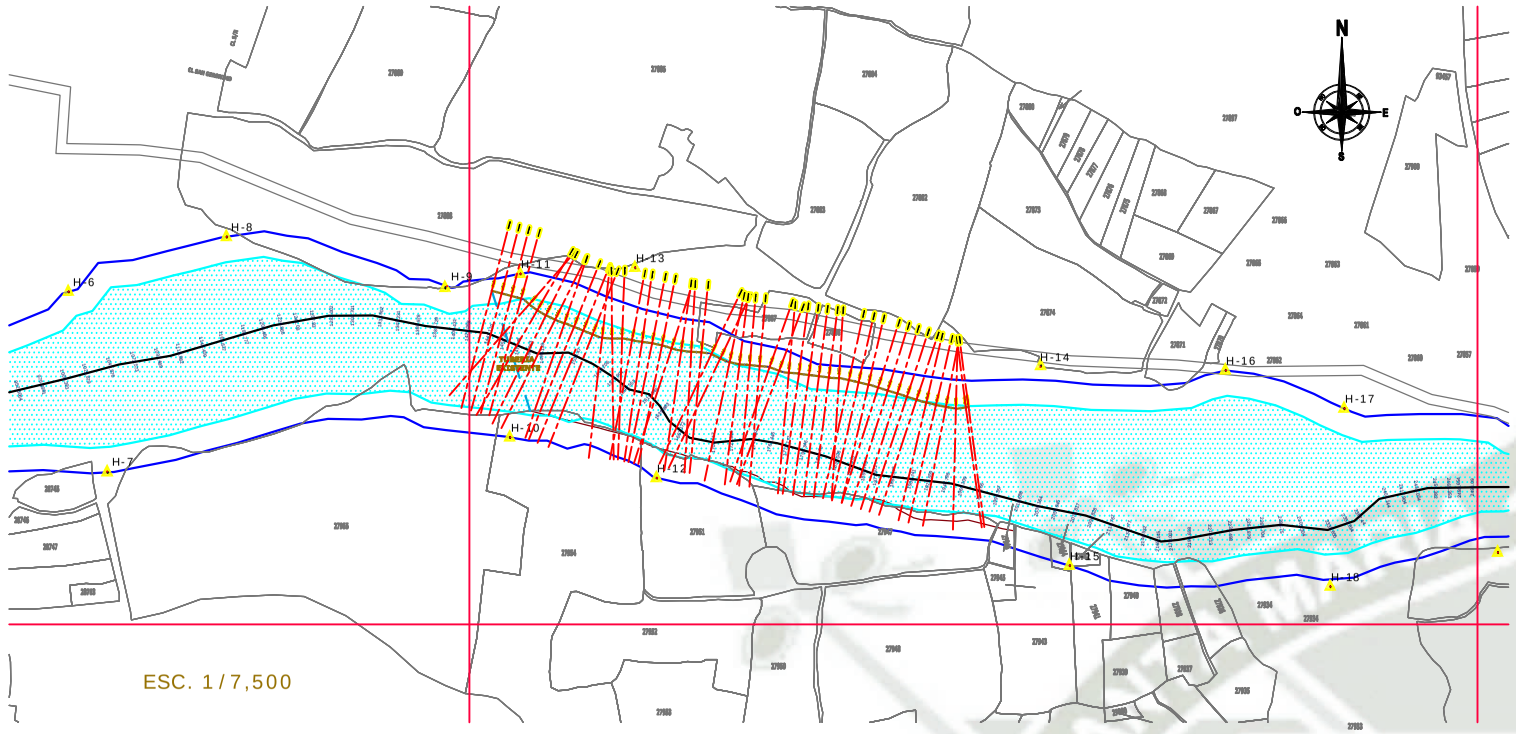
MAPA:

S13

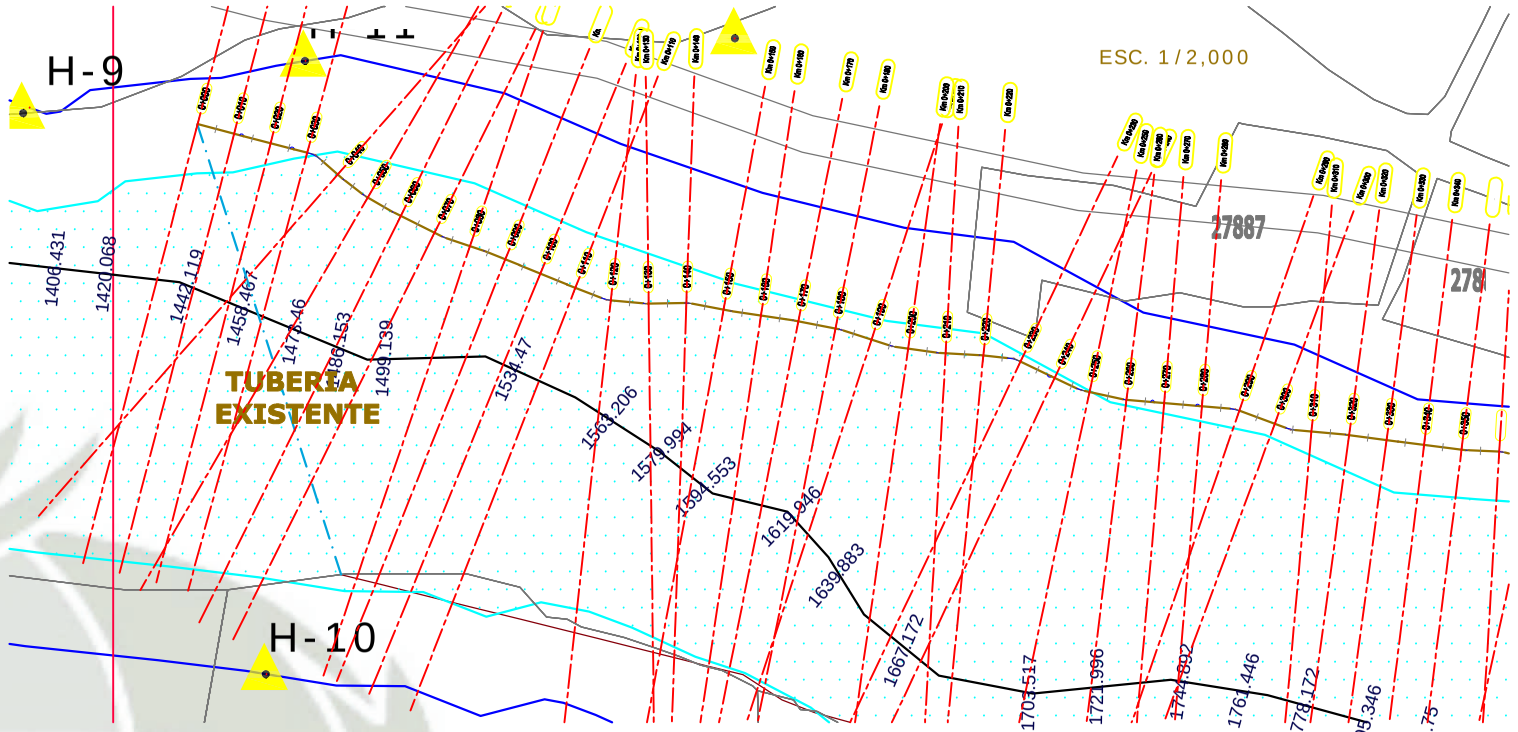


UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 1+500/00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : TOPOGRAFIA DEL RIO SOCABAYA
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : 1/25,000
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº : PT-01

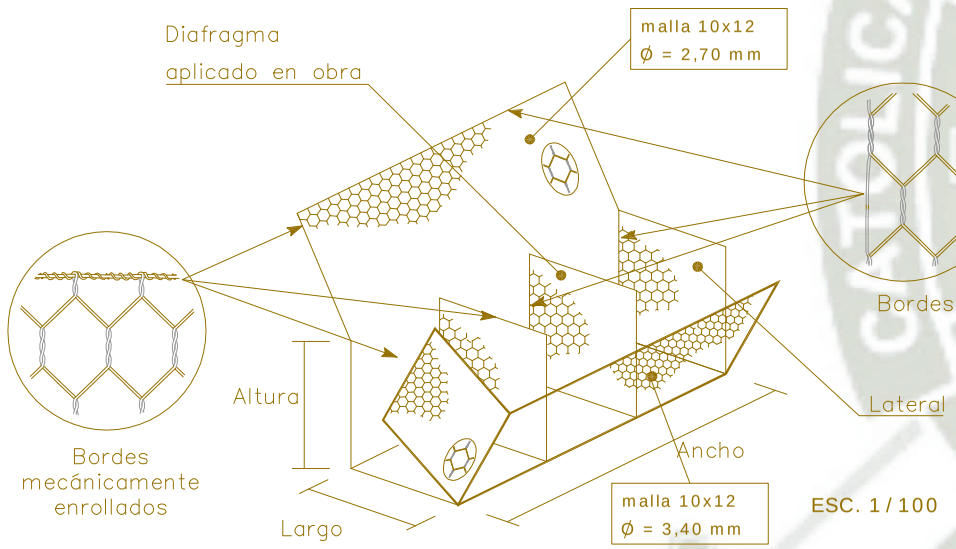


VISTA PLANTA DE PROTECCION CON GAVIONES



VISTA PLANTA DE PROTECCION CON GAVIONES

DETALLE DE GAVIÓN CAJA FUERTE



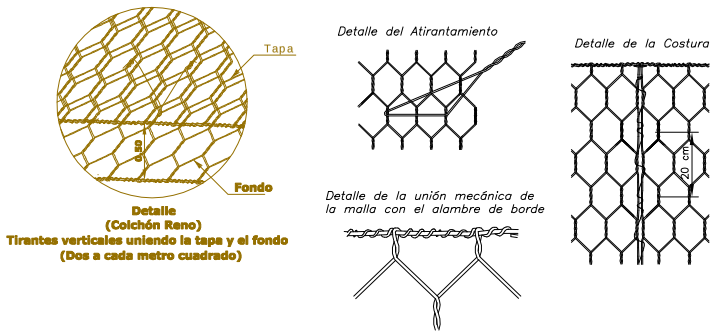
ESC. 1 / 100

E.T. DE GAVIONES TIPO A y B	
ABERTURA DE MALLA	10x12cm
REVESTIMIENTO DE MALLA	Zn-5%Al-MM (ASTM A856)
REVESTIMIENTO ADICIONAL	PVC
DIAMETRO DE ALAMBRE DE MALLA	3.40 mm
DIAMETRO DE ALAMBRE DE BORDE	4.00 mm
DIAM. ALAMBRE DE AMARRE Y ATIRANTAMIENTO	3.20 mm
DIMENSIONES	
TIPO A	5.0 x 1.0 x 1.0 m
TIPO B	5.0 x 1.5 x 0.5 m

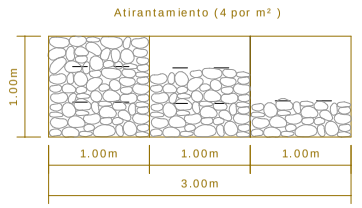
E.T. DE GAVIONES CAJAR FUERTE	
ABERTURA DE MALLA	10x12cm
REVESTIMIENTO DE MALLA	Zn-5 % Al-MM (ASTM A856)
DIAMETRO DE ALAMBRE DE MALLA PARED POSTERIOR	2.70 mm (Galfan)
DIAMETRO DE ALAMBRE DE MALLA PARED FRONTAL	3.40 mm (Galfan)
DIAMETRO DE ALAMBRE DE BORDE I	3.40 mm (Galfan)
DIAMETRO DE ALAMBRE DE BORDE-PARED FRONTAL	4.40 mm (Galfan +PVC)
DIAM. ALAMBRE DE AMARRE Y ATIRANTAMIENTO	2.20 mm
DIMENSIONES	
Gavión tipoCF	2.0 x 1.0 x 1.0 m

E.T. DE COLCHONES RENO TIPO D	
ABERTURA DE MALLA	10x12cm
REVESTIMIENTO DE MALLA	Zn-5%Al-MM (ASTM A856)
REVESTIMIENTO ADICIONAL	PVC
DIAMETRO DE ALAMBRE DE MALLA	2.70 mm
DIAMETRO DE ALAMBRE DE BORDE	4.40 mm
DIAM. ALAMBRE DE AMARRE Y ATIRANTAMIENTO	3.20 mm
DIMENSIONES	
TIPO D	5.0 x 2.0 x 0.5 m

E.T. DE GAVIONES PARA CONTRAFUERTE	
ABERTURA DE MALLA	10x12cm
REVESTIMIENTO DE MALLA	Zn-5%Al-MM (ASTM A856)
REVESTIMIENTO ADICIONAL	PVC
DIAMETRO DE ALAMBRE DE MALLA	3.70 mm
DIAMETRO DE ALAMBRE DE BORDE	4.40 mm
DIAM. ALAMBRE DE AMARRE Y ATIRANTAMIENTO	3.20 mm
DIMENSIONES	
Gavión para contrafuerte I	1.5 x 1.0 x 1.0 m
Gavión para contrafuerte II	2.0 x 1.0 x 1.0 m

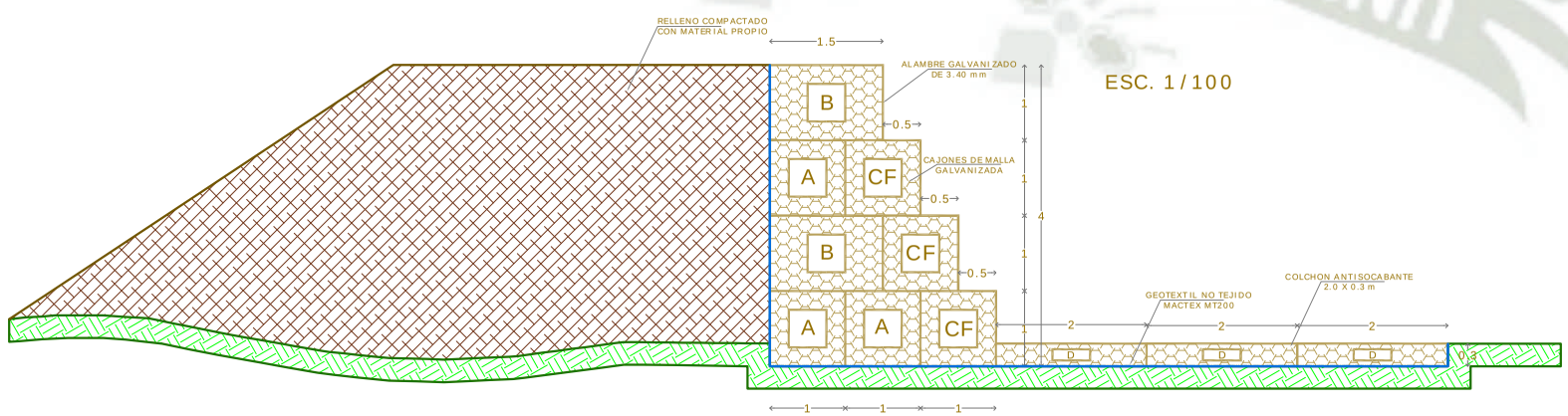


Detalle
(Colchón Reno)
Tirantes verticales uniendo la tapa y el fondo
(Dos a cada metro cuadrado)



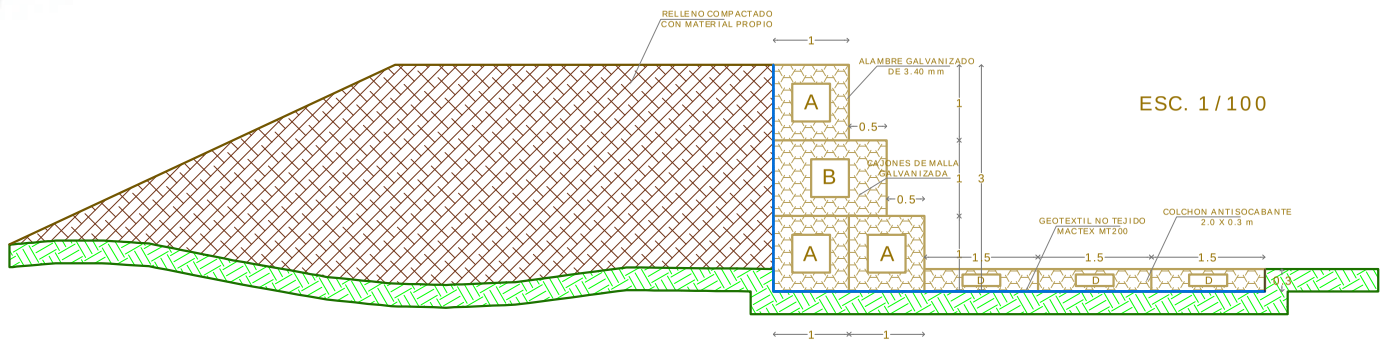
ESC. 1 / 75

DETALLE DE MURO DE GAVION H = 4.0 m



ESC. 1 / 100

DETALLE DE MURO DE GAVION H = 3.0 m

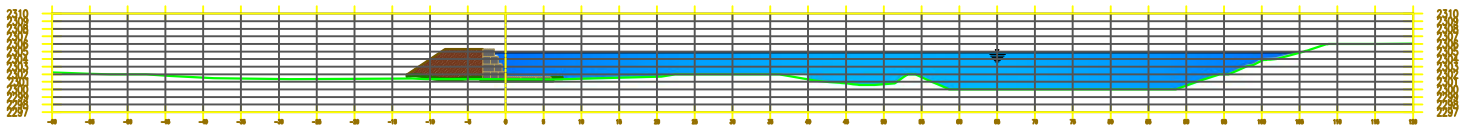


ESC. 1 / 100

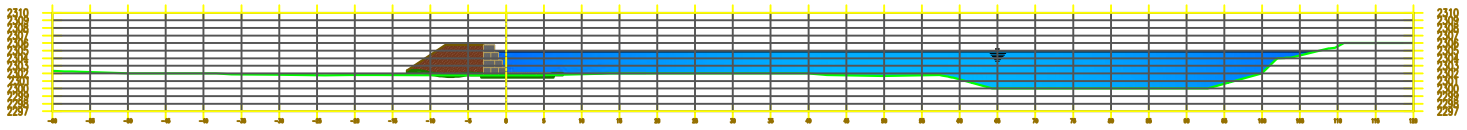
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : **MURO DE GAVIONES**
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**	PLANO Nº : **MGA-01**

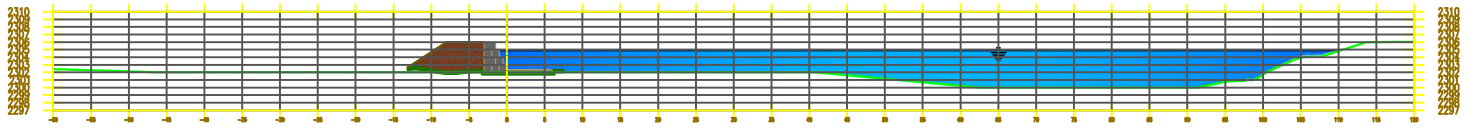
Km 0+260



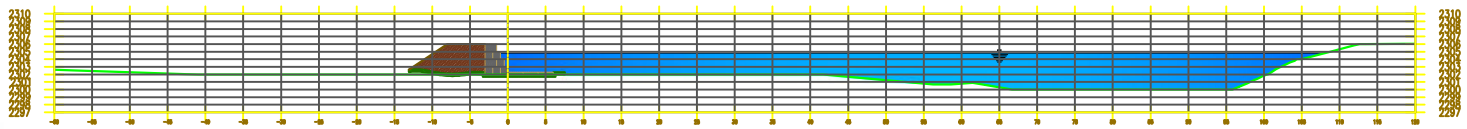
Km 0+270



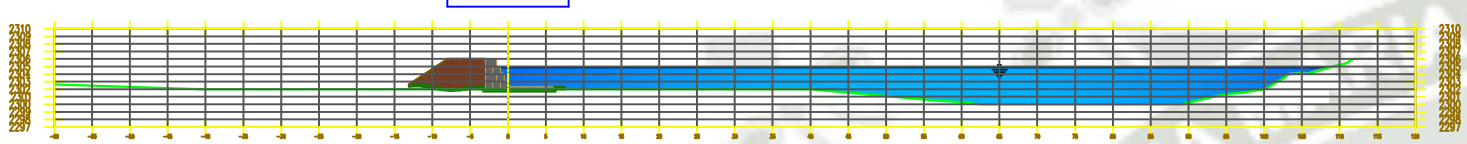
Km 0+280



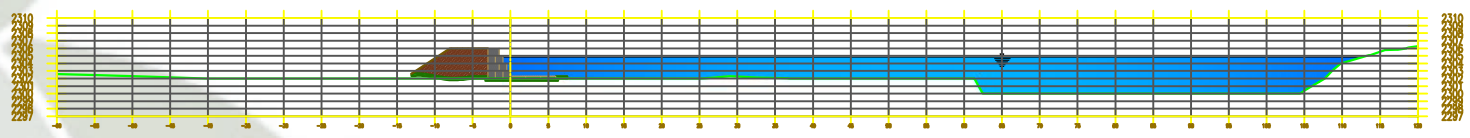
Km 0+290



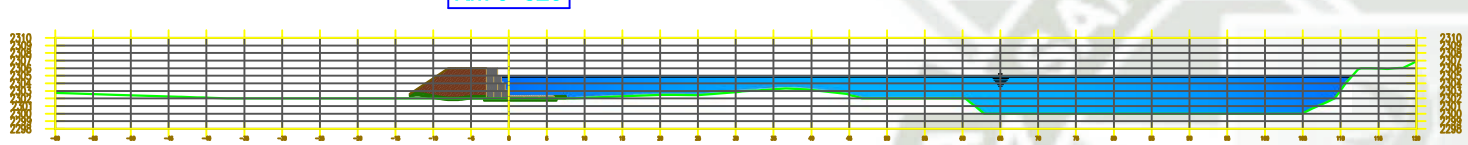
Km 0+300



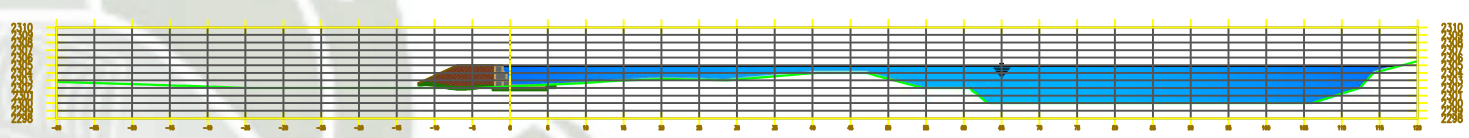
Km 0+310



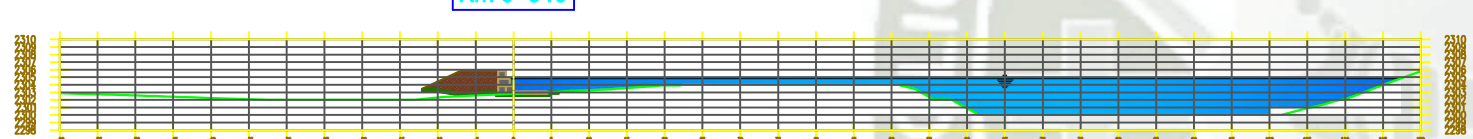
Km 0+320



Km 0+330



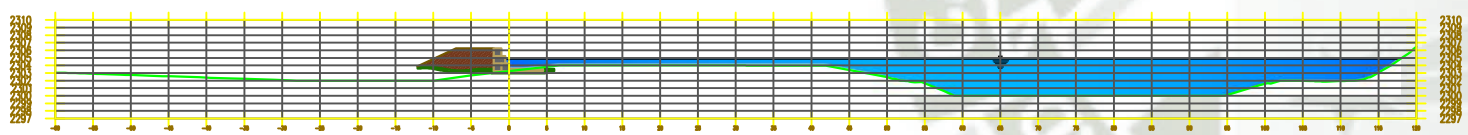
Km 0+340



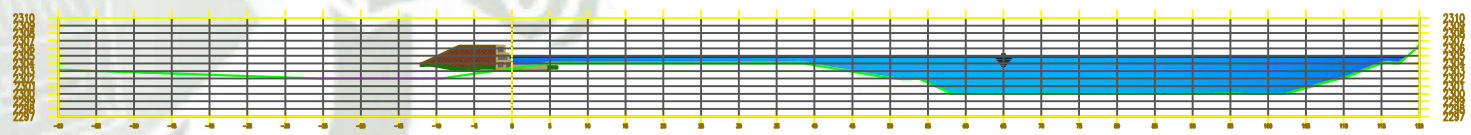
Km 0+350



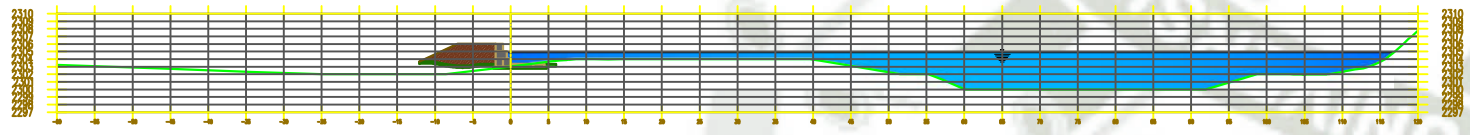
Km 0+360



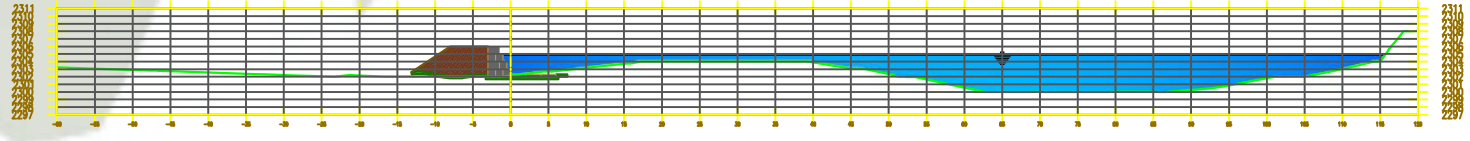
Km 0+370



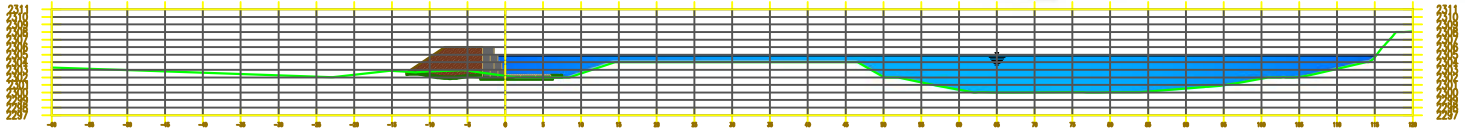
Km 0+380



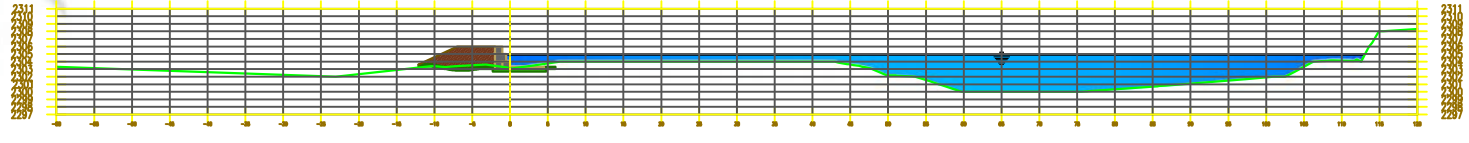
Km 0+390



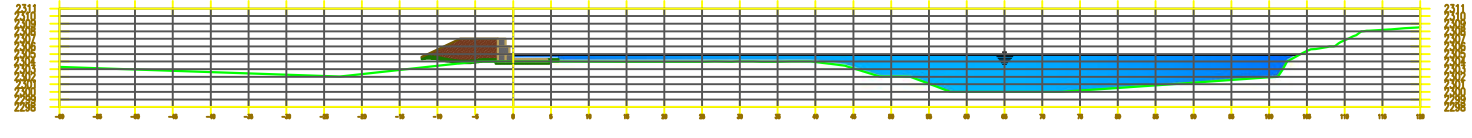
Km 0+400



Km 0+410



Km 0+420



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

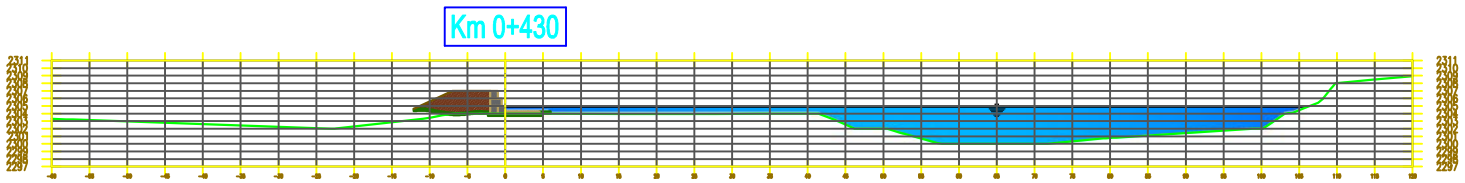
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

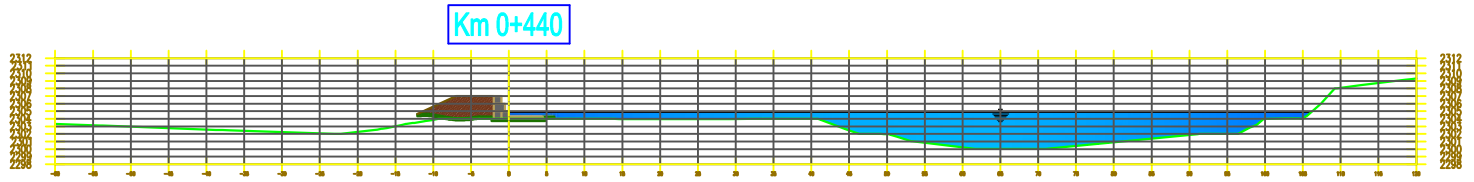
PROYECTO :
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 1+500/00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.

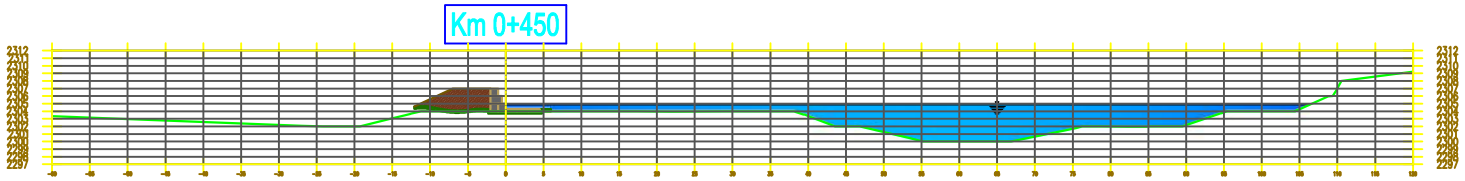
PLANO :
MURO DE GAVIONES

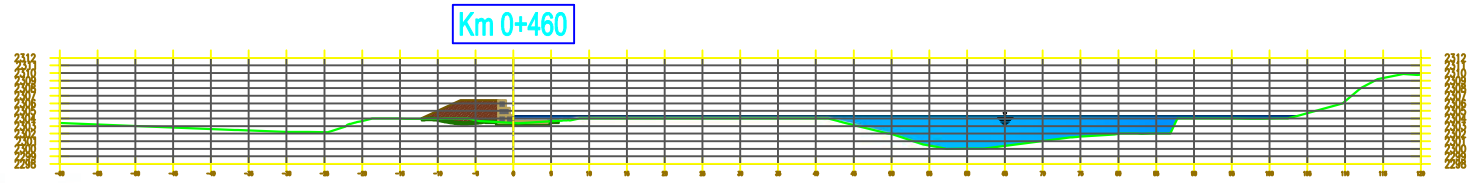
FECHA : JUNIO, 2017
ESC. : 1/1,000
PLANO Nº :
MGA-02

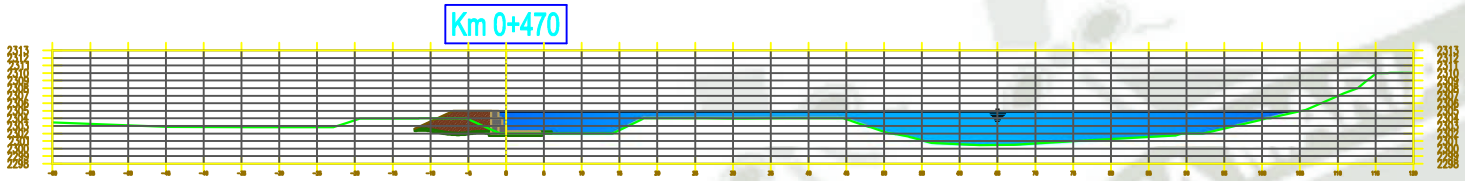
BACHILLER :
JOEL CCANCCAPA PUMA

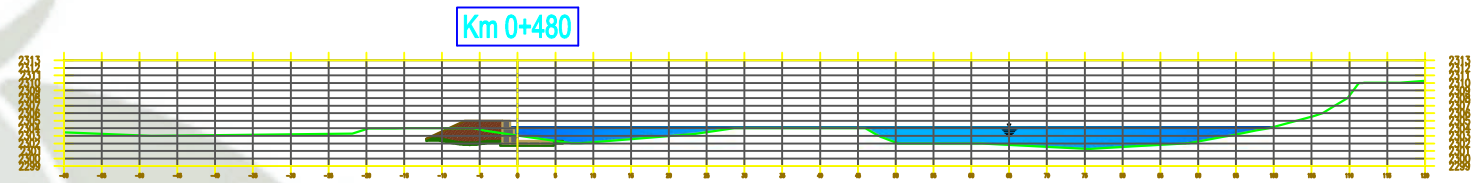


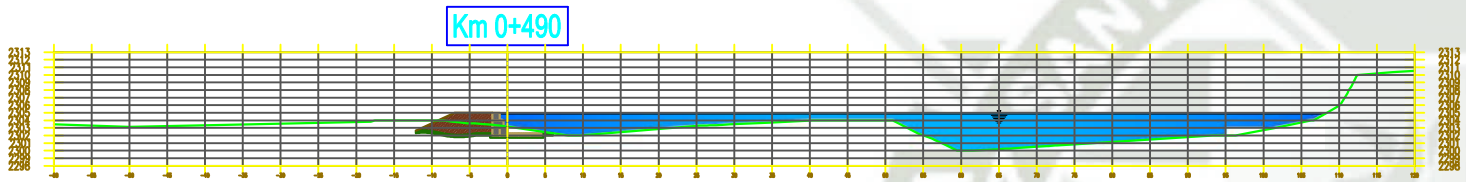


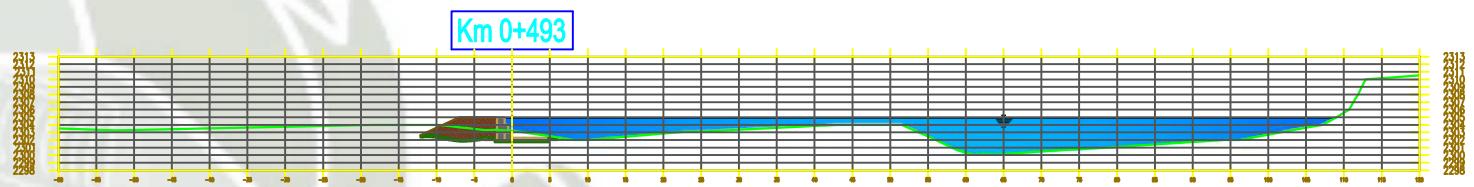






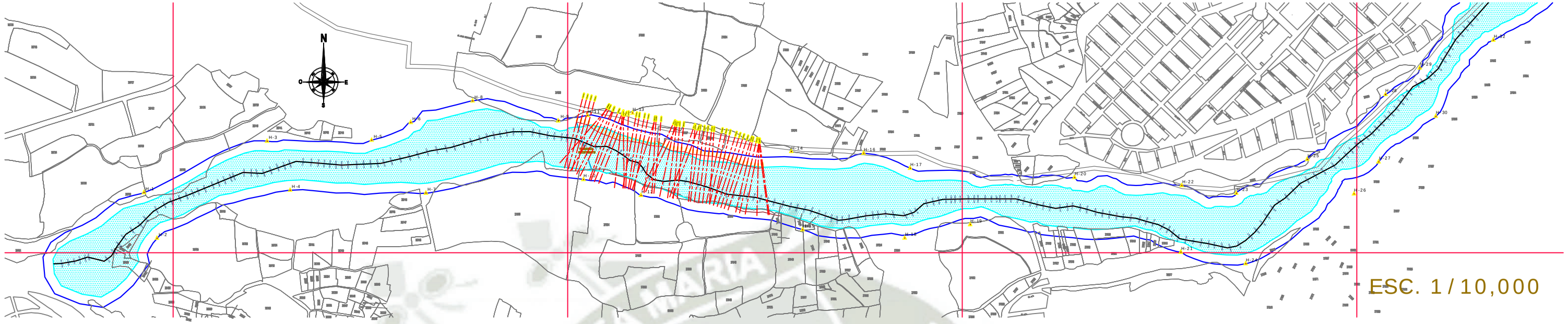






UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA PROVINCIA : AREQUIPA DISTRITO : SOCABAYA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 1.2+500.00 Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA PLANO : **MURO DE GAVIONES**
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : 1/1,000 — PLANO Nº: **MGA-03**
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**	

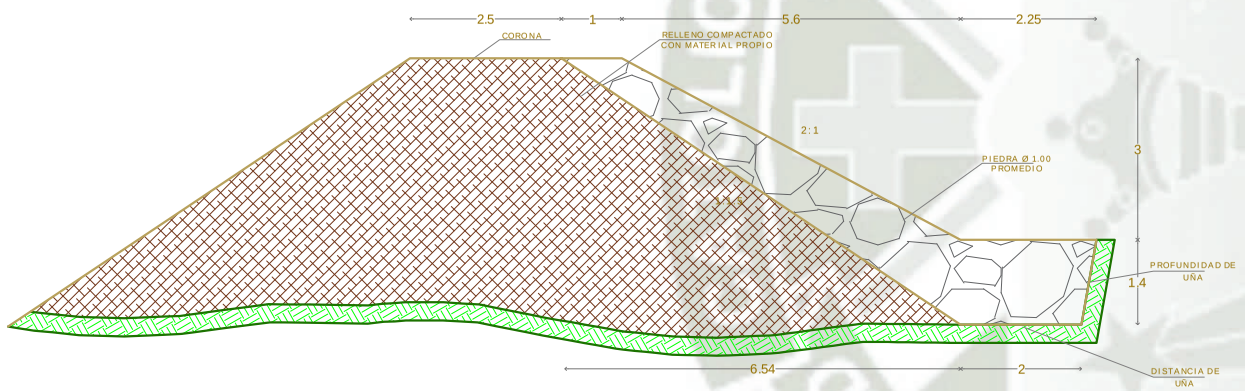


ESC. 1 / 10,000

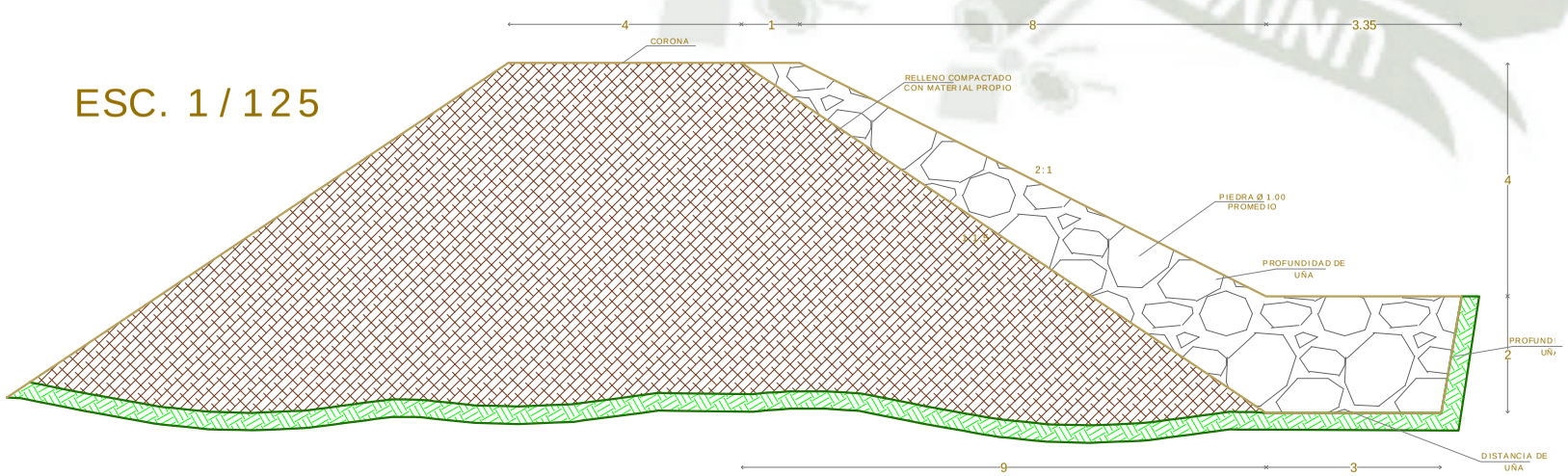
VISTA PLANTA DE PROTECCION CON MURO DE DIQUE ENROCADO

ESC. 1 / 125

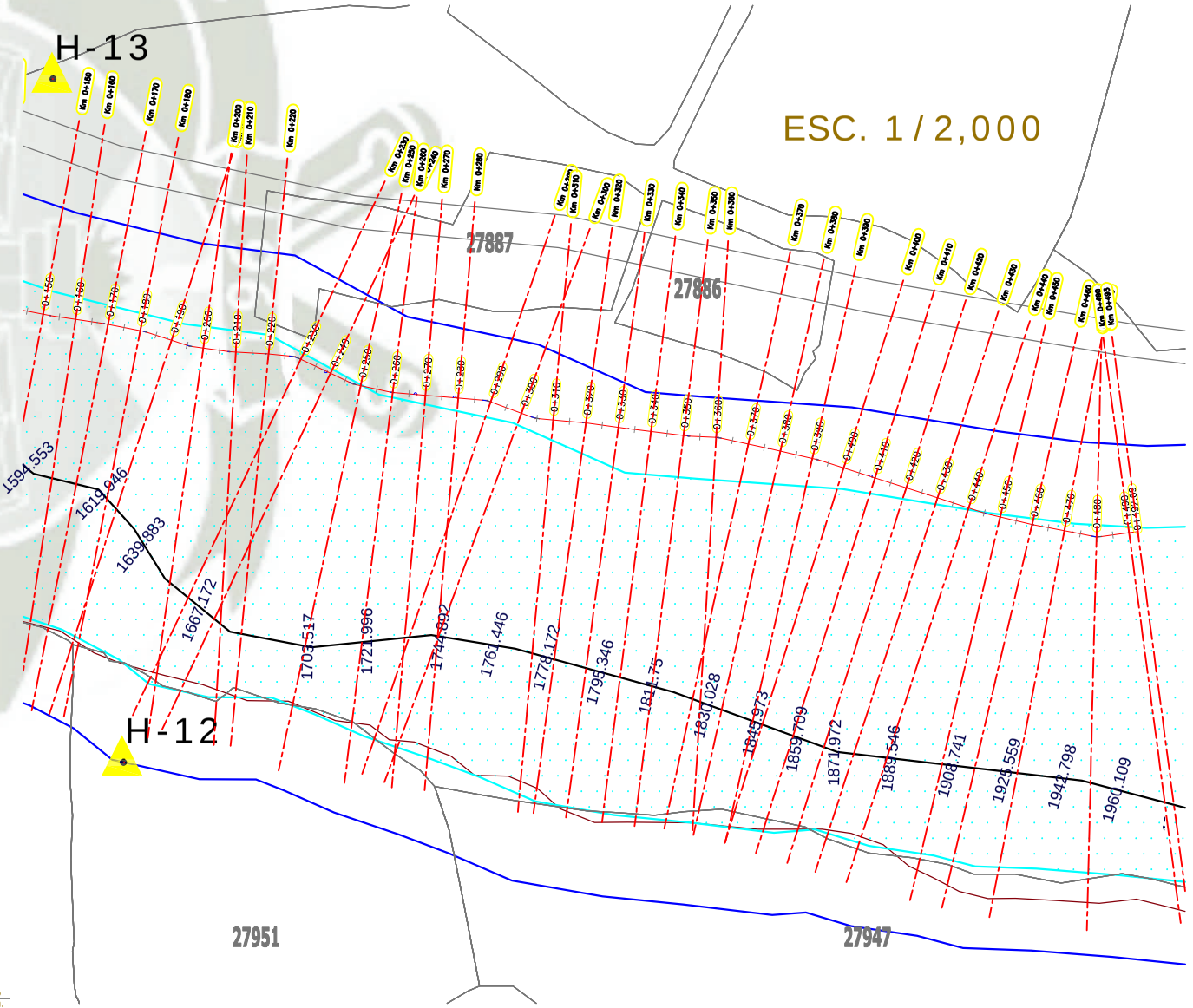
DETALLE DE DIQUE ENROCADO H =3.0 m



DETALLE DE DIQUE ENROCADO H =4.0 m



ESC. 1 / 125



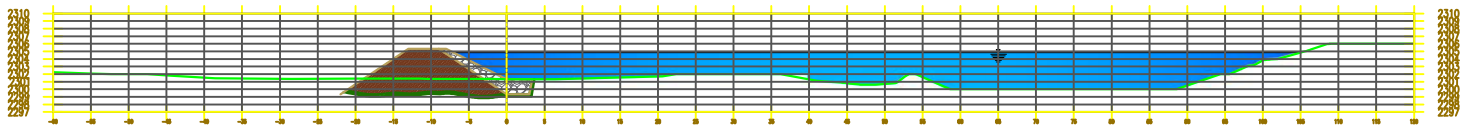
ESC. 1 / 2,000

VISTA PLANTA DE PROTECCION CON MURO DE GRAVEDAD

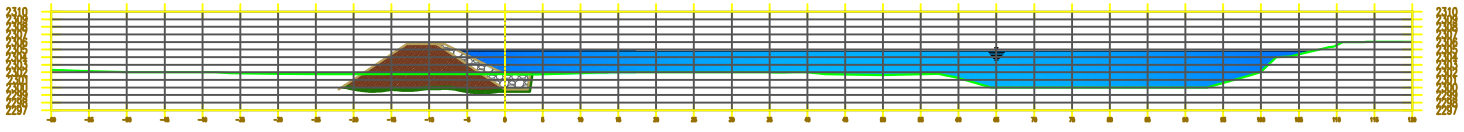
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : MURO DE DIQUES ENROCADOS
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº : MDE-01

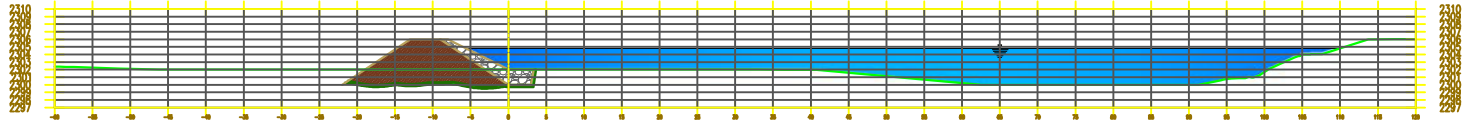
Km 0+260



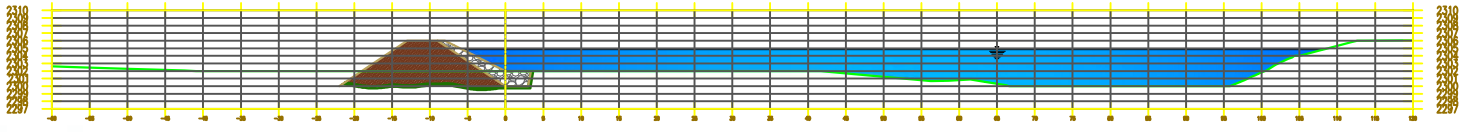
Km 0+270



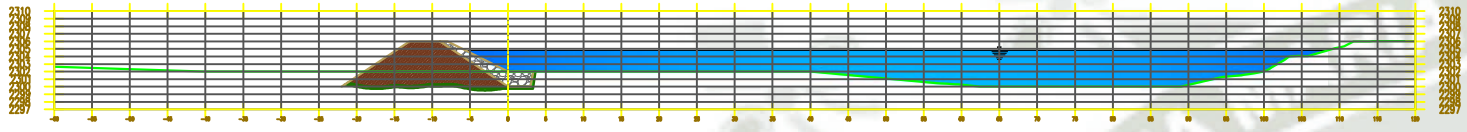
Km 0+280



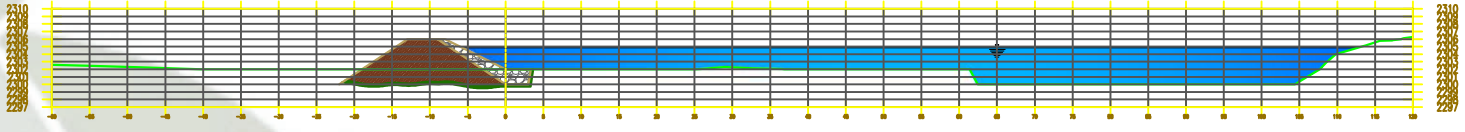
Km 0+290



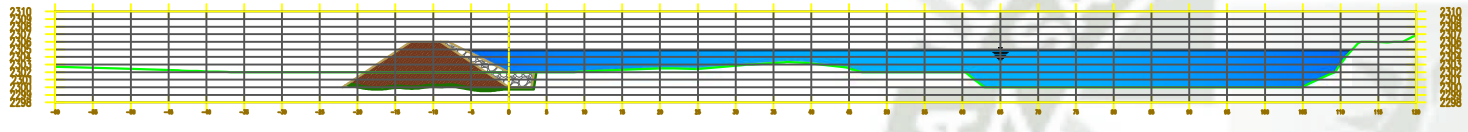
Km 0+300



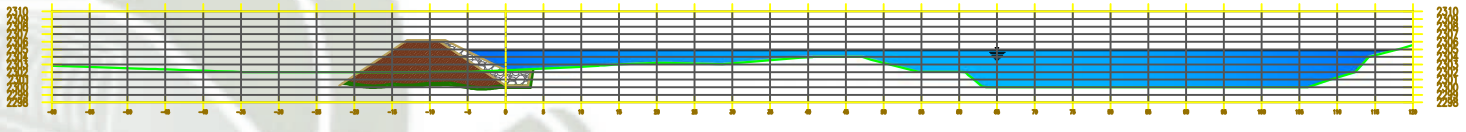
Km 0+310



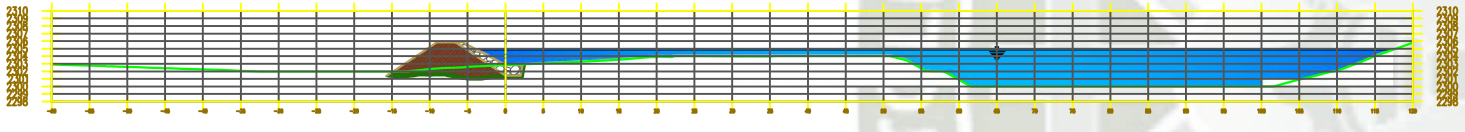
Km 0+320



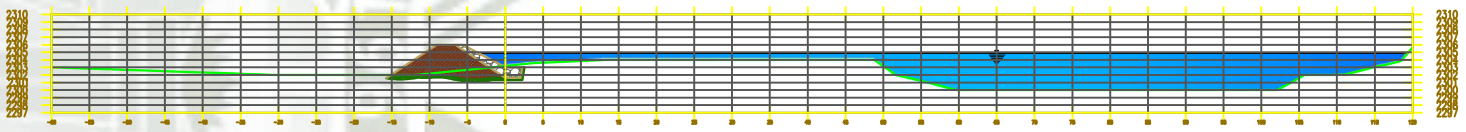
Km 0+330



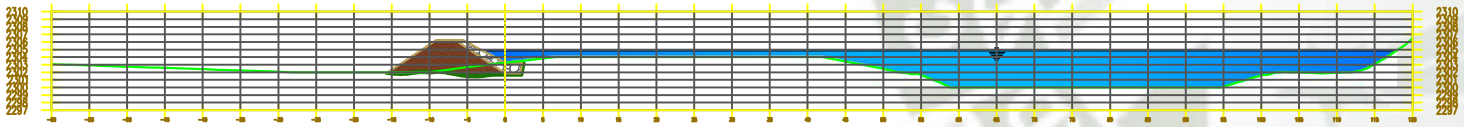
Km 0+340



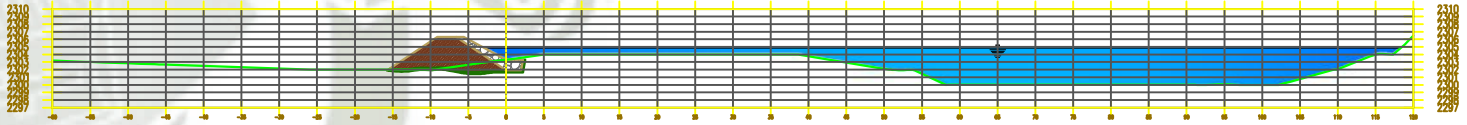
Km 0+350



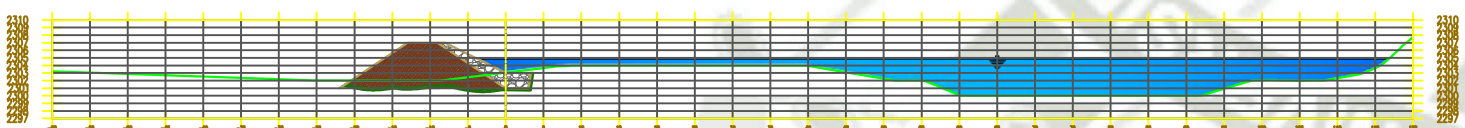
Km 0+360



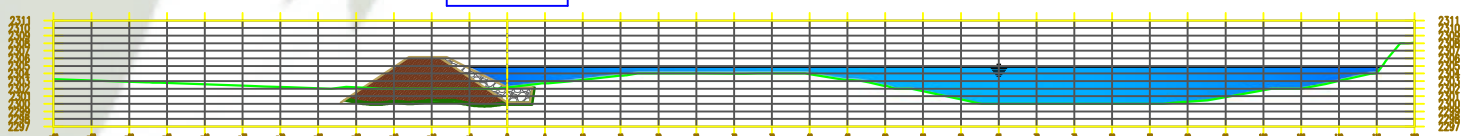
Km 0+370



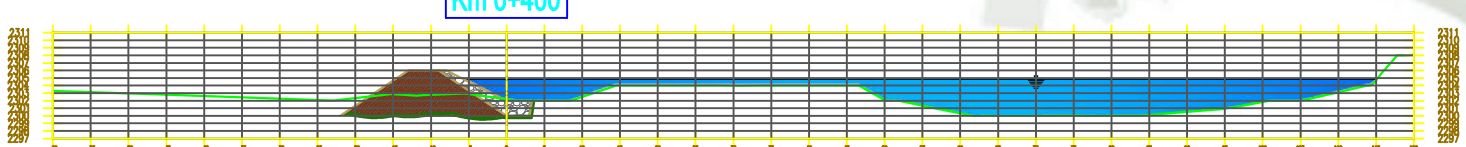
Km 0+380



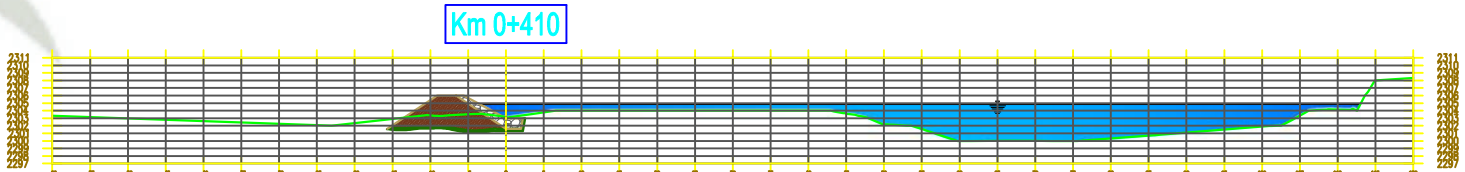
Km 0+390



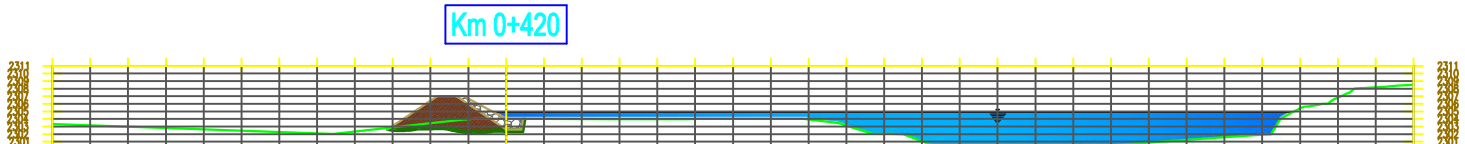
Km 0+400



Km 0+410



Km 0+420



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 1:2+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : **MURO DE DIQUES ENROCADOS**
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. :1/1,000 — PLANO Nº : **MDE-02**
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**	

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

PROYECTO :

MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL Y LAMINA SOCABAYA EN 3+500.00 Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA Y AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA

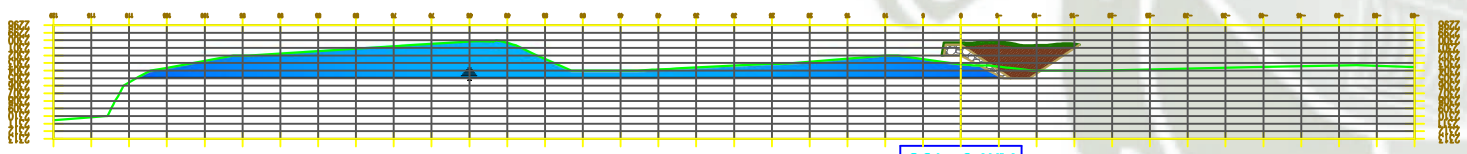
PROVINCIA : AREQUIPA

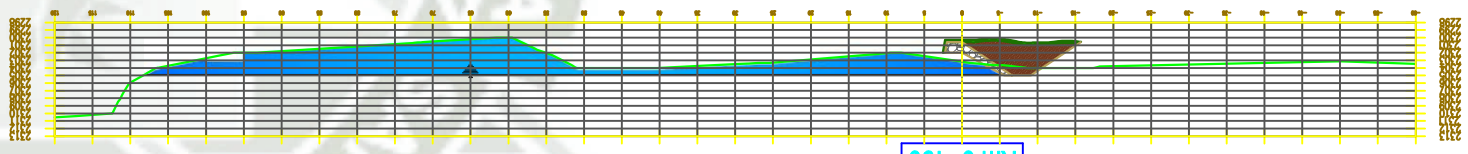
DISTRITO : SOCABAYA

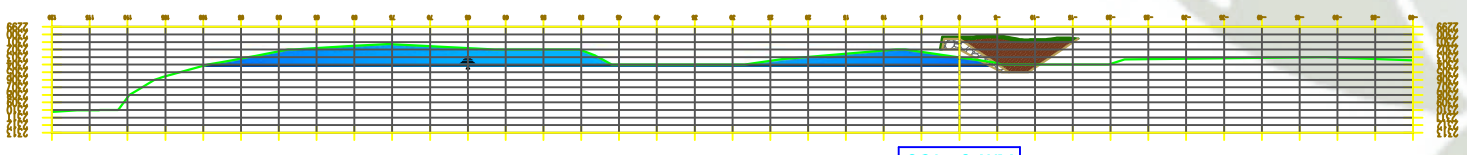
PLANO : **MURO DE DIQUES ENROCADOS**

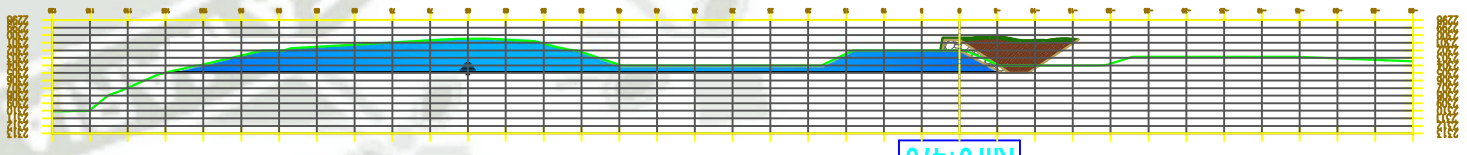
FECHA : JUNIO, 2017 ESC. : 1/1,000 PLANO Nº : **MDE-03**

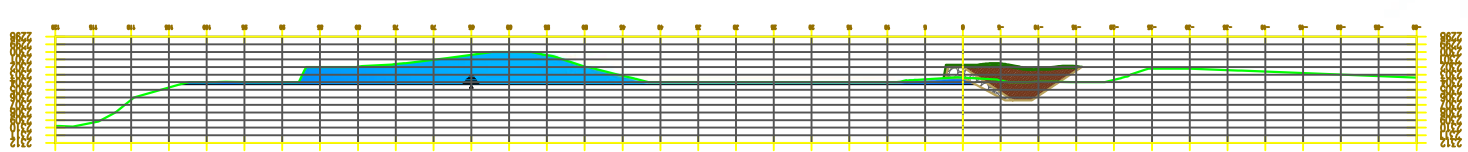
BACHILLER : **JOEL CCANOCCAPA PUMA**

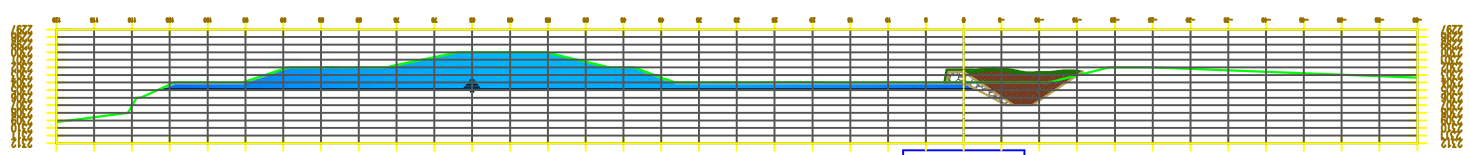


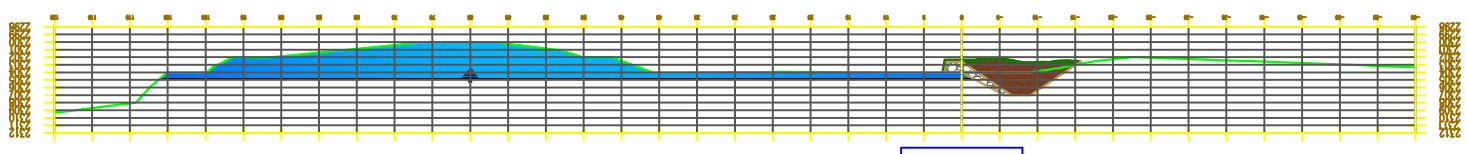


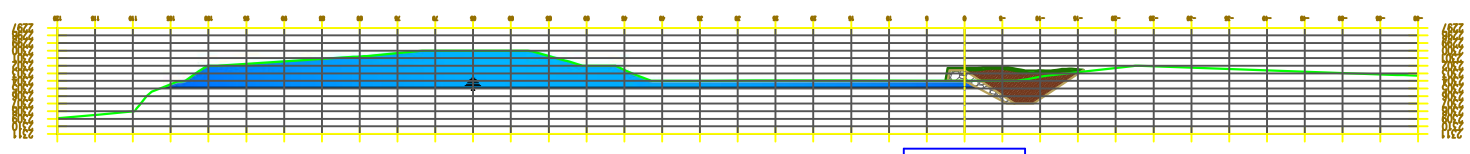


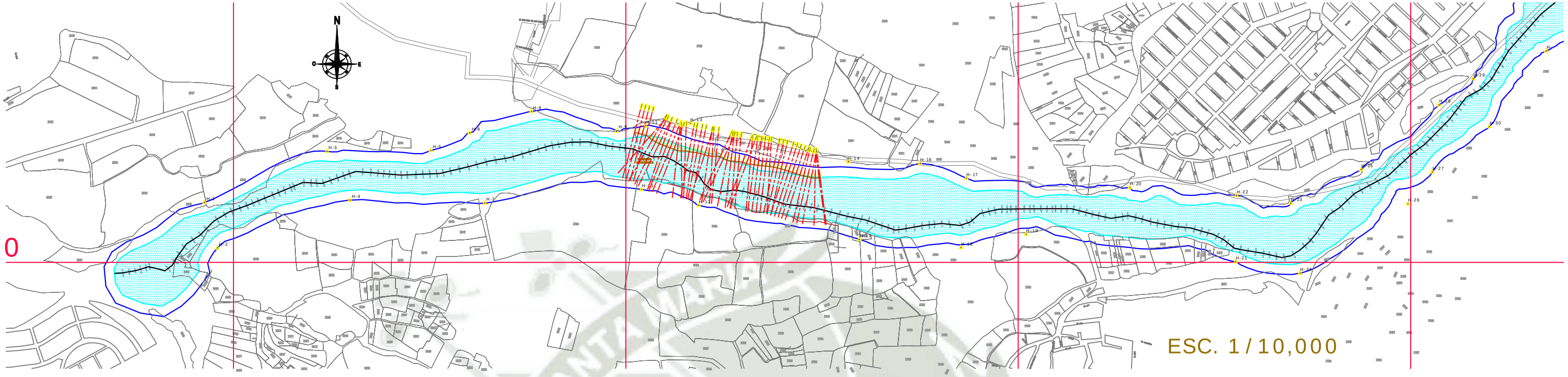








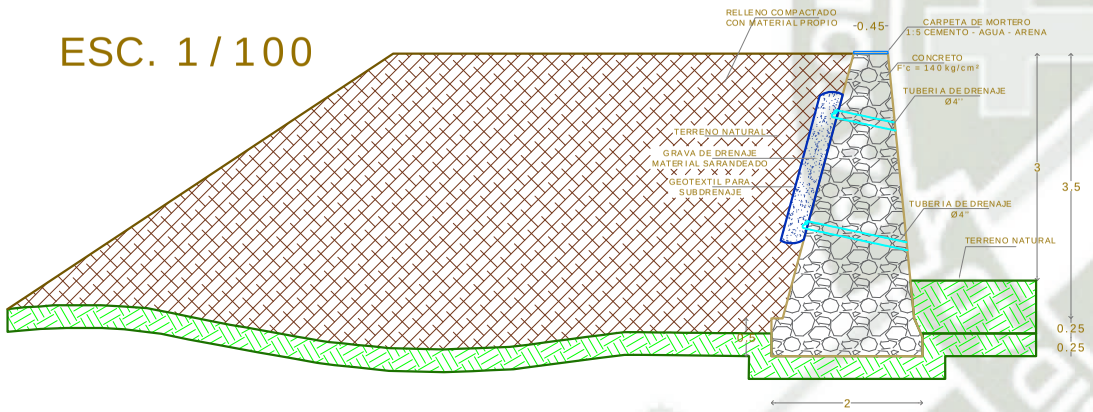




VISTA PLANTA DE PROTECCION CON MURO DE GRAVEDAD

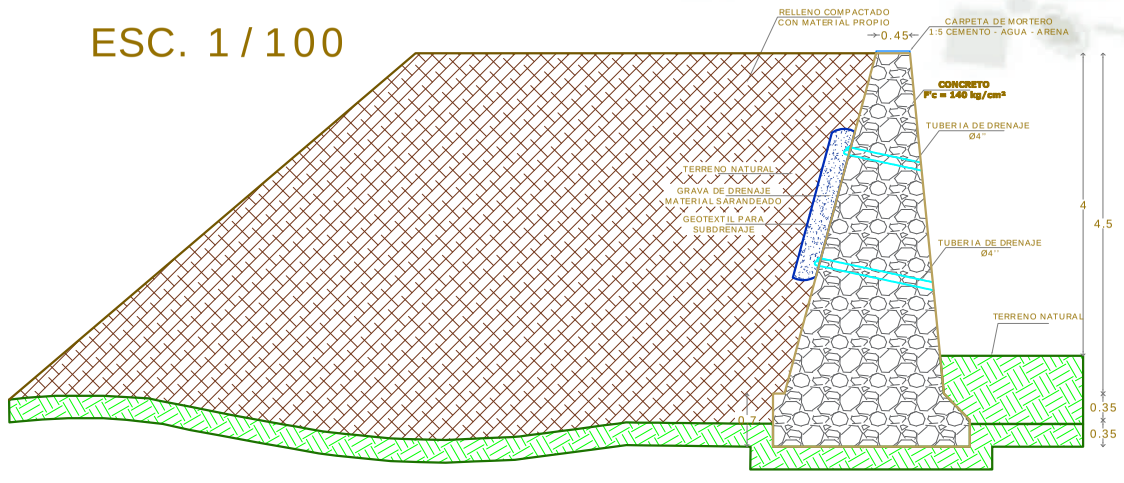
DETALLE DE MURO DE GRAVEDAD H =3.0 m

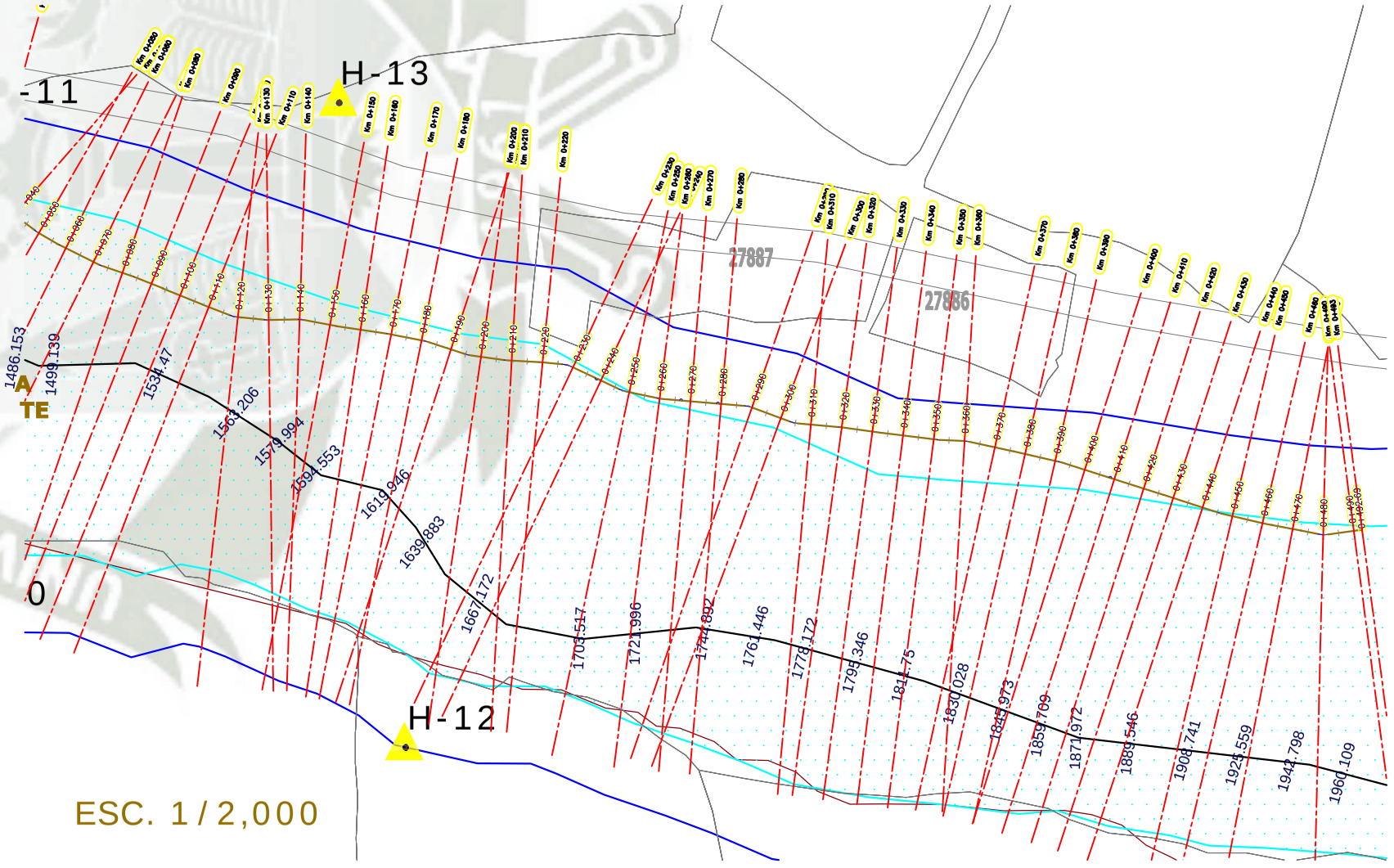
ESC. 1 / 100



DETALLE DE MURO DE GRAVEDAD H = 4.0 m

ESC. 1 / 100



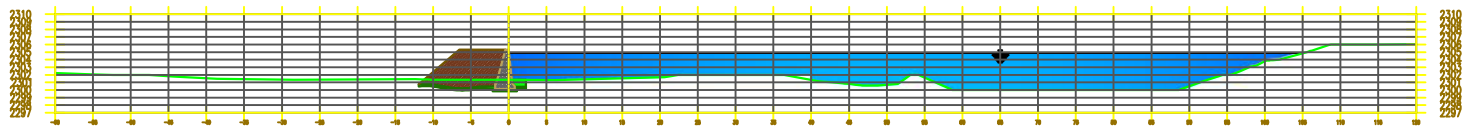


VISTA PLANTA DE PROTECCION CON MURO DE GRAVEDAD

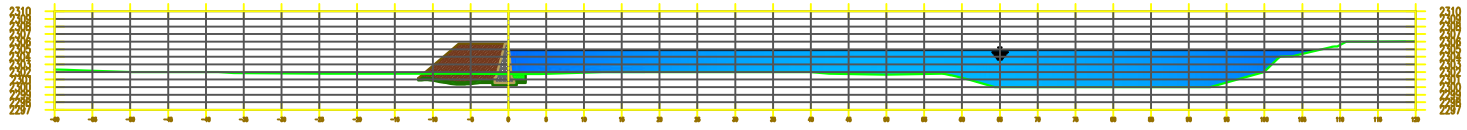
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 3+500/00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : MURO DE GRAVEDAD
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº : MG-01

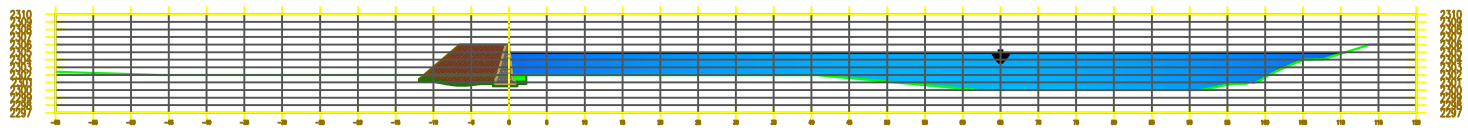
Km 0+260



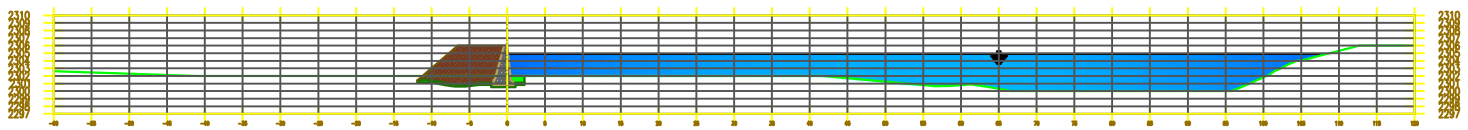
Km 0+270



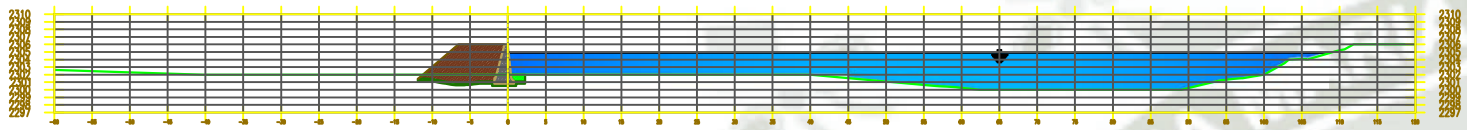
Km 0+280



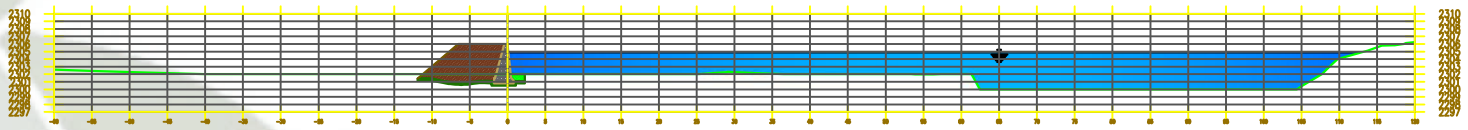
Km 0+290



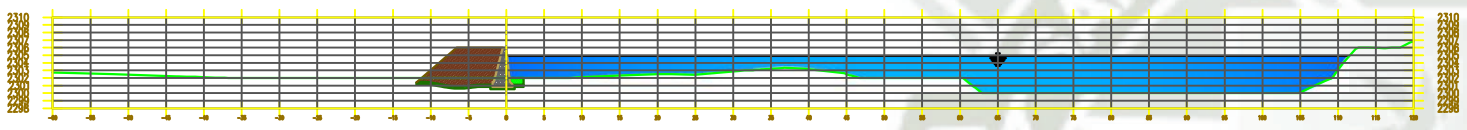
Km 0+300



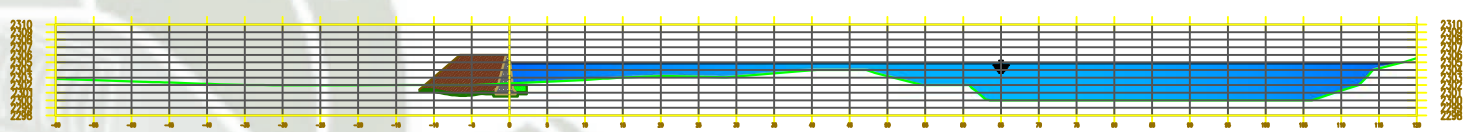
Km 0+310



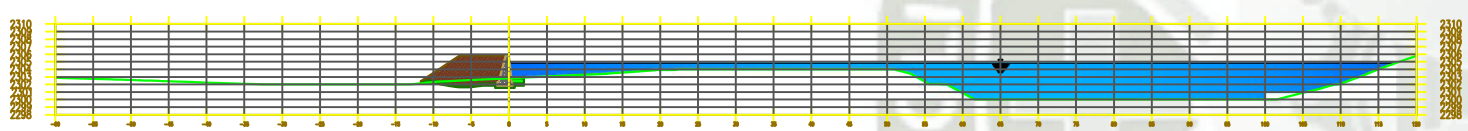
Km 0+320



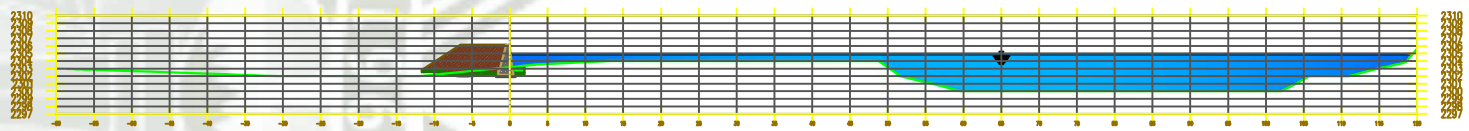
Km 0+330



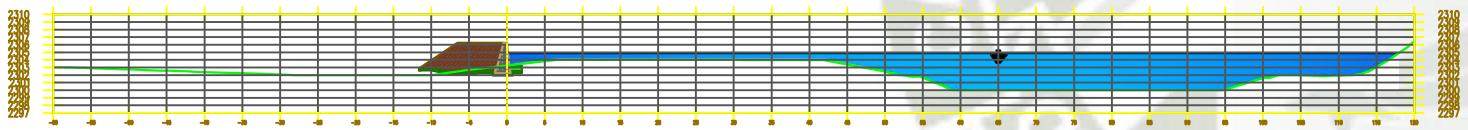
Km 0+340



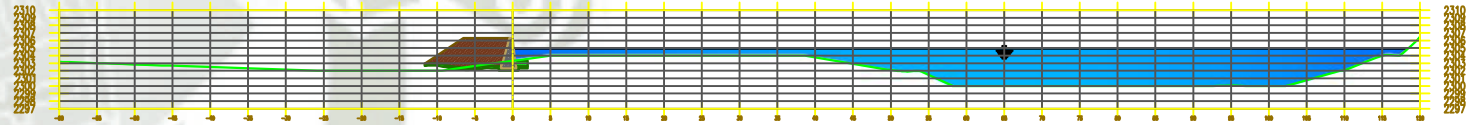
Km 0+350



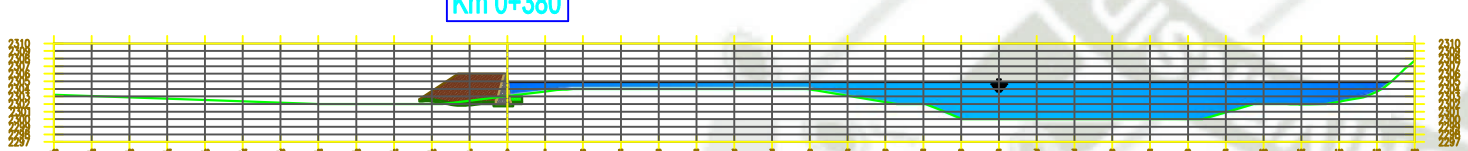
Km 0+360



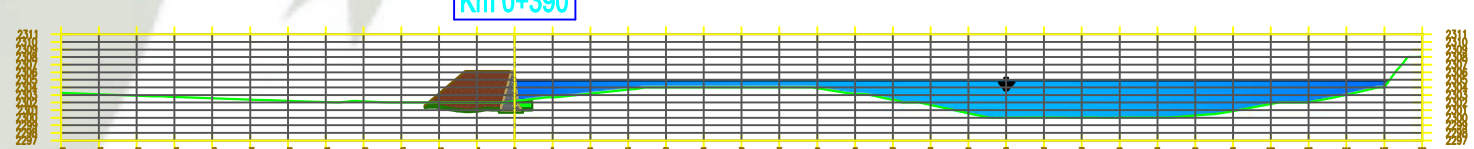
Km 0+370



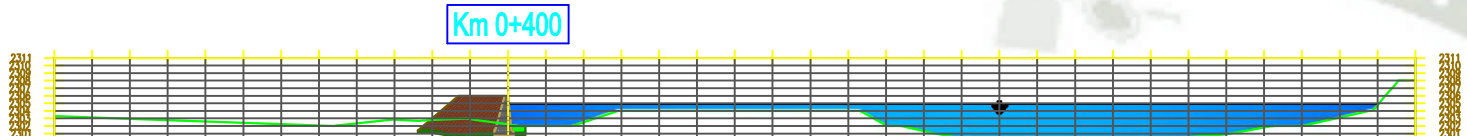
Km 0+380



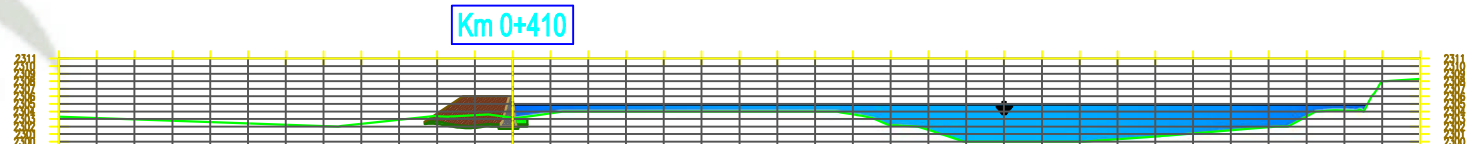
Km 0+390



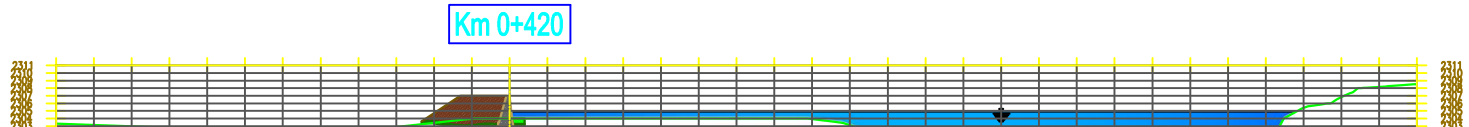
Km 0+400



Km 0+410



Km 0+420



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

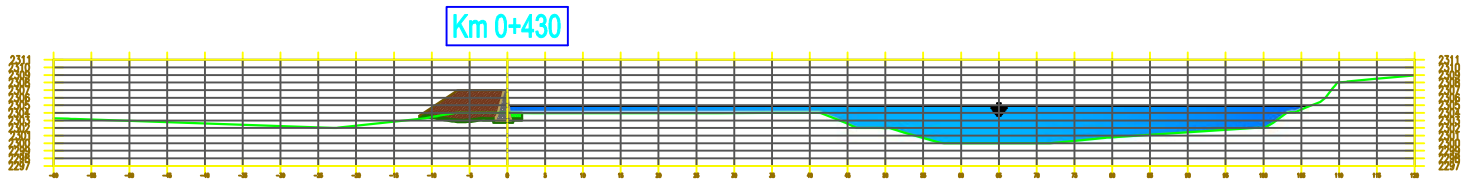
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

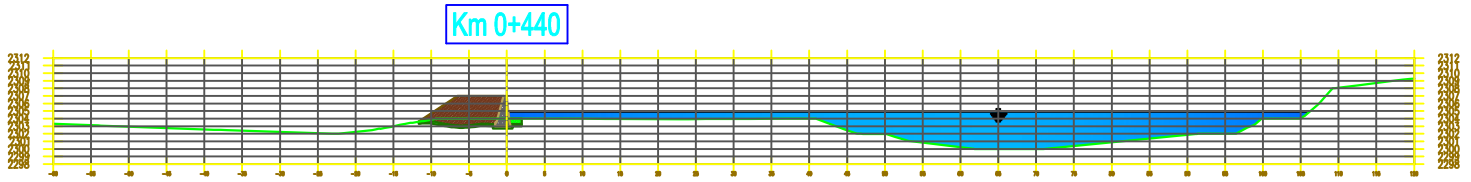
PROYECTO :
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA SOCABAYA (KM 1.2+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

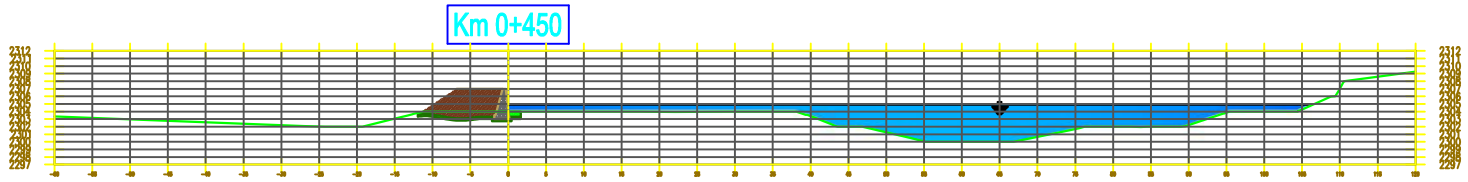
PLANO :
MURO DE GRAVEDAD

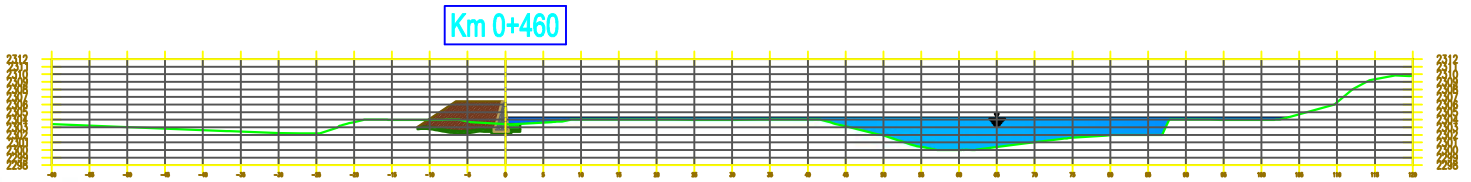
FECHA : JUNIO, 2017
ESC. : 1/1,000
PLANO Nº :
MG-02

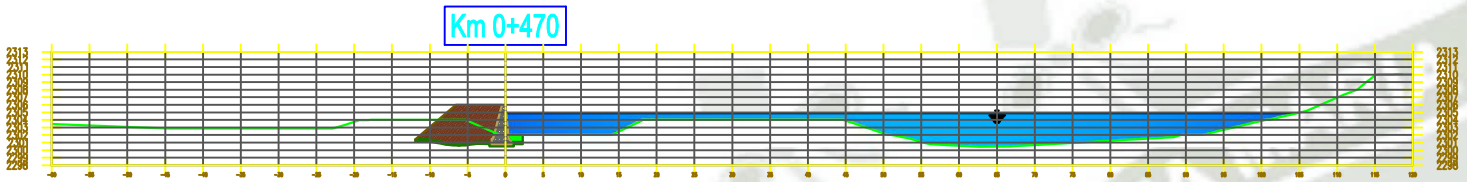
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**

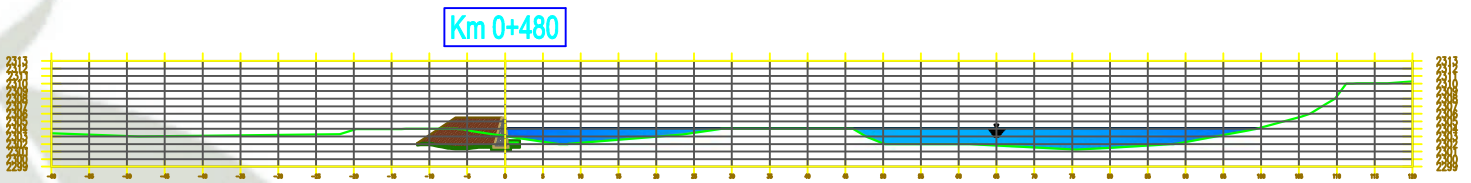


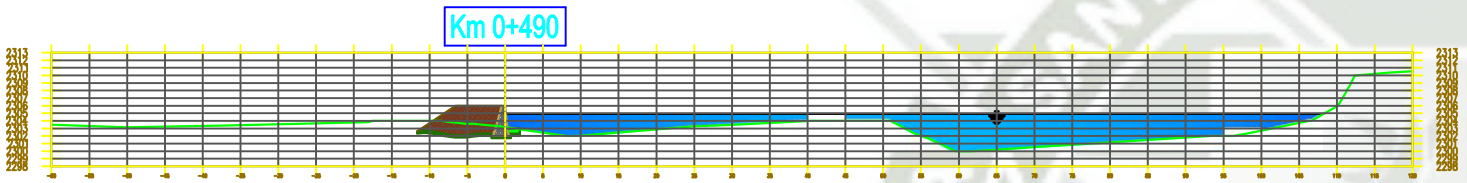


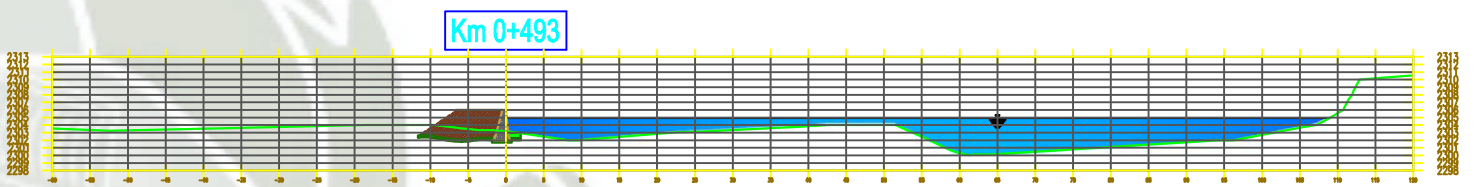






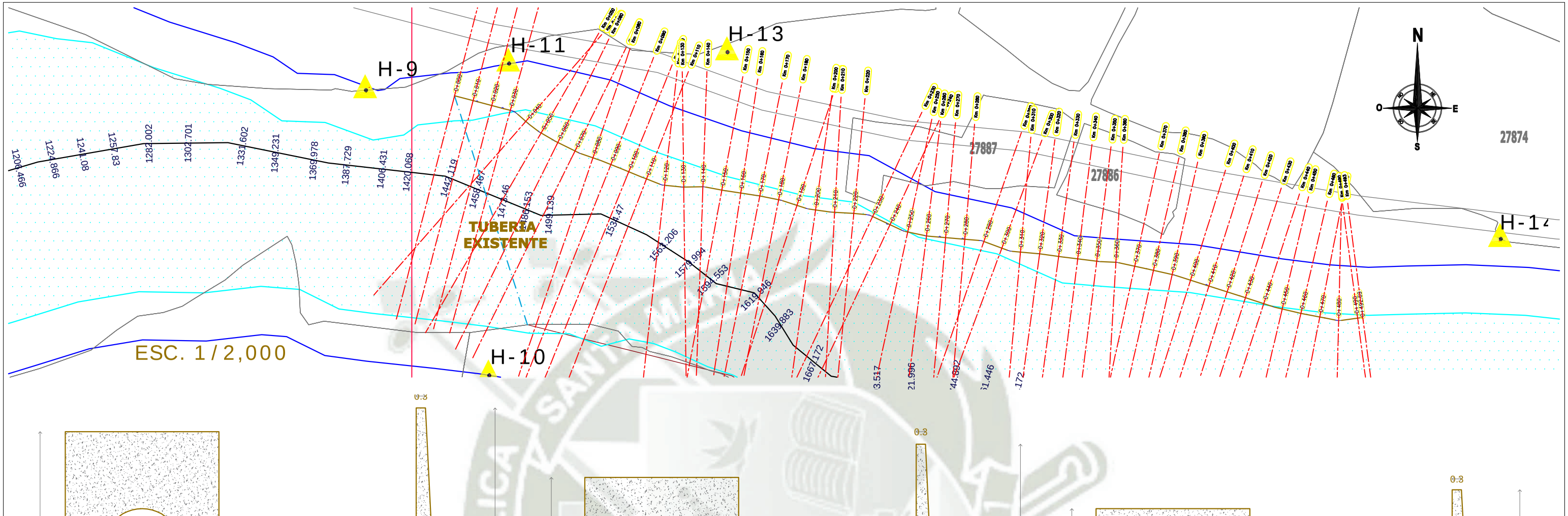


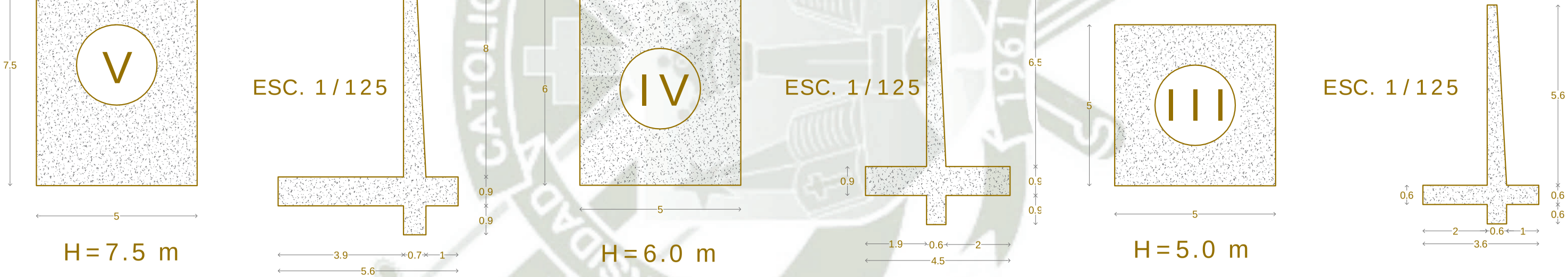




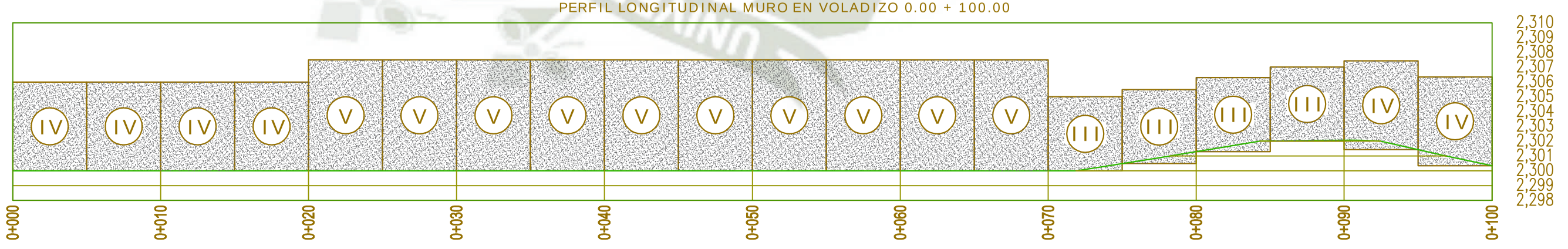
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA PROVINCIA : AREQUIPA DISTRITO : SOCABAYA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA SOCABAYA (KM 1.2+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA PLANO : **MURO DE GRAVEDAD**
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : 1/1,000 — PLANO Nº : **MG-03**
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**	





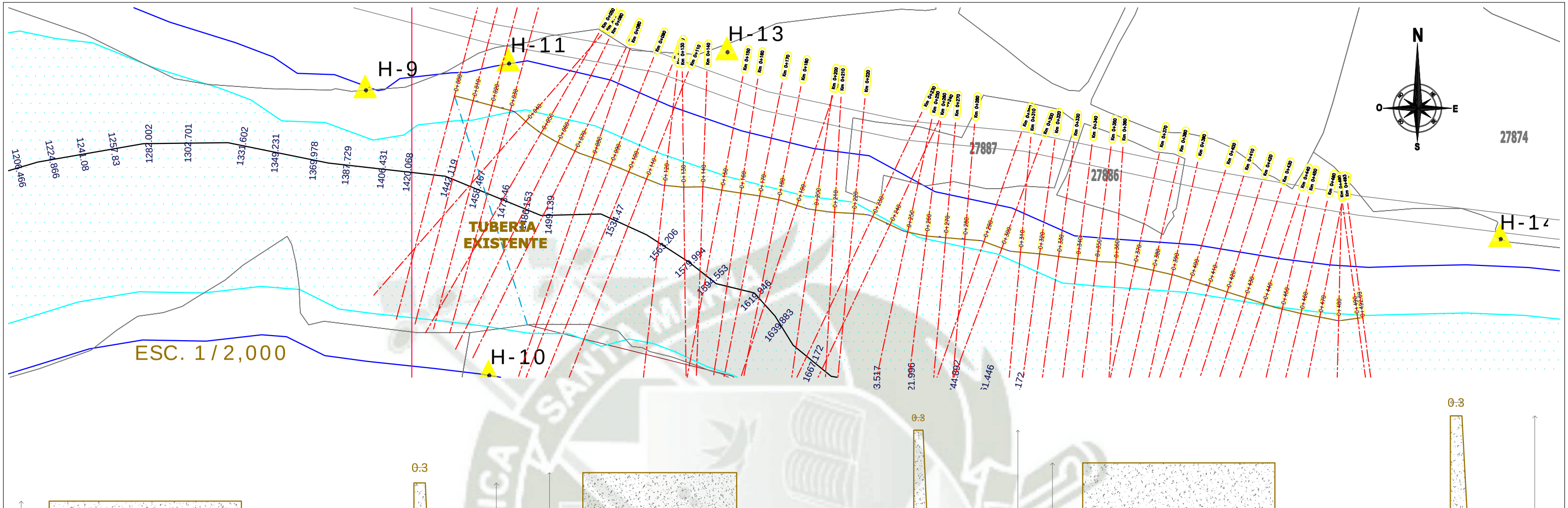
PERFIL LONGITUDINAL MURO EN VOLADIZO 0.00 + 100.00



ESC. 1/300

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 1+500/3) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : **MURO EN VOLADIZO**
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº : **MV-01**

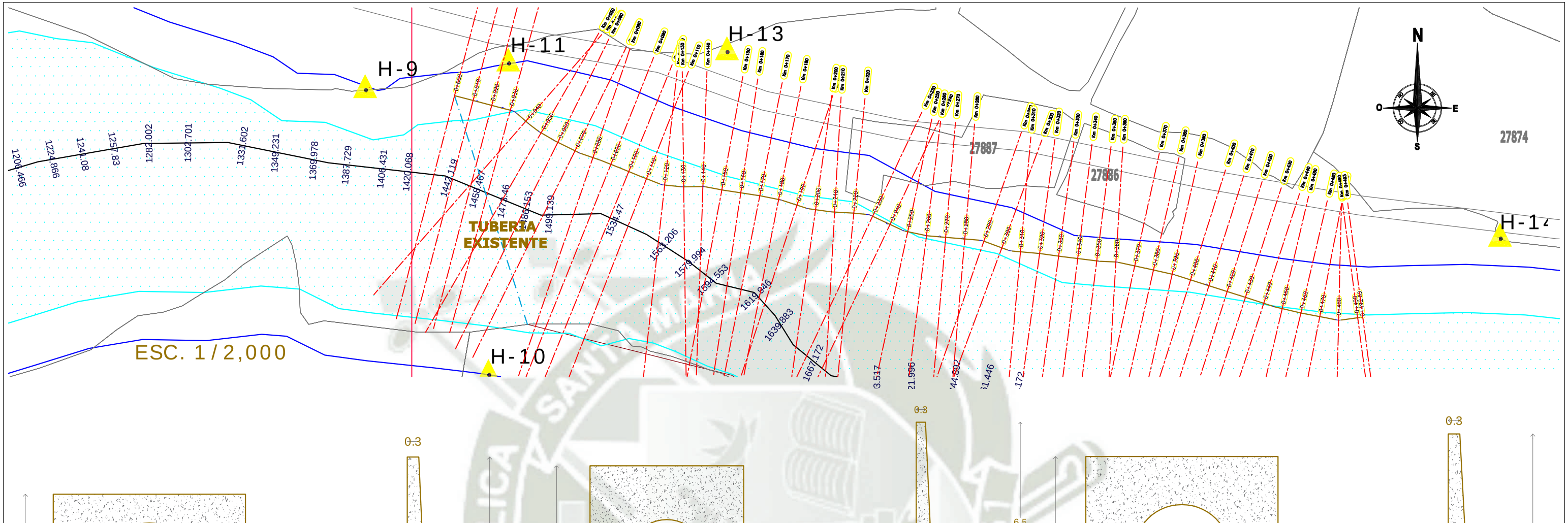


PERFIL LONGITUDINAL MURO EN VOLADIZO 100.00 + 200.00

ESC. 1/300

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA SOCABAYA (KM 1.2+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : MURO EN VOLADIZO
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº : MV-02



H=4.0 m

H=6.0 m

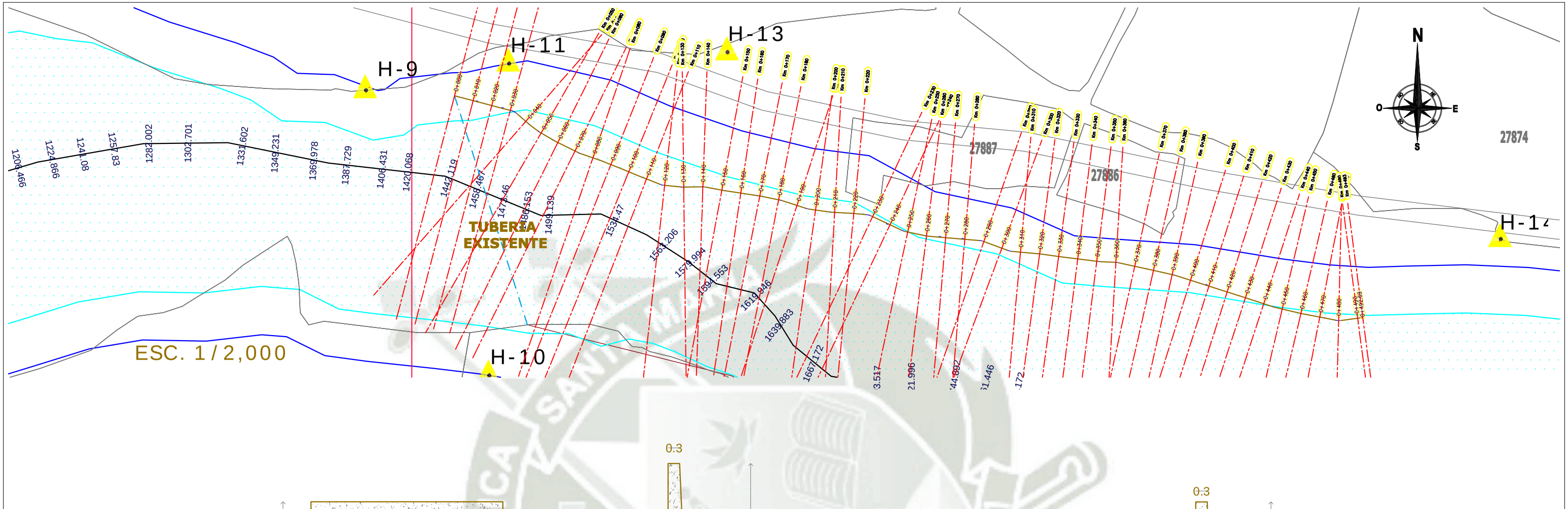
H=5.0 m

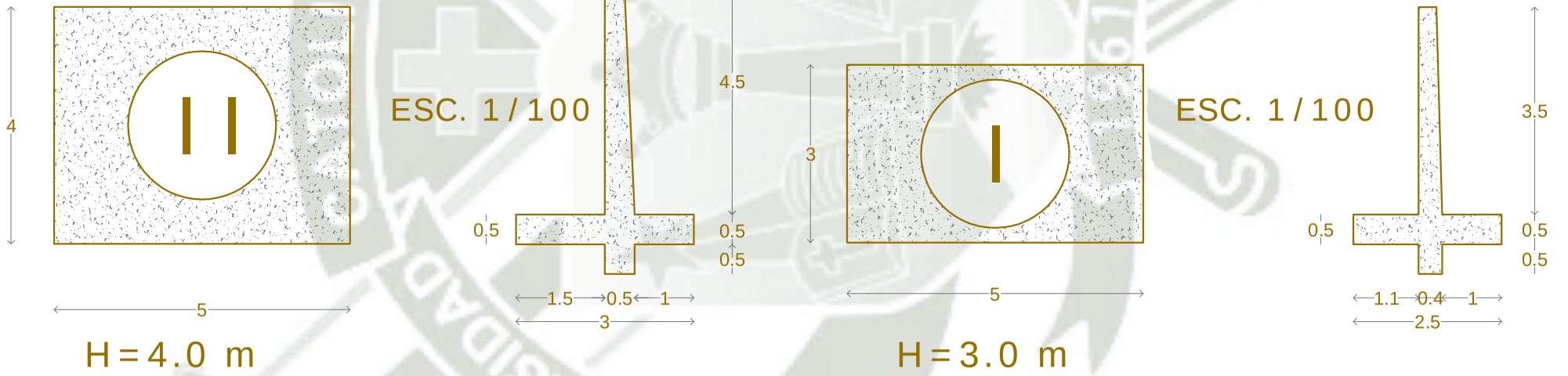
PERFIL LONGITUDINAL MURO EN VOLADIZO 200.00 + 300.00

ESC. 1/300

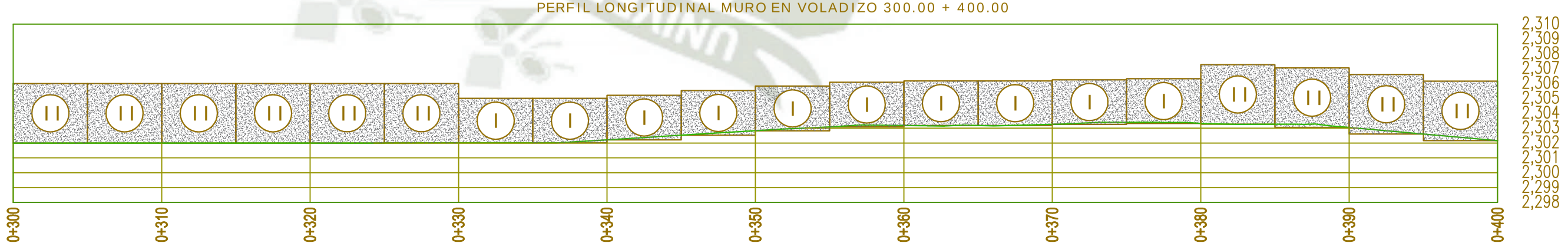
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 2+500/03 Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : MURO EN VOLADIZO
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA — PLANO Nº : MV-03
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	





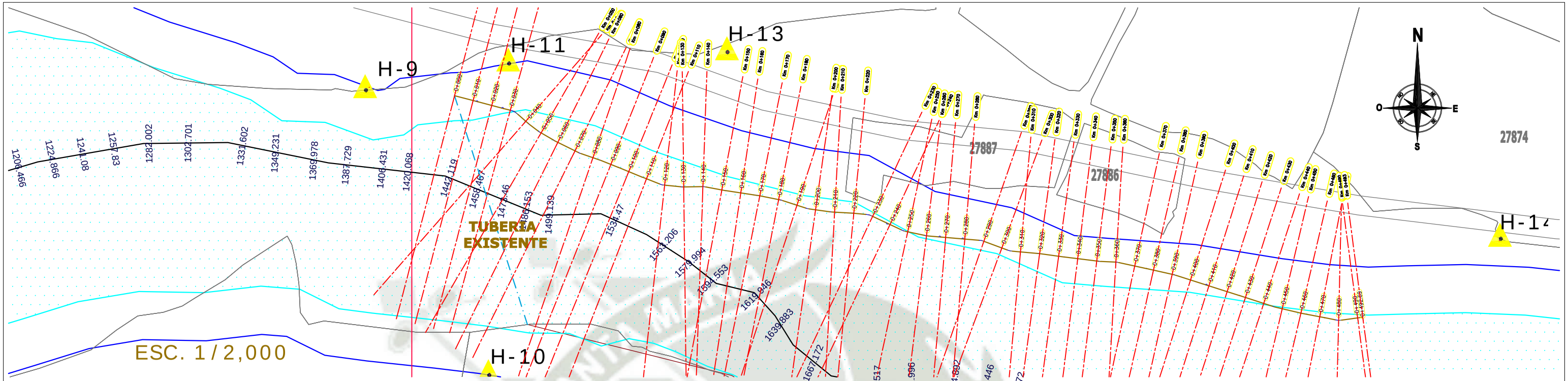
PERFIL LONGITUDINAL MURO EN VOLADIZO 300.00 + 400.00

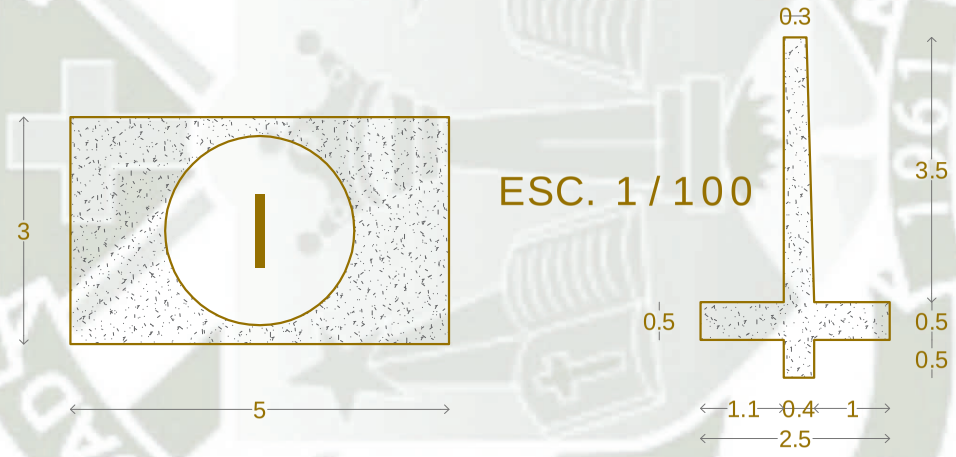


ESC. 1/300

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

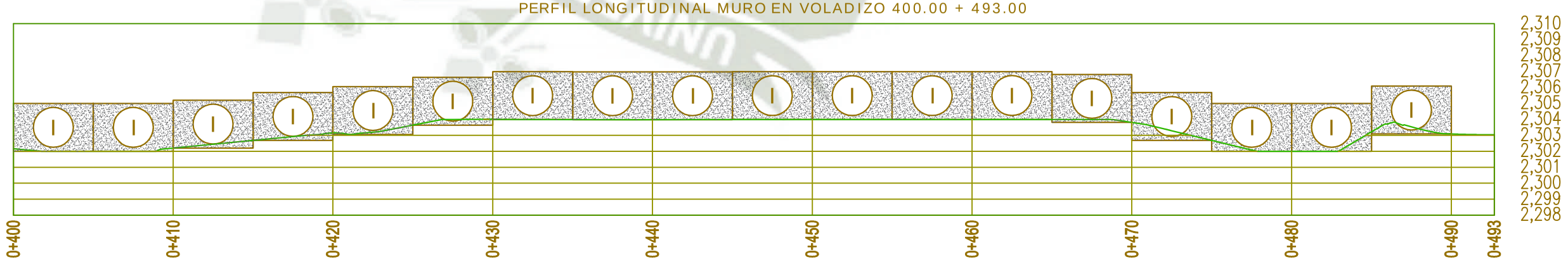
DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA SOCABAYA (KM 1+500/00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : MURO EN VOLADIZO
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº : MV-04





H=3.0 m

PERFIL LONGITUDINAL MURO EN VOLADIZO 400.00 + 493.00



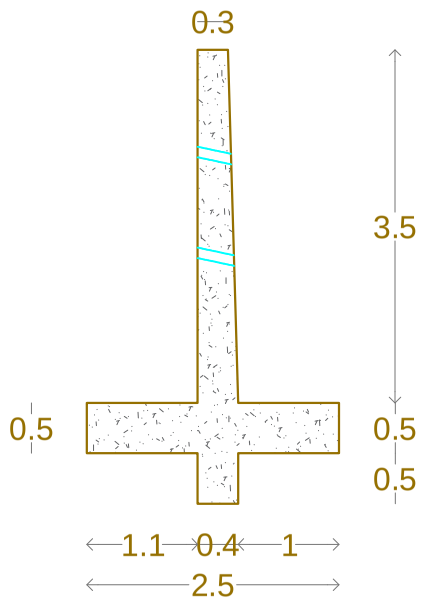
ESC. 1/300

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA SOCABAYA (KM 2+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : MURO EN VOLADIZO
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº: MV-05

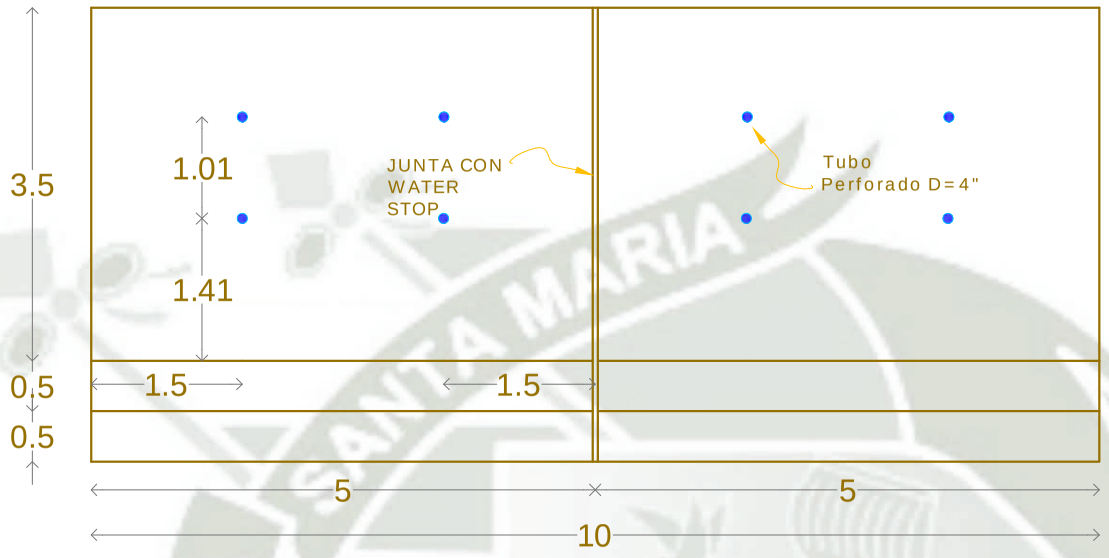
MURO DE CONTENCIÓN H=3.0m

DIMENSIONES MURO H=3.0m



ESC. 1/75

SECCIÓN CORTE - DIMENSIONES H=3.0m



ESC. 1/75

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.- ACERO DE REFUERZO
f'y=4200 kg/cm²

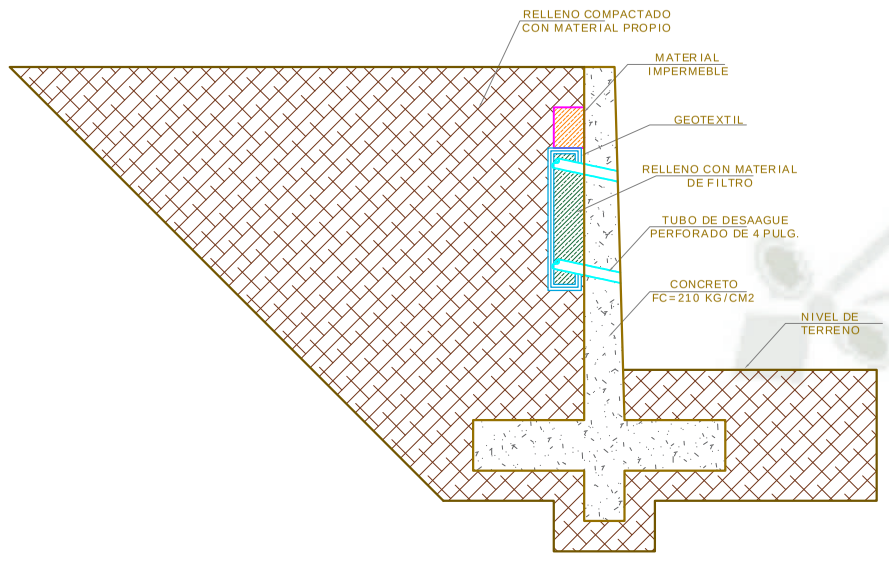
2.- RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Zapata: 7.5 cm
Pantalla: 7.5 cm

3.- TRANSLAPES: 0.60 mt

ACERO ASTM -GRADO 60

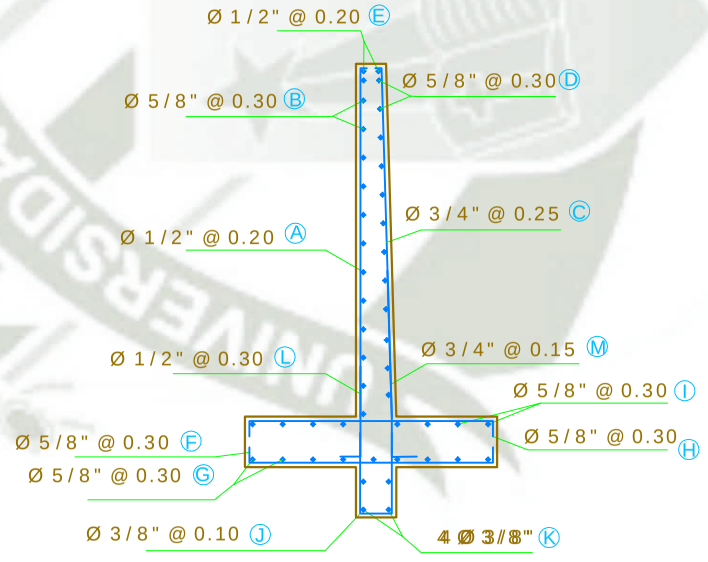
POSICIÓN	#	NÚM. PIEZAS	LONGITUD m	FORMA L=cm	LONGITUD TOTAL m	PESO kg/m	PESO kp
A	1/2"	34	3.52		119.68	0.99	118.5
B	5/8"	12	9.85		118.20	1.56	184.39
C	3/4"	41	3.52		144.32	2.24	256.07
D	5/8"	12	9.85		118.20	1.56	184.39
E	1/2"	2	9.85		19.70	0.99	19.50
F	5/8"	34	2.72		92.48	1.56	144.27
G	5/8"	8	9.85		78.80	1.56	122.93
H	5/8"	34	2.72		92.48	1.56	144.27
I	5/8"	4	9.85		39.40	1.56	61.46
J	3/8"	100	1.91		191.00	0.56	106.96
K	3/8"	6	9.85		59.10	0.56	33.09
L	1/2"	34	1.10		37.40	0.99	37.03
M	3/4"	41	2.10		86.10	2.24	192.86
				Ø3/8"	250.10	0.56	140.06
				Ø1/2"	176.78	0.99	175.01
				Ø5/8"	539.56	1.56	841.71
				Ø3/4"	230.42	2.24	516.14
Grado 60				Peso total con mermas (10.00%)			1840.21

SECCIÓN MURO H=3.0m



ESC. 1/75

DISTRIBUCIÓN DE ACERO H=3.0m



ESC. 1/75

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

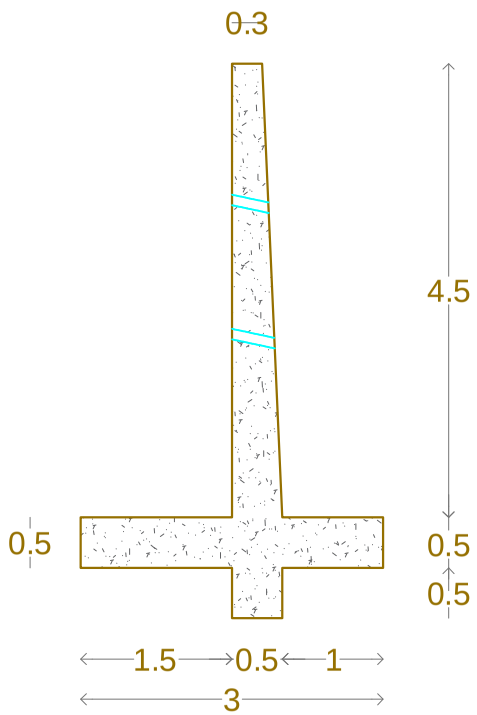
PLANO : MURO EN VOLADIZO

FECHA : JUNIO, 2017
ESC. : INDICADA
PLANO Nº : MV-06

BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA

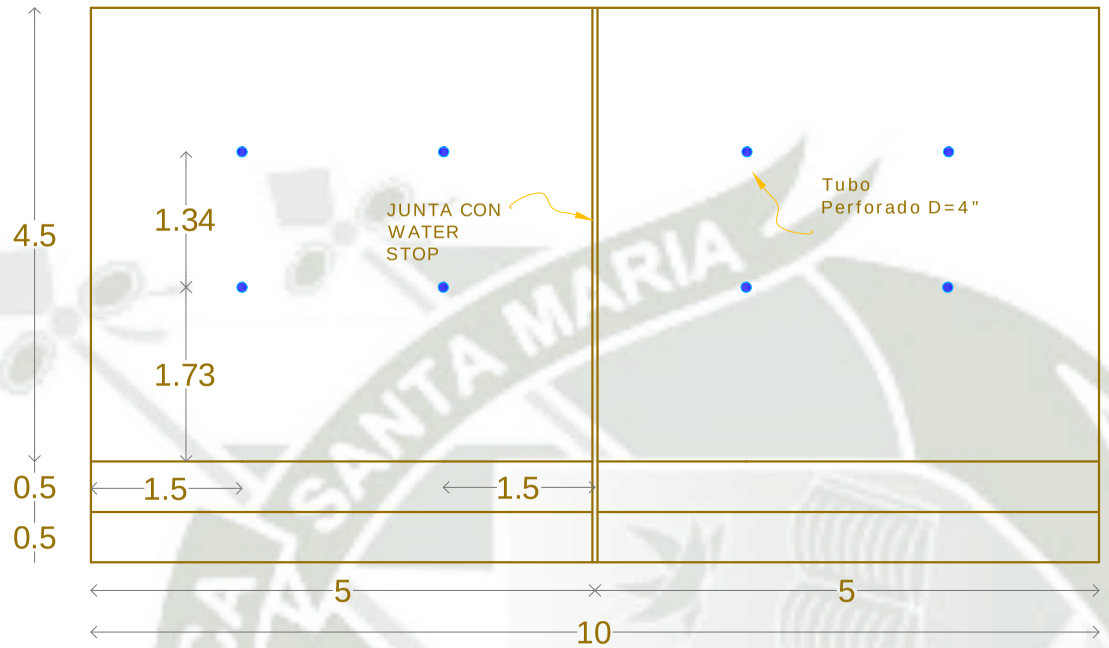
MURO DE CONTENCION H=4.0m

DIMENSIONES MURO H=4.0m



ESC. 1/75

SECCIÓN CORTE - DIMENSIONES H=4.0m



ESC. 1/75

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.- ACERO DE REFUERZO
f'y=4200 kg/cm²

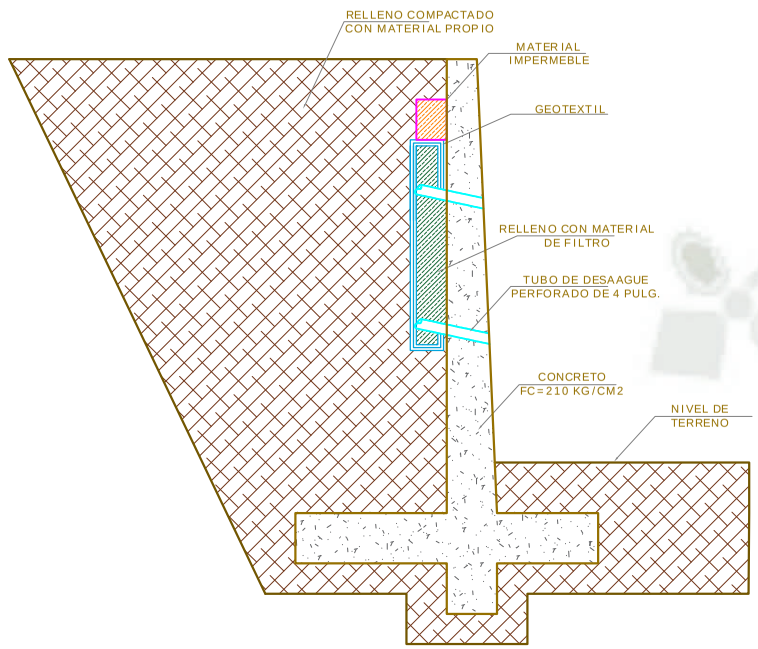
2.- RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Zapata: 7.5 cm
Pantalla: 7.5 cm

3.- TRANSLAPES: 0.60 mt

ACERO ASTM -GRADO 60

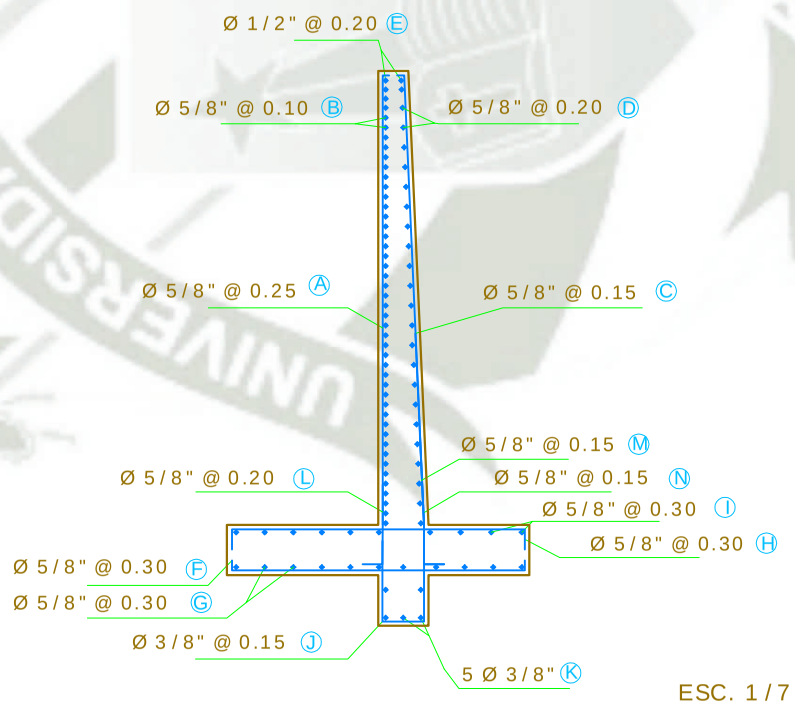
POSICIÓN	#	NÚM. PIEZAS	LONGITUD m	FORMA L=cm	LONGITUD TOTAL m	PESO kg/m	PESO kp
A	5/8"	51	4.52		230.52	1.56	359.61
B	5/8"	22	9.85		216.70	1.56	338.05
C	5/8"	67	4.53		303.51	1.56	473.48
D	5/8"	22	9.85		216.70	1.56	338.05
E	1/2"	2	9.85		19.70	0.99	19.50
F	5/8"	41	3.10		121.10	1.56	188.92
G	5/8"	11	9.85		108.35	1.56	169.03
H	5/8"	41	3.31		135.71	1.56	211.7
I	5/8"	11	9.85		108.35	1.56	169.0
J	3/8"	100	2.01		201.00	0.56	112.56
K	3/8"	6	9.85		59.10	0.56	33.09
L	5/8"	51	1.00		51.00	1.56	79.56
M	5/8"	67	1.50		100.50	1.56	156.78
N	5/8"	66	2.50		165.00	1.56	257.40
				Ø3/8"	260.10	0.56	145.66
				Ø1/2"	19.70	0.99	19.50
				Ø5/8"	1763.44	1.56	2750.97
Grado 60				Peso total con mermas (10.00%)			3207.74

SECCIÓN MURO H=4.0m



ESC. 1/75

DISTRIBUCIÓN DE ACERO H=4.0m



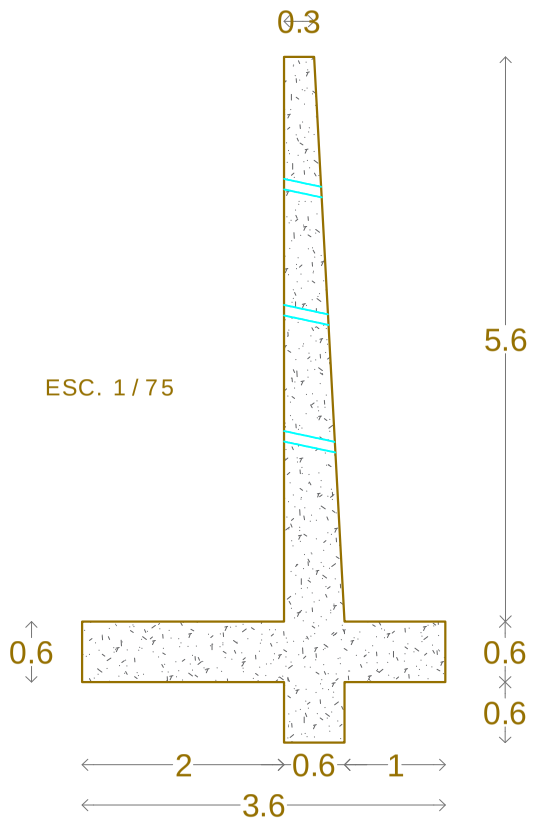
ESC. 1/75

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

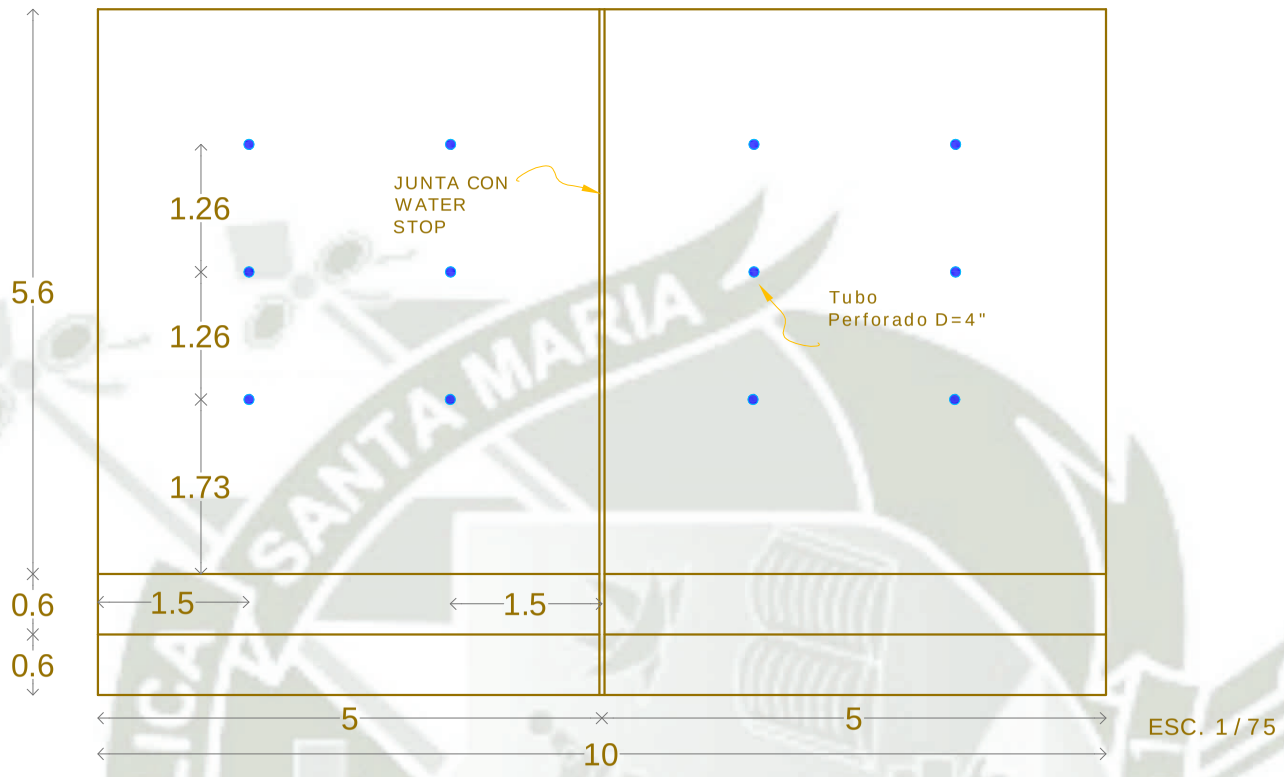
DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 1.2+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : MURO EN VOLADIZO
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº : MV-07

MURO DE CONTENCIÓN H=5.0m

DIMENSIONES MURO H=5.0m



SECCIÓN CORTE - DIMENSIONES H=5.0m



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.- ACERO DE REFUERZO
f'y=4200 kg/cm²

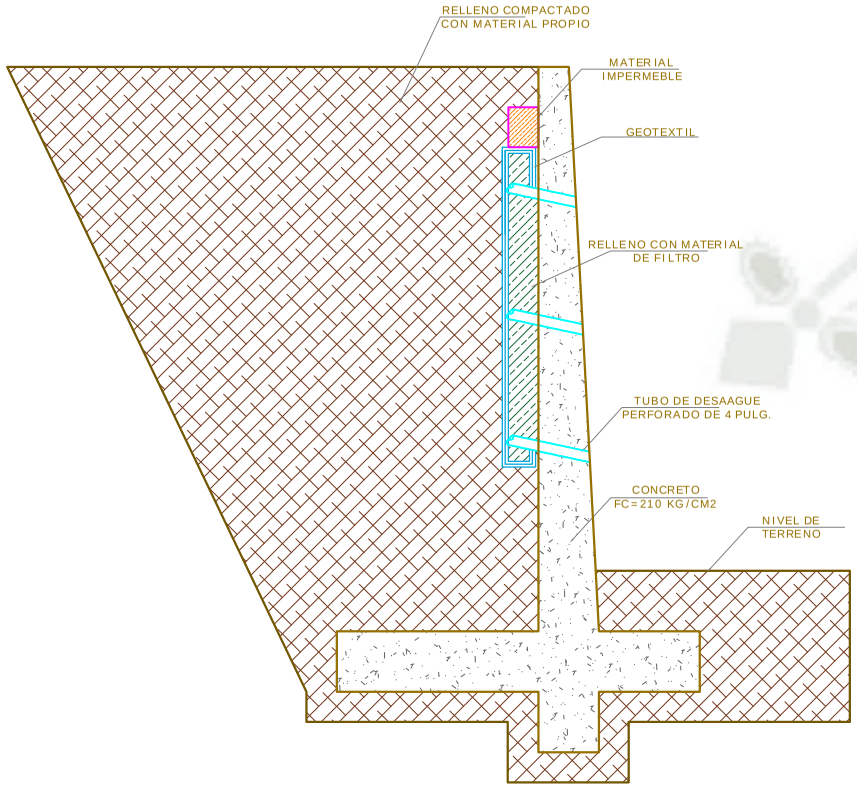
2.- RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Zapata: 7.5 cm
Pantalla: 7.5 cm

3.- TRANSLAPES: 0.60 mt

ACERO ASTM -GRADO 60

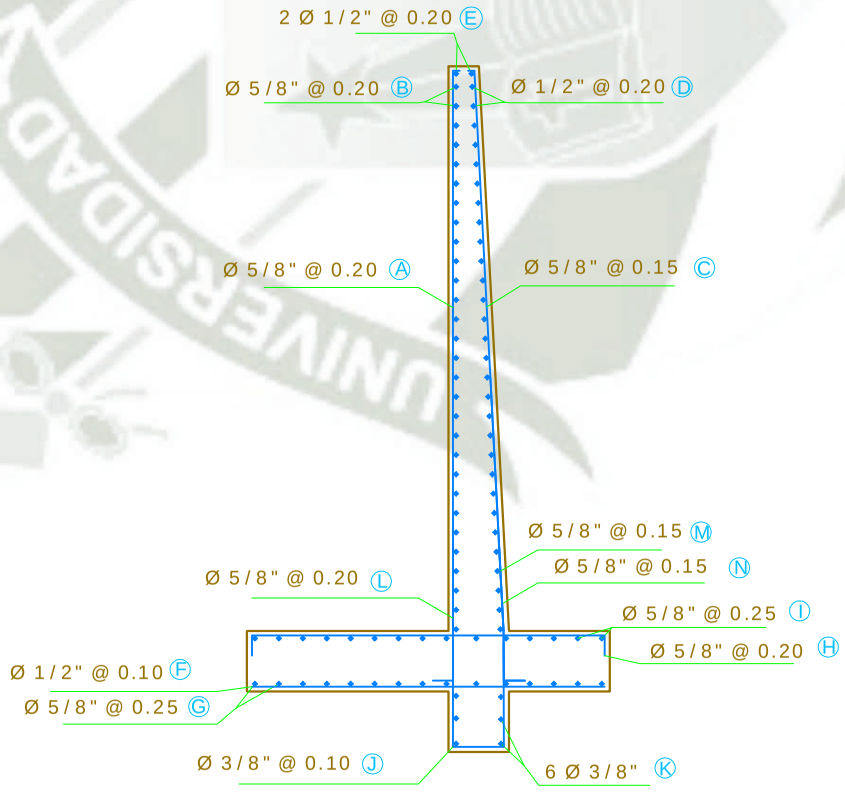
POSICIÓN	#	NÚM. PIEZAS	LONGITUD m	FORMA L=cm	LONGITUD TOTAL m	PESO kg/m	PESO kp
A	5/8"	51	5.62		286.62	1.56	447.13
B	5/8"	24	9.85		236.40	1.56	368.78
C	5/8"	67	5.63		377.21	1.56	588.45
D	1/2"	24	9.85		336.40	0.99	333.04
E	1/2"	2	9.85		19.70	0.99	19.50
F	1/2"	100	3.50		350.00	0.99	346.50
G	5/8"	13	9.85		128.05	1.56	199.76
H	5/8"	51	3.90		198.90	1.56	310.28
I	5/8"	13	9.85		128.05	1.56	199.76
J	3/8"	100	2.56		256.00	0.56	143.36
K	3/8"	6	9.85		59.10	0.56	33.10
L	5/8"	51	1.87		95.37	1.56	148.78
M	5/8"	67	1.69		113.23	1.56	176.64
N	5/8"	66	3.22		112.52	1.56	175.53
				Ø3/8"	315.10	0.56	176.46
				Ø1/2"	606.10	0.99	600.04
				Ø5/8"	1563.83	1.56	2439.57
Grado 60				Peso total con mermas (10.00%)			3537.68

SECCIÓN MURO H=5.0m



ESC. 1/75

DISTRIBUCIÓN DE ACERO H=5.0m



ESC. 1/75

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA SOCABAYA (KM 1.2+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

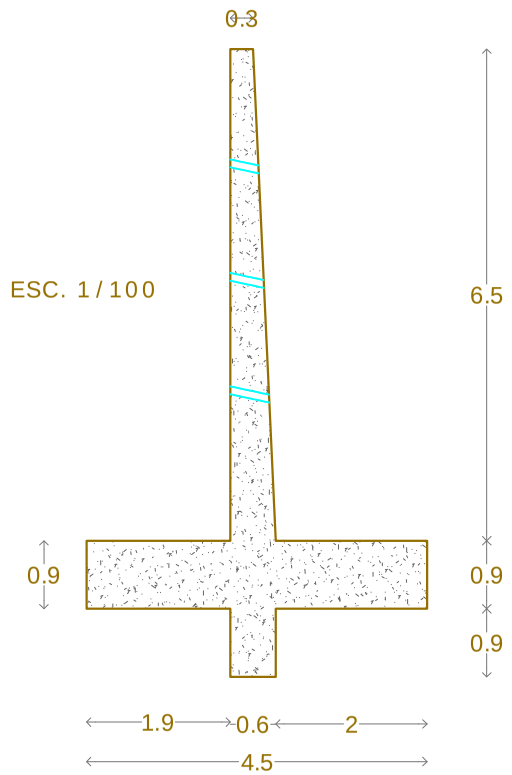
PLANO : MURO EN VOLADIZO

FECHA : JUNIO, 2017
ESC. : INDICADA
PLANO Nº : MV-08

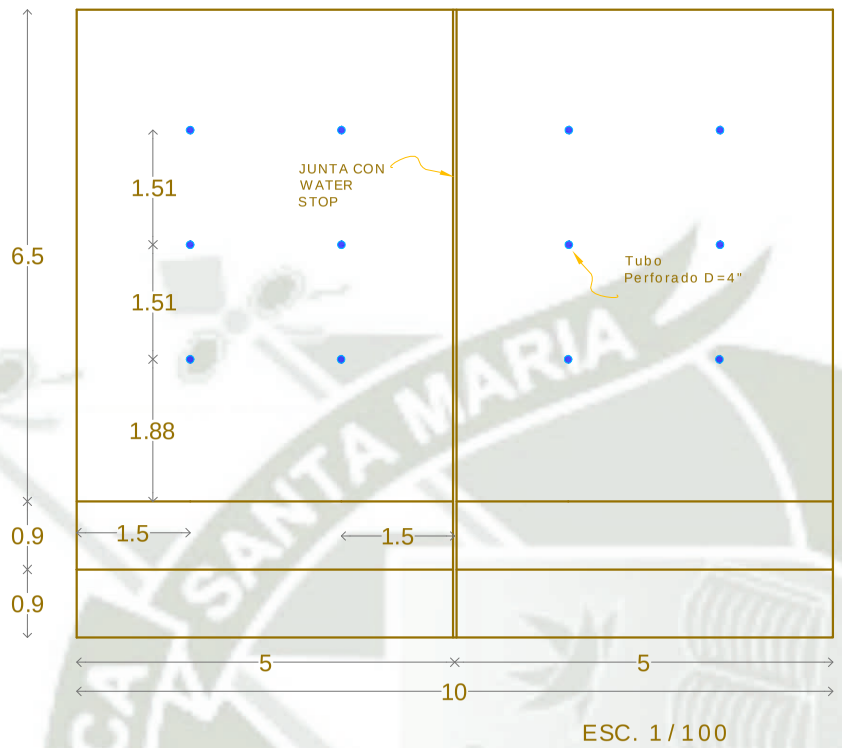
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA

MURO DE CONTENCION H=6.0m

DIMENSIONES MURO H=6.0m



SECCIÓN CORTE - DIMENSIONES H=6.0m



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.- ACERO DE REFUERZO
f'y=4200 kg/cm²

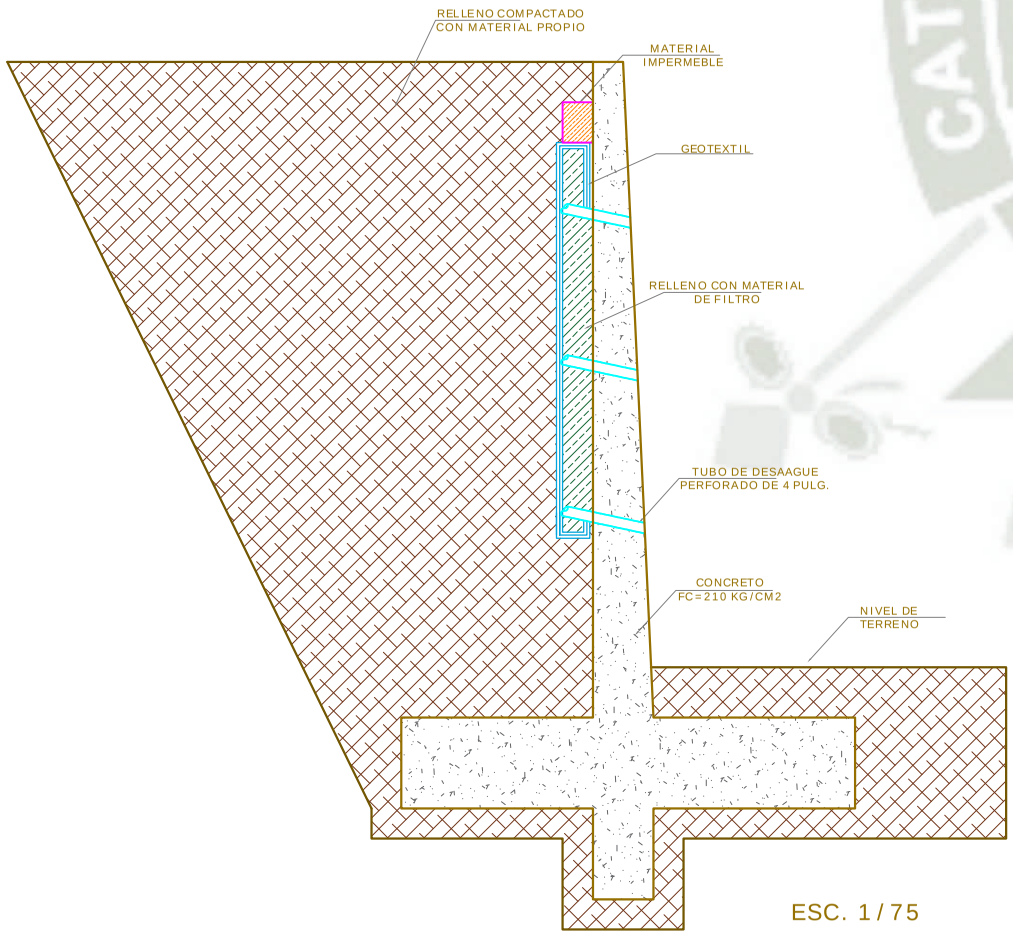
2.- RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Zapata: 7.5 cm
Pantalla: 7.5 cm

3.- TRANSLAPES: 0.60 mt

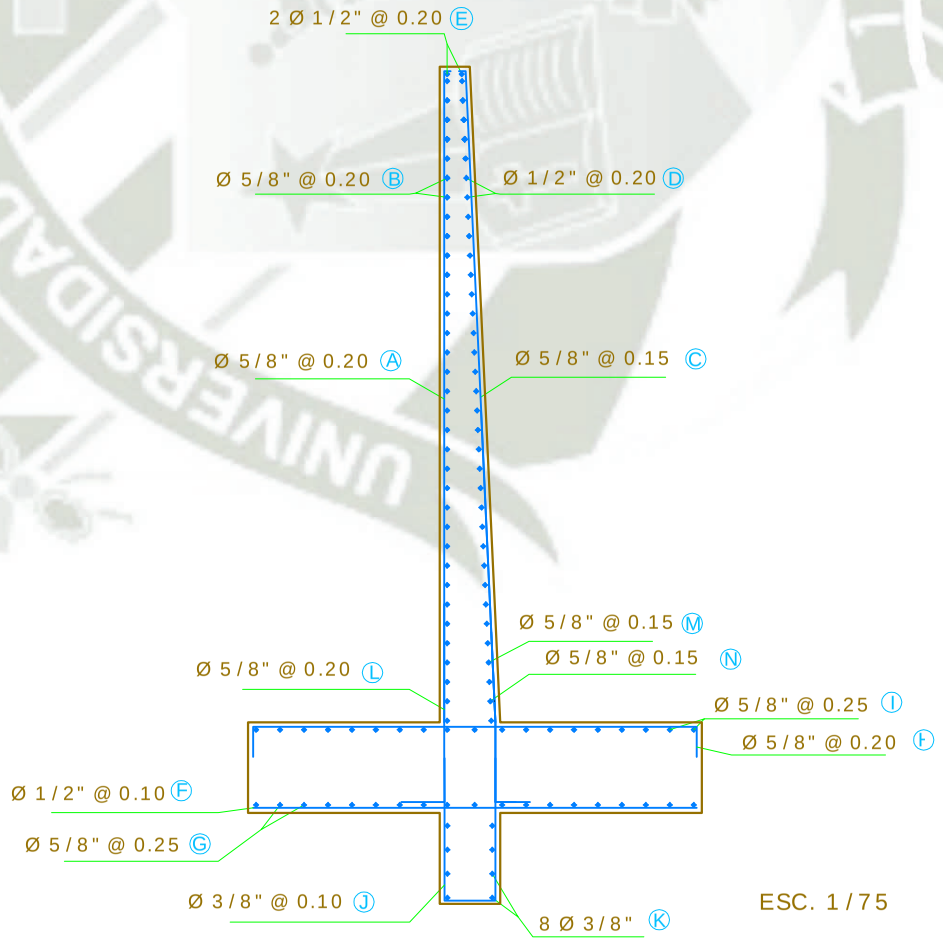
ACERO ASTM -GRADO 60

POSICIÓN	#	NÚM. PIEZAS	LONGITUD m	FORMA L=cm	LONGITUD TOTAL m	PESO kg/m	PESO kp
A	5/8"	51	6.52	452 (13)	332.52	1.56	518.73
B	5/8"	24	9.85	985	236.40	1.56	368.78
C	5/8"	67	6.53	452 (10)	437.51	1.56	682.52
D	1/2"	24	9.85	985	236.40	0.99	234.04
E	1/2"	2	9.85	985	19.70	0.99	19.59
F	1/2"	100	4.40	285	440.00	0.99	435.60
G	5/8"	13	9.85	985	128.05	1.56	199.76
H	5/8"	51	5.00	10 / 283 / 10	255.00	1.56	397.80
I	5/8"	13	9.85	985	128.05	1.56	199.76
J	3/8"	100	3.34	114 / 34 / 114	334.00	0.56	187.04
K	3/8"	6	9.85	985	59.10	0.56	33.10
L	5/8"	51	2.20	30 / 111 / 90 / 49 / 30	112.2	1.56	175.03
M	5/8"	67	1.95	130.65	1.56	203.81	
N	5/8"	66	4.10	200 / 49 / 30	270.60	1.56	422.14
				Ø3/8"	393.10	0.56	220.14
				Ø1/2"	696.10	0.99	689.14
				Ø5/8"	1760.38	1.56	2746.19
Grado 60				Peso total con mermas (10.00%)			4021.01

SECCIÓN MURO H=6.0m



DISTRIBUCIÓN DE ACERO H=6.0m

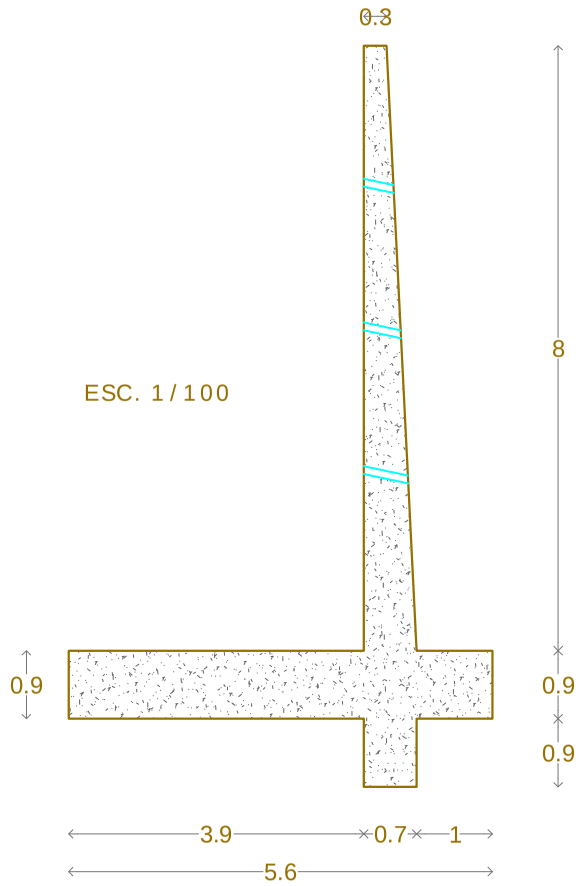


UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

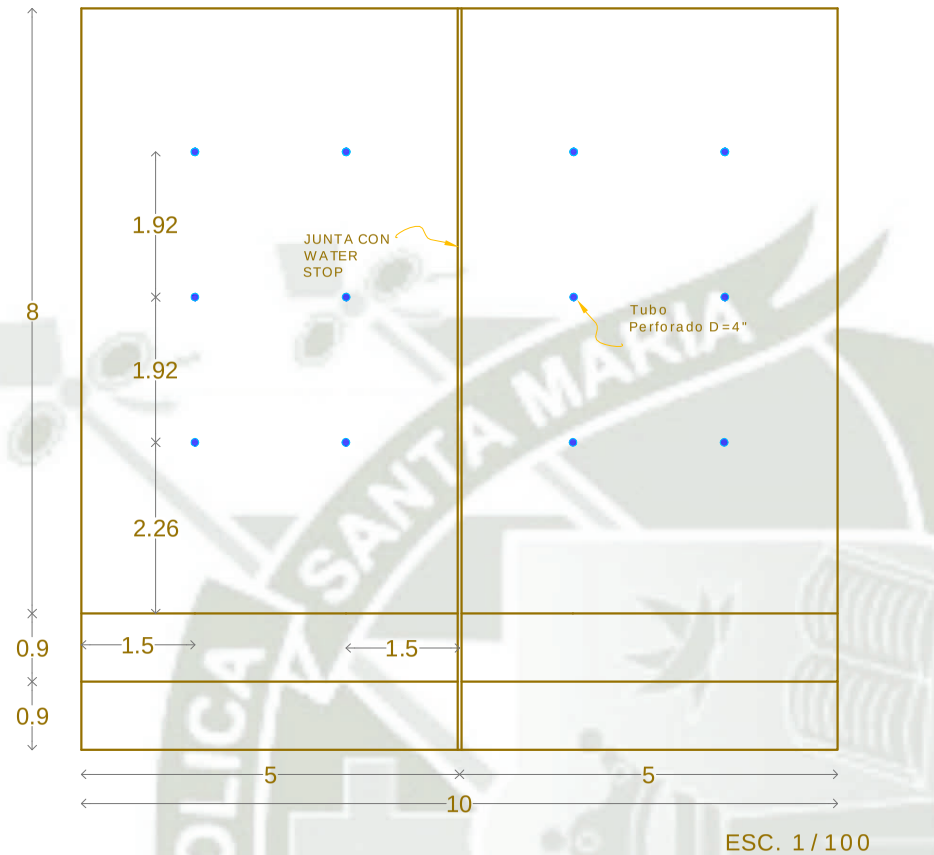
DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : MURO EN VOLADIZO
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : INDICADA
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	PLANO Nº : MV-09

MURO DE CONTENCIÓN H=7.5m

DIMENSIONES MURO H=7.5m



SECCIÓN CORTE - DIMENSIONES H=7.5m



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.- ACERO DE REFUERZO
f'y=4200 kg/cm²

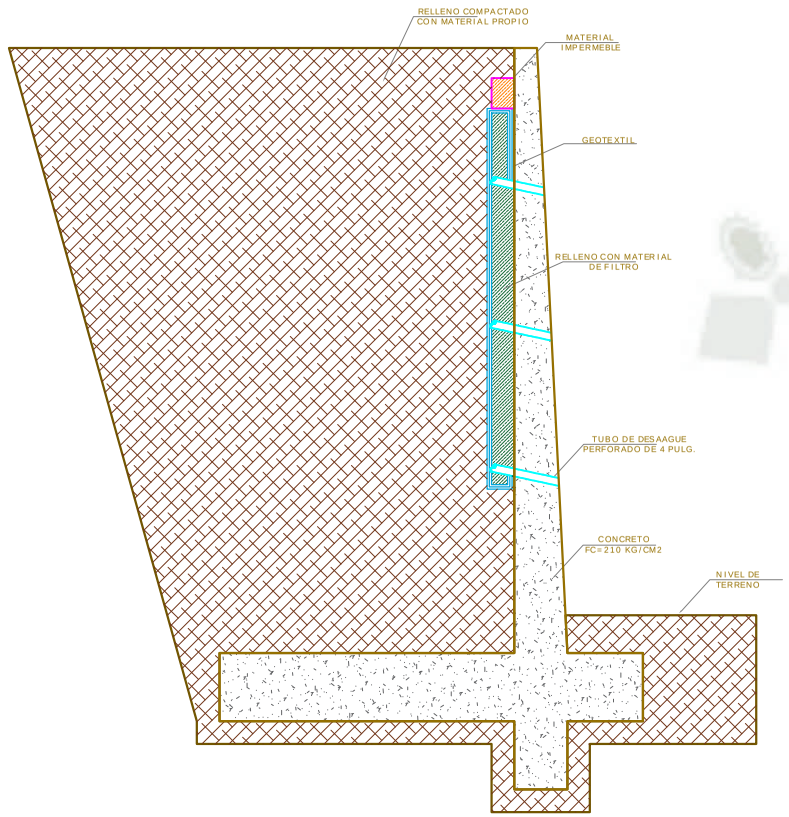
2.- RECUBRIMIENTOS MINIMOS
Zapata: 7.5 cm
Pantalla: 7.5 cm

3.- TRANSLAPES: 0.60 mt

ACERO ASTM -GRADO 60

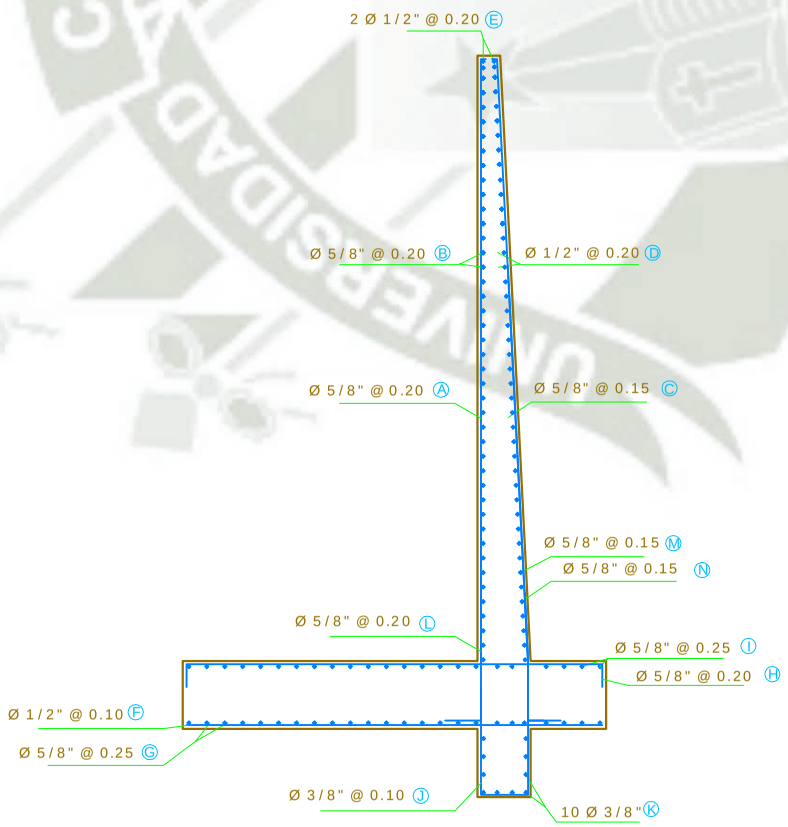
POSICIÓN	#	NÚM. PIEZAS	LONGITUD m	FORMA L=cm	LONGITUD TOTAL m	PESO kg/m	PESO kp
A	5/8"	51	8.02		409.02	1.56	638.07
B	5/8"	24	9.85		236.40	1.56	368.78
C	5/8"	67	8.03		538.01	1.56	839.30
D	1/2"	24	9.85		236.40	0.99	234.04
E	1/2"	2	9.85		19.70	0.99	19.59
F	1/2"	100	5.50		550.0	0.99	544.5
G	5/8"	13	9.85		128.05	1.56	199.76
H	5/8"	51	6.10		311.10	1.56	485.32
I	5/8"	13	9.85		128.05	1.56	199.76
J	3/8"	100	3.45		345.0	0.56	193.20
K	3/8"	6	9.85		59.10	0.56	33.10
L	5/8"	51	3.70		188.7	1.56	294.37
M	5/8"	67	2.56		171.52	1.56	267.57
N	5/8"	66	6.21		409.86	1.56	639.38
				Ø3/8"	404.10	0.56	226.30
				Ø1/2"	806.10	0.99	798.04
				Ø5/8"	2110.85	1.56	3292.9
Grado 60				Peso total con mermas (10.00%)			4748.99

SECCIÓN MURO H=7.5m



ESC. 1/100

DISTRIBUCIÓN DE ACERO H=7.5m



ESC. 1/100

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

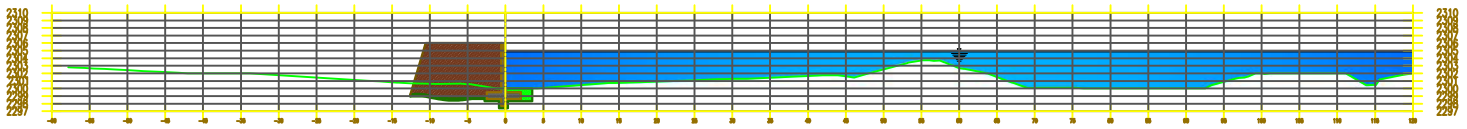
PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.

PLANO : MURO EN VOLADIZO

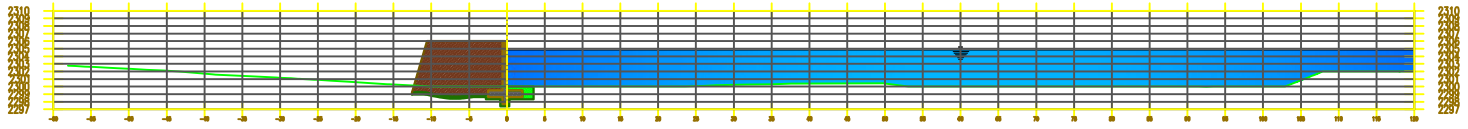
FECHA : JUNIO, 2017 | ESC. : INDICADA | PLANO Nº : MV-10

BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA

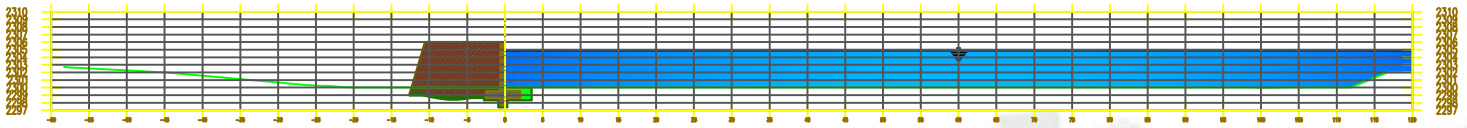
Km 0+000



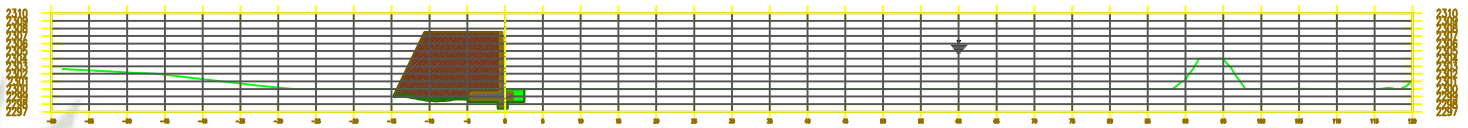
Km 0+010



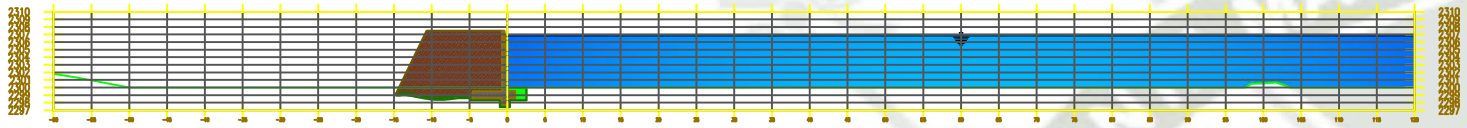
Km 0+020



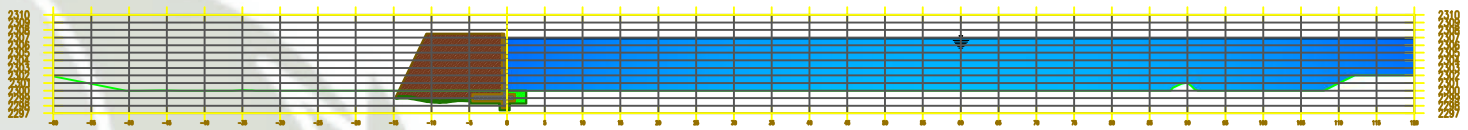
Km 0+030



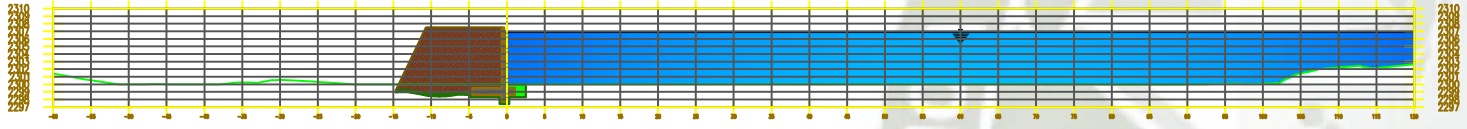
Km 0+040



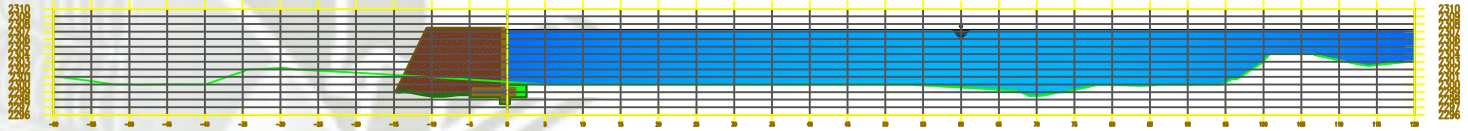
Km 0+050



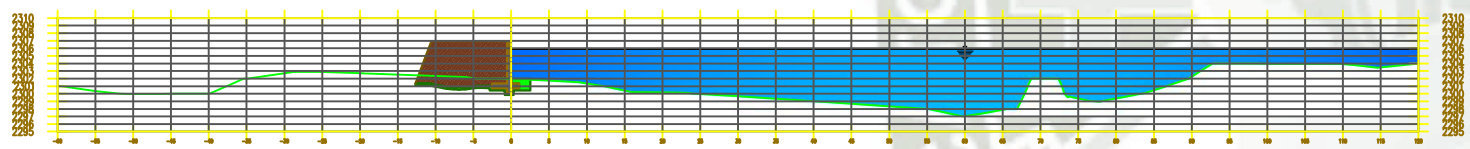
Km 0+060



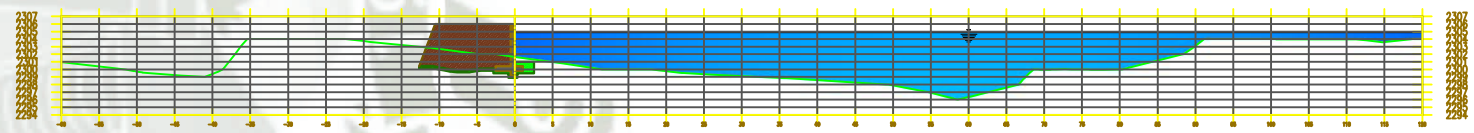
Km 0+070



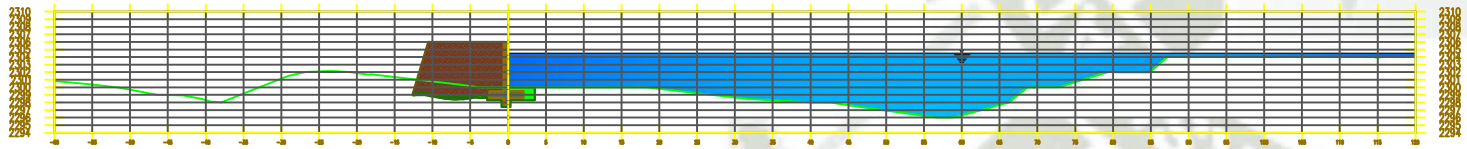
Km 0+080



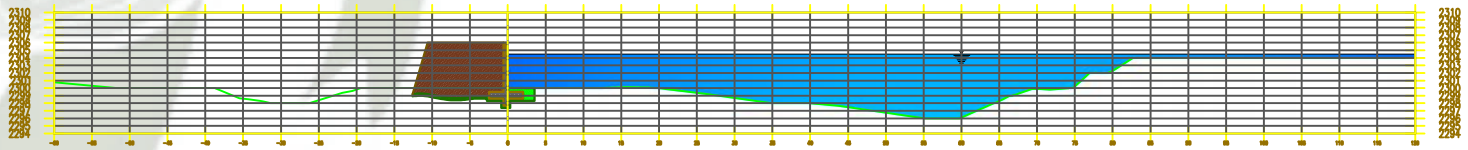
Km 0+090



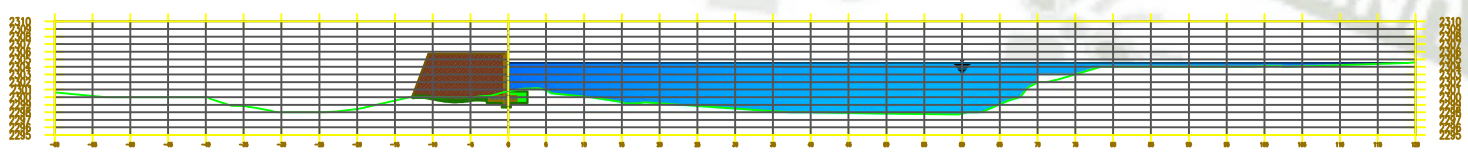
Km 0+100



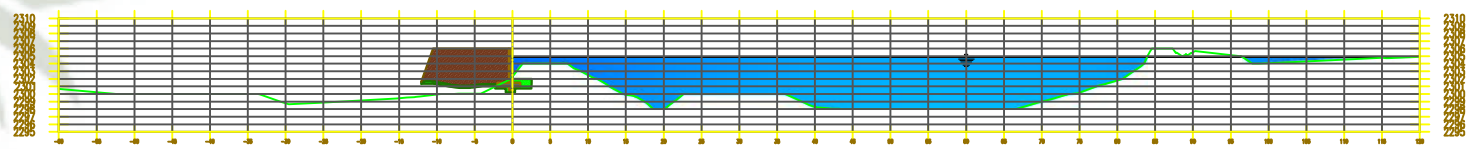
Km 0+110



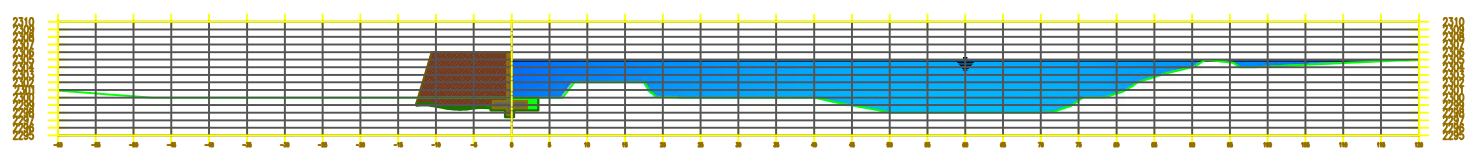
Km 0+120



Km 0+130



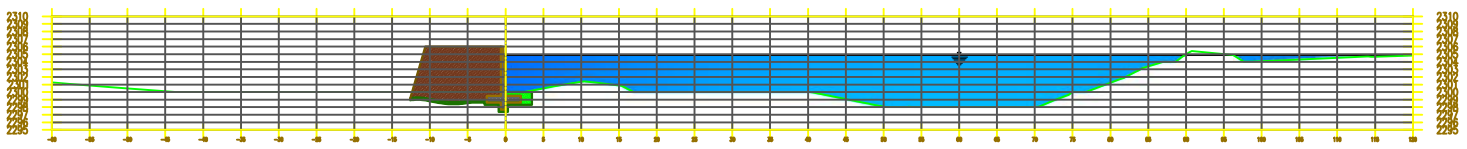
Km 0+140



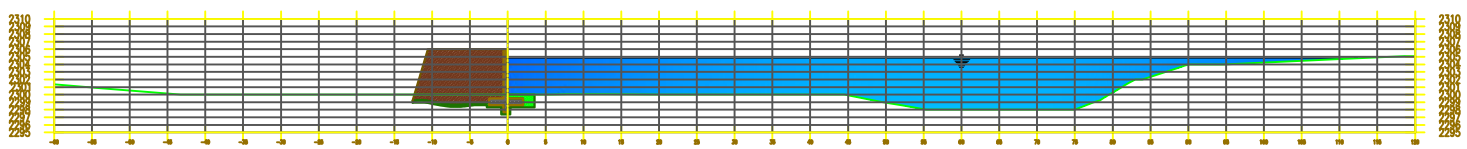
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA PROVINCIA : AREQUIPA DISTRITO : SOCABAYA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA PLANO : **MURO EN VOLADIZO**
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : 1/1,000
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**	PLANO Nº : **MV-11**

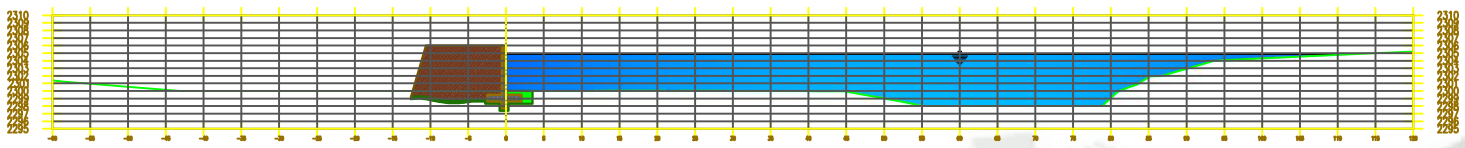
Km 0+150



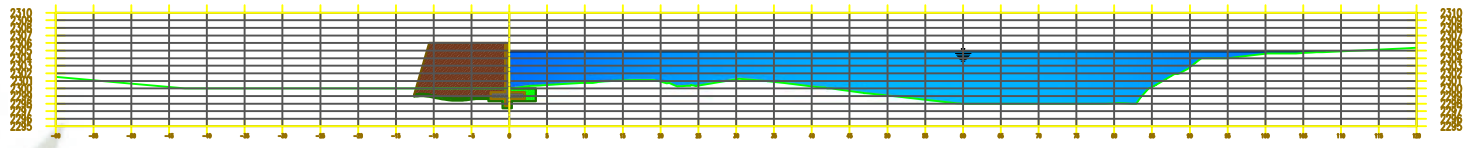
Km 0+160



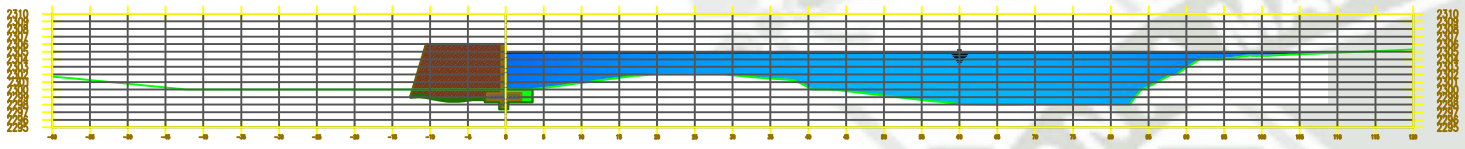
Km 0+170



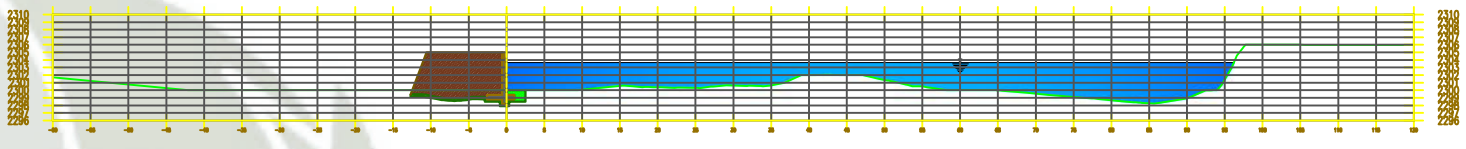
Km 0+180



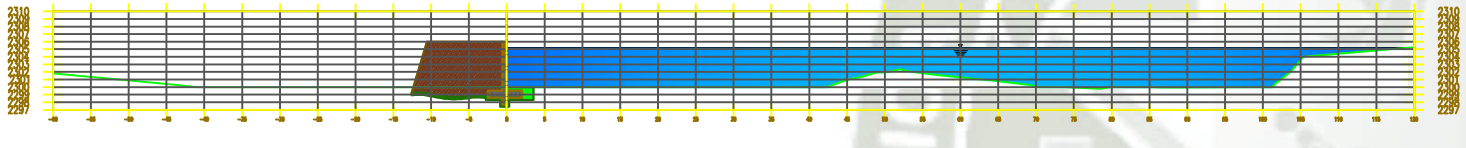
Km 0+190



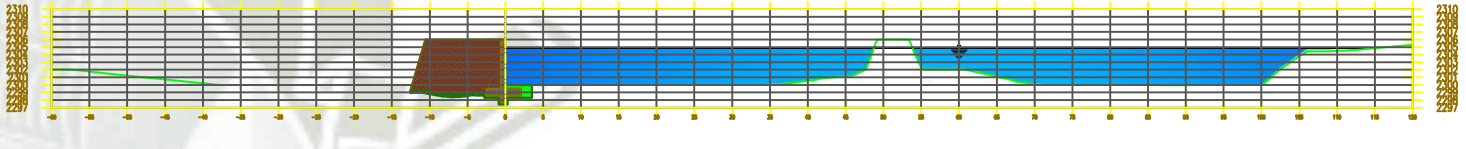
Km 0+200



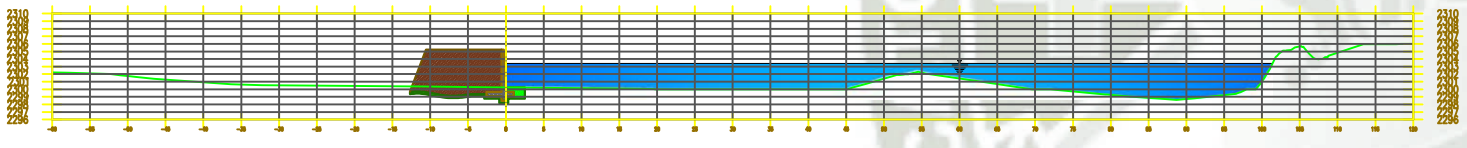
Km 0+210



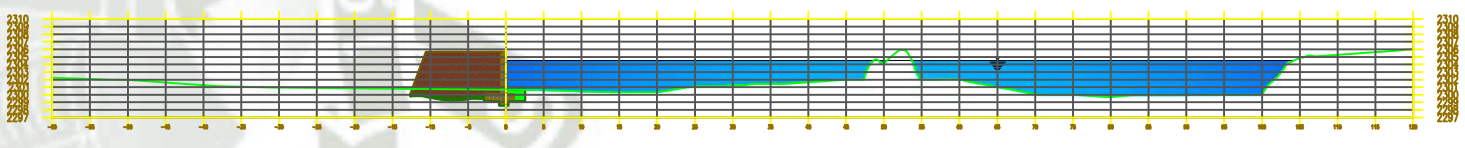
Km 0+220



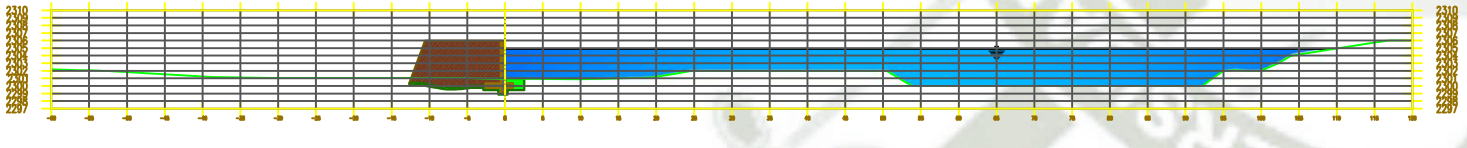
Km 0+230



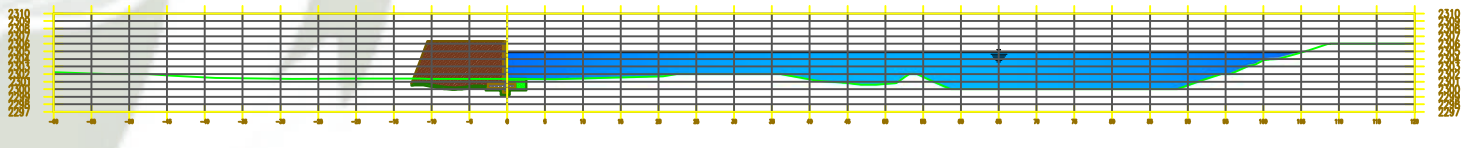
Km 0+240



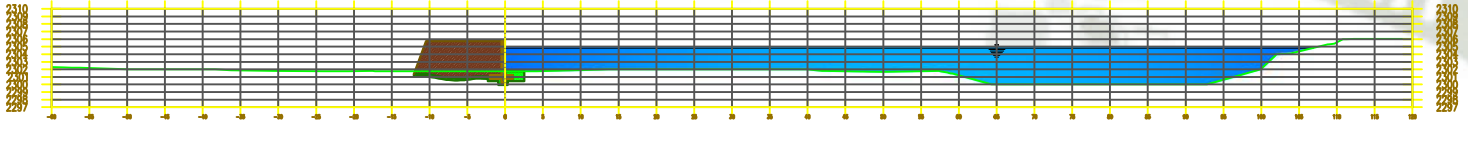
Km 0+250



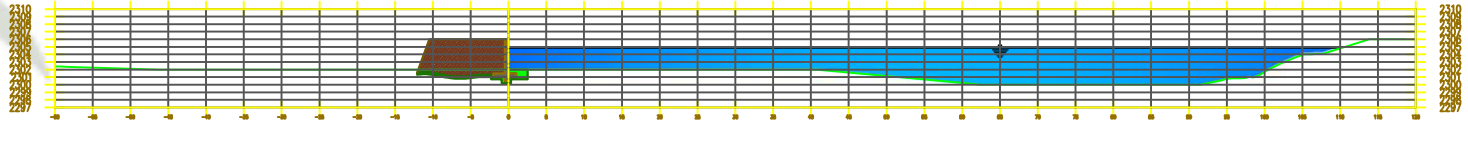
Km 0+260



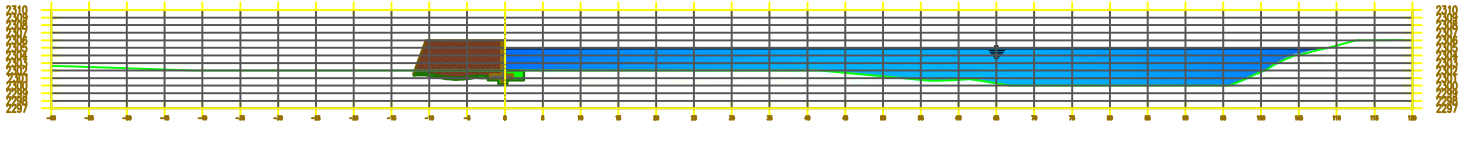
Km 0+270



Km 0+280



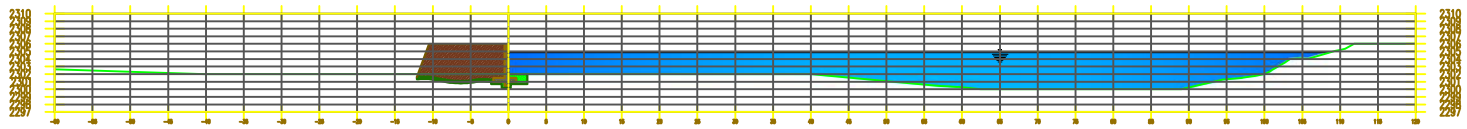
Km 0+290



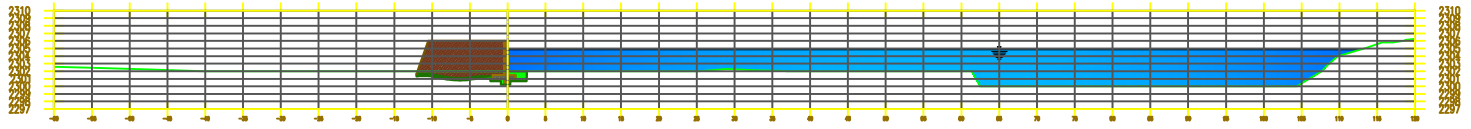
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 1.2+500 AL 13+500) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA	
DISTRITO : SOCABAYA	PLANO : **MURO EN VOLADIZO**
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : 1/1,000 — PLANO Nº : **MV-12**
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**	

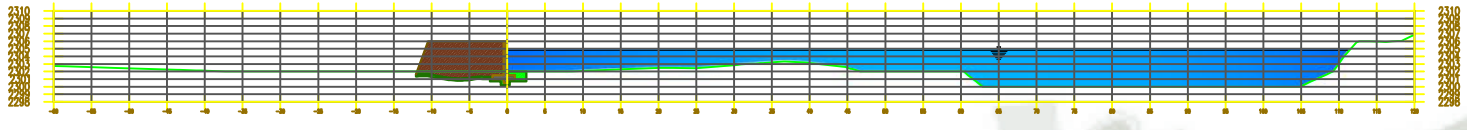
Km 0+300



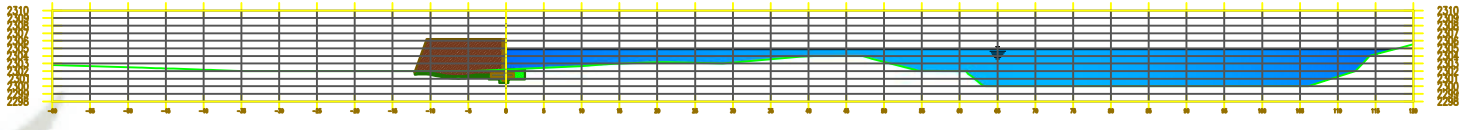
Km 0+310



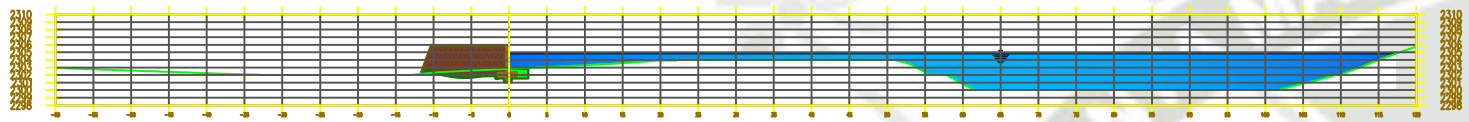
Km 0+320



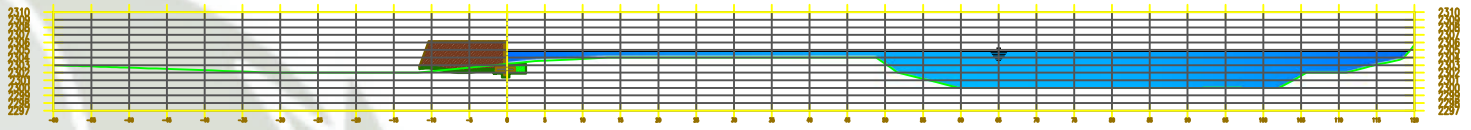
Km 0+330



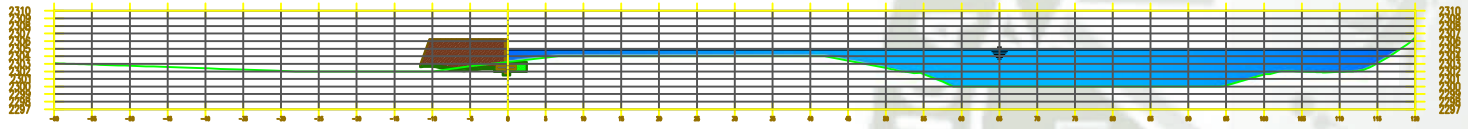
Km 0+340



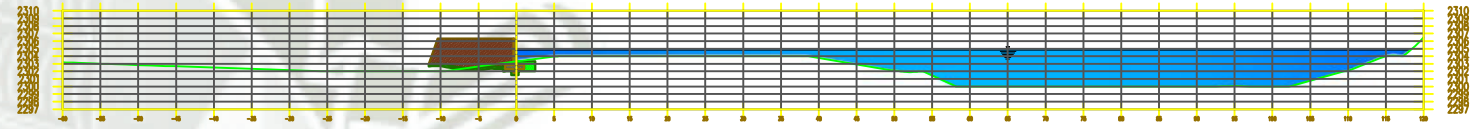
Km 0+350



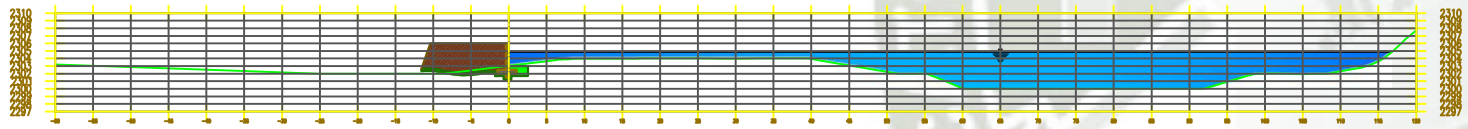
Km 0+360



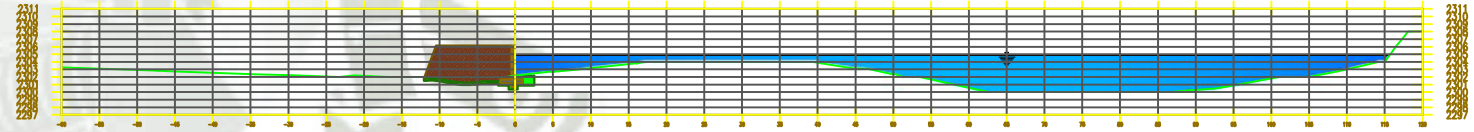
Km 0+370



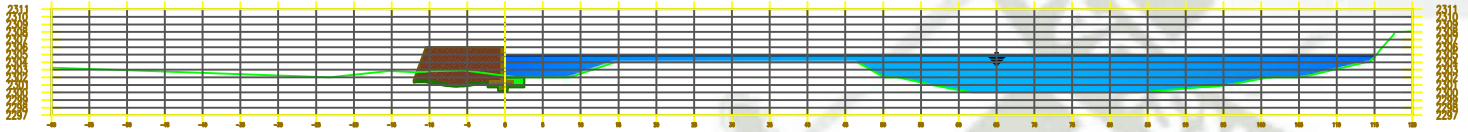
Km 0+380



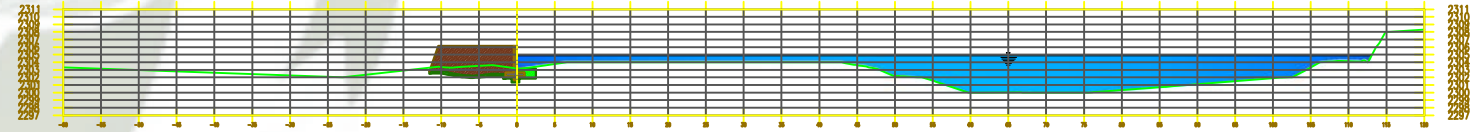
Km 0+390



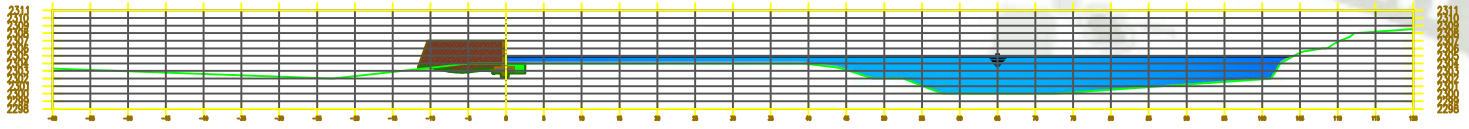
Km 0+400



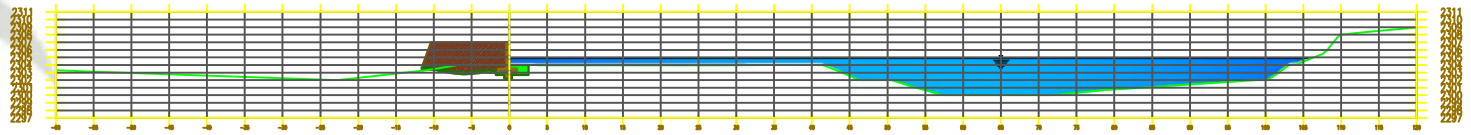
Km 0+410



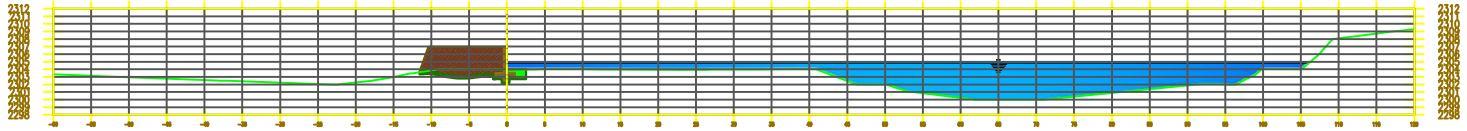
Km 0+420



Km 0+430

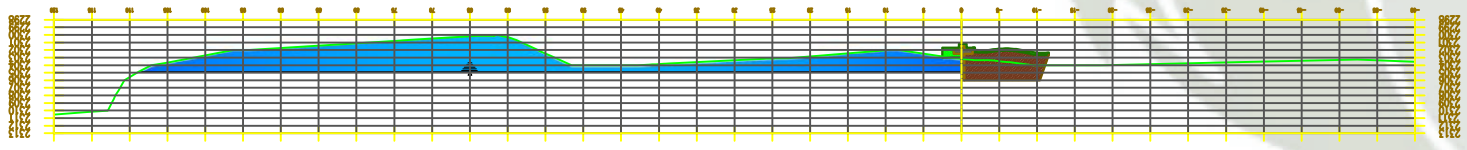


Km 0+440

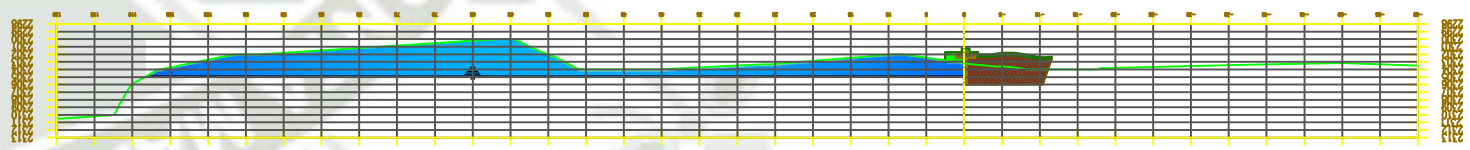


UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

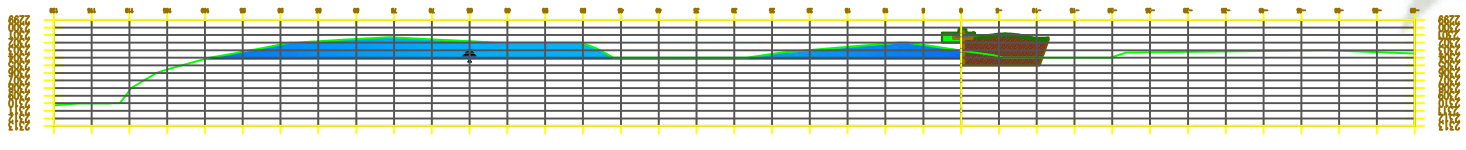
DEPARTAMENTO : AREQUIPA PROVINCIA : AREQUIPA DISTRITO : SOCABAYA	PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA D AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA PLANO : **MURO EN VOLADIZO**
FECHA : JUNIO, 2017	ESC. : 1/1,000
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**	PLANO Nº : **MV-13**



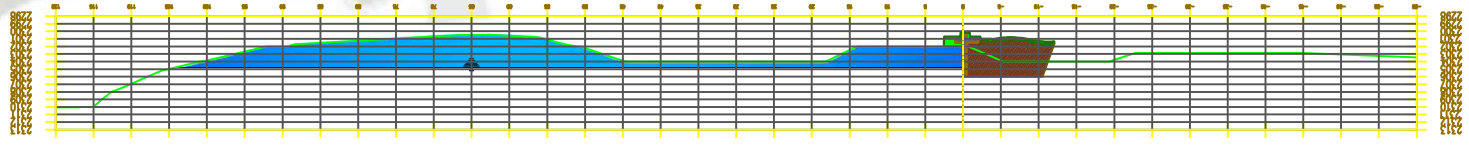
Km 0+493



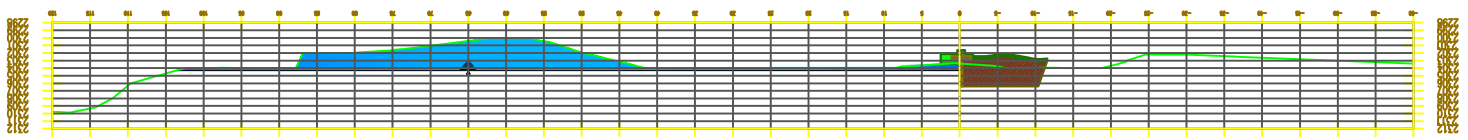
Km 0+490



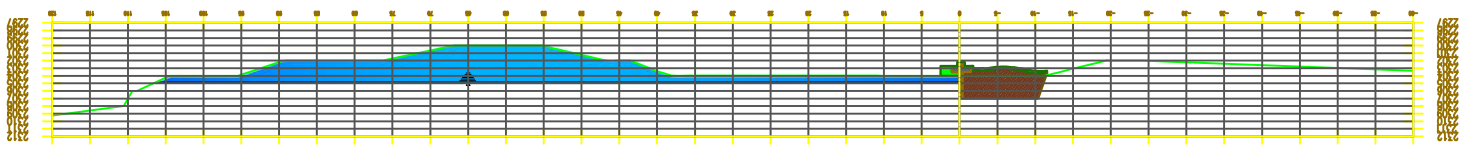
Km 0+480



Km 0+470



Km 0+460



Km 0+450

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA
PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA SOCABAYA (KM 1.2+500.00 Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA O AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
PLANO : MURO EN VOLADIZO
FECHA : JUNIO, 2017
ESC. : 1/1,000
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA
PLANO Nº : MV-14

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO: AREQUIPA

PROVINCIA: AREQUIPA

DISTRITO: SOCABAYA

PROYECTO:

UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL

PLANO N°: UHF-01

ESC. : S/ESCALA

FECHA : JUNIO. 2017

BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA

COORDENADAS DE HITOS

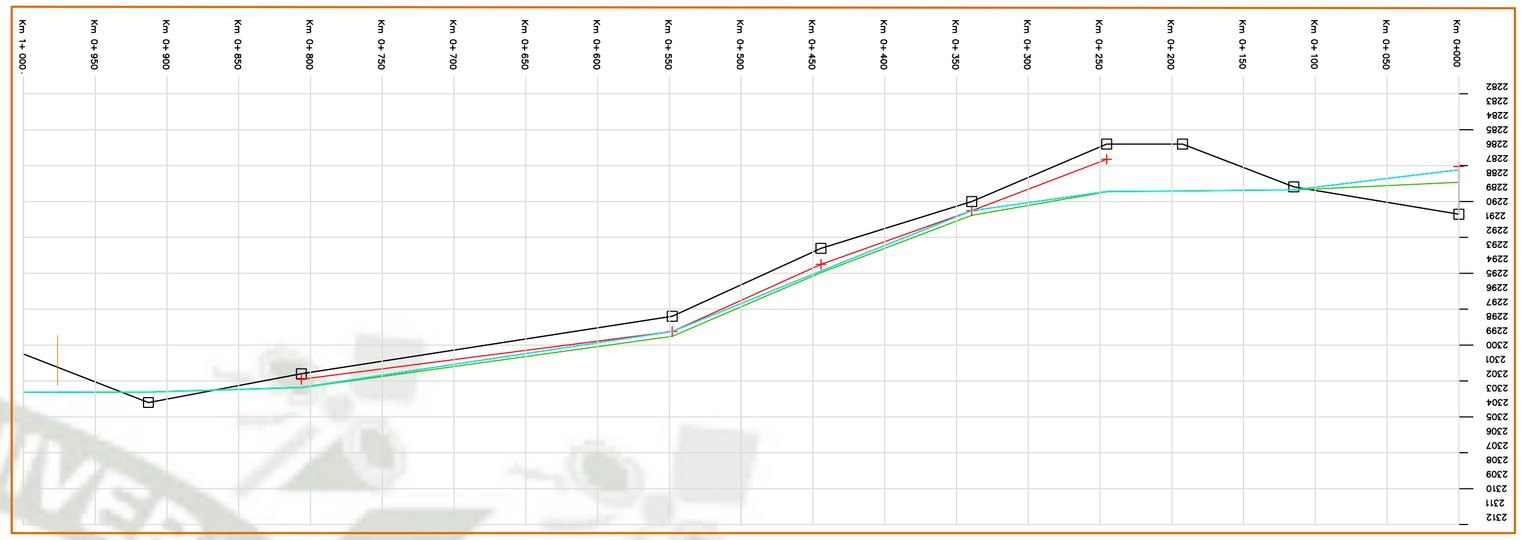
N°DE PUNTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
1	231852.50	8179952.53	H-1
2	231906.66	8179906.43	H-2
3	231946.38	8179862.29	H-3
4	232892.23	8179156.82	H-4
5	232801.57	8178284.44	H-5
6	232662.07	8178258.82	H-6
7	232139.27	8178651.37	H-7
8	232139.91	8178704.18	H-8
9	232977.85	8178233.30	H-9
10	232904.56	8178186.38	H-10
11	232905.89	8178247.05	H-11
12	232906.11	8178145.16	H-12
13	232916.40	8178152.49	H-13
14	232896.24	8178255.30	H-14
15	232896.75	8178056.24	H-15
16	232904.13	8178037.44	H-16
17	232896.23	8178013.96	H-17
18	232904.73	8178027.20	H-18
19	232904.27	8177907.20	H-19
20	232904.73	8177919.62	H-20
21	232904.28	8177800.12	H-21
22	232905.72	8177810.15	H-22
23	232904.90	8177819.05	H-23
24	232905.41	8177972.40	H-24
25	232904.99	8178236.30	H-25
26	232905.01	8178236.06	H-26
27	232905.64	8178222.06	H-27
28	232912.29	8178401.19	H-28
29	232918.83	8178401.73	H-29
30	232919.50	8178476.25	H-30
31	232921.56	8178693.77	H-31
32	232934.28	8178536.10	H-32
33	232915.11	8178634.11	H-33
34	232915.25	8178665.18	H-34
35	232956.46	8178792.14	H-35

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

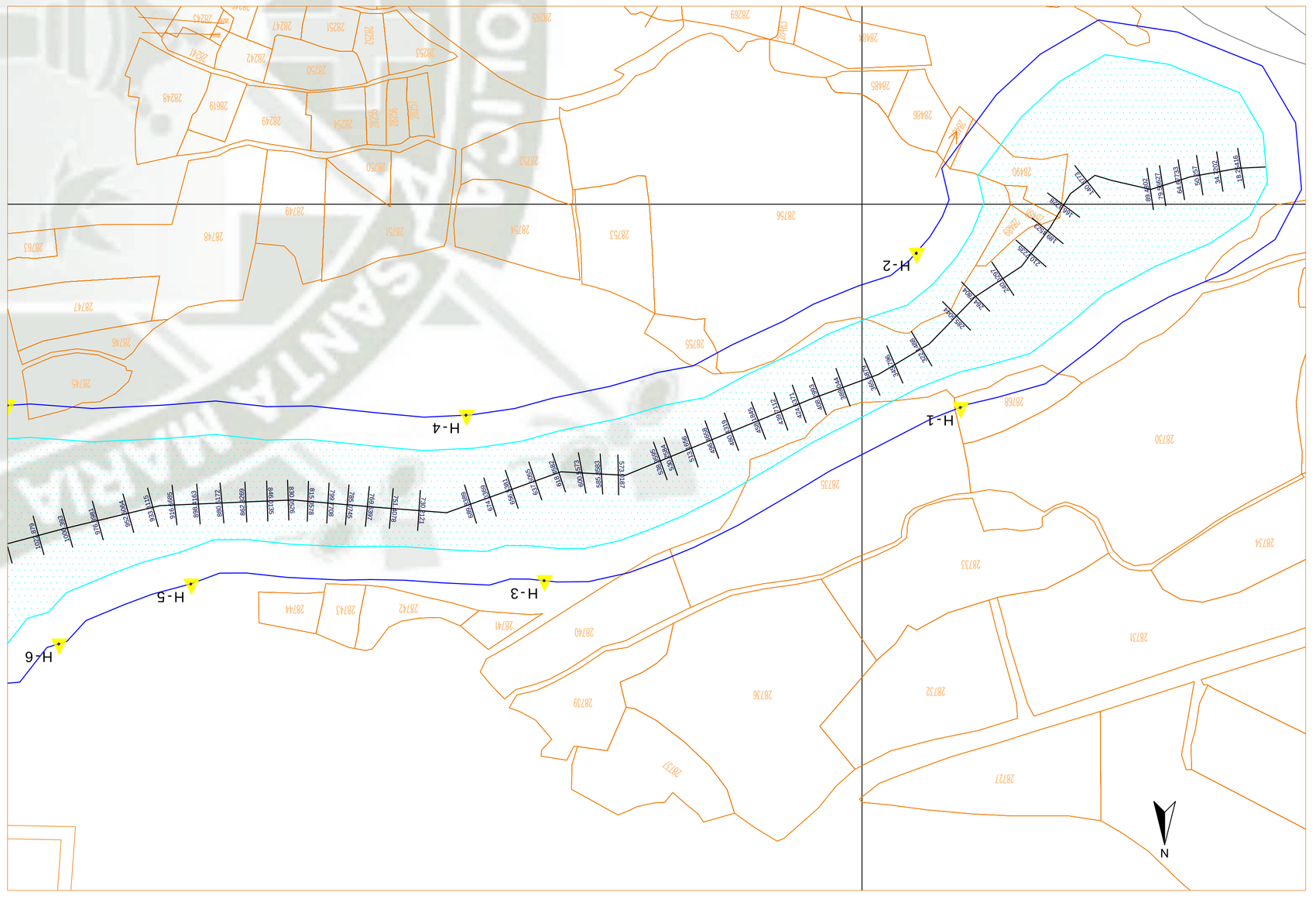
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300



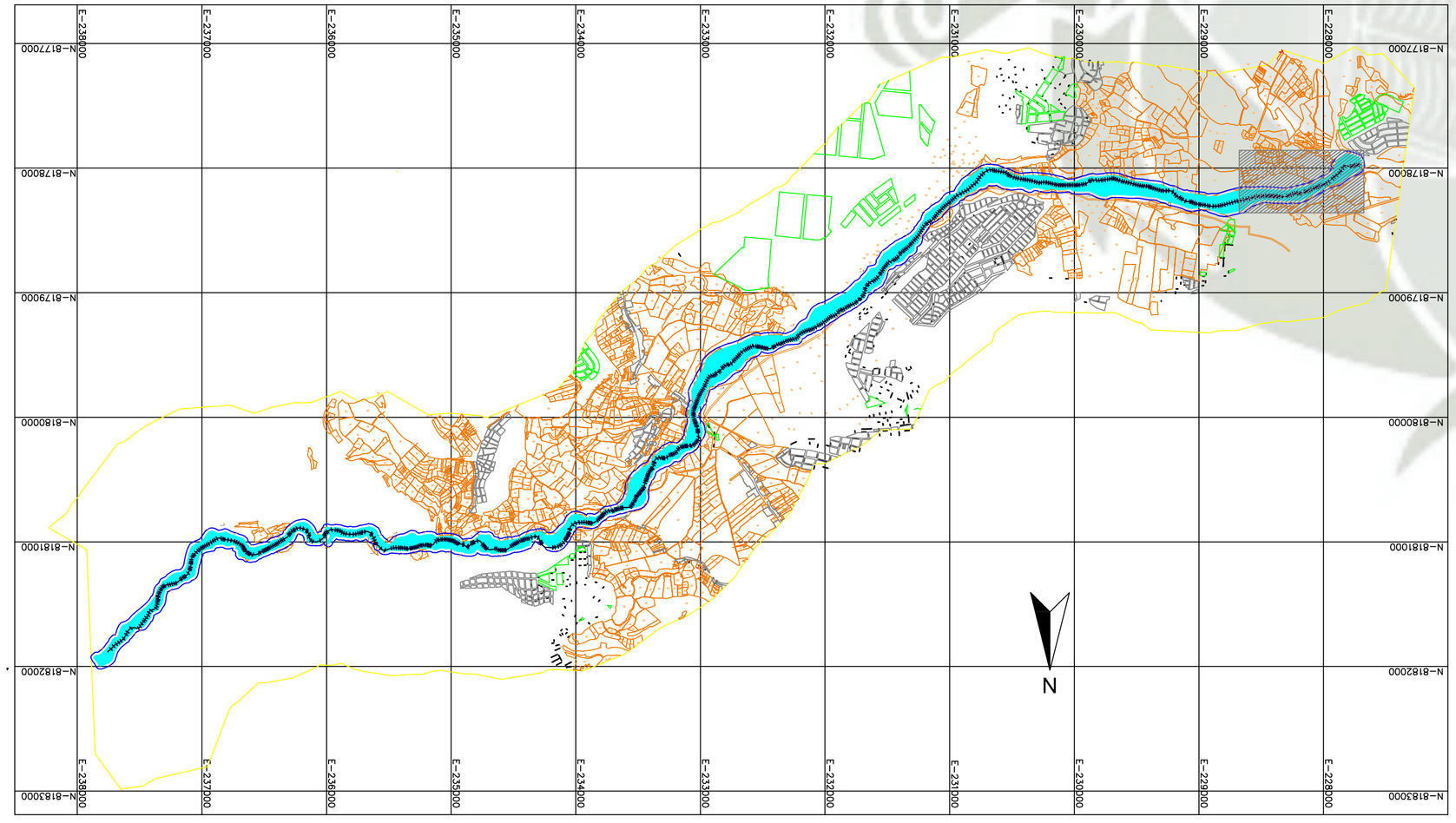
PLANO DE PLANTA

ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION

ESCALA 1:30000



COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
36	231891.50	8179822.37	H-36
37	231736.05	8179106.22	H-37
38	232037.72	8179062.30	H-38
39	232718.37	8178363.46	H-39
40	232753.08	8178295.22	H-40
41	232754.37	8178254.33	H-41
42	232800.43	8178237.30	H-42
43	232666.13	8178056.77	H-43
44	232815.08	8178016.95	H-44
45	232995.16	8178036.36	H-45
46	233230.96	8178277.62	H-46
47	233058.02	8178179.37	H-47
48	233154.08	8178066.40	H-48
49	233011.18	8178077.73	H-49
50	233106.08	8178062.82	H-50
51	233162.87	8178071.12	H-51
52	233210.39	8178029.10	H-52
53	233210.02	8178022.99	H-53
54	233179.90	8178029.56	H-54
55	233162.24	8178028.80	H-55
56	233089.41	8178056.84	H-56
57	233515.80	8178041.82	H-57
58	233430.11	8178067.85	H-58
59	233596.20	8178121.76	H-59
60	233636.43	8178076.38	H-60
61	233562.84	8178076.19	H-61
62	233749.04	8178089.63	H-62
63	233812.75	8178073.33	H-63
64	233818.77	8178089.83	H-64
65	234039.46	8178089.49	H-65
66	234052.12	8178077.39	H-66
67	234029.04	8178094.80	H-67
68	234133.77	8178110.76	H-68
69	234236.36	8178095.53	H-69
70	234292.64	8178100.52	H-70

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
71	231891.68	8179907.98	H-71
72	231736.55	8179106.96	H-72
73	232037.79	8179062.30	H-73
74	232597.43	8178111.31	H-74
75	232629.05	8178091.20	H-75
76	232781.74	8178015.83	H-76
77	232823.74	8178014.57	H-77
78	232934.46	8178093.58	H-78
79	232906.17	8178107.32	H-79
80	232906.08	8178083.42	H-80
81	232871.25	8178091.13	H-81
82	232841.41	8178105.77	H-82
83	232437.24	8178092.21	H-83
84	232504.48	8178095.06	H-84
85	232562.25	8178093.88	H-85
86	232617.63	8178102.46	H-86
87	232683.73	8178097.69	H-87
88	232986.42	8178103.72	H-88
89	232979.48	8178091.83	H-89
90	232180.56	8178099.73	H-90
91	232238.47	8178093.60	H-91
92	232635.54	8178103.16	H-92
93	232344.48	8178091.64	H-93
94	232602.48	8178107.76	H-94
95	232872.11	8178092.87	H-95
96	232821.40	8178086.30	H-96
97	232681.88	8178098.64	H-97
98	232706.16	8178100.16	H-98
99	232726.65	8178086.42	H-99
100	232495.65	8178109.49	H-100
101	232536.66	8178139.81	H-101
102	232693.22	8178143.35	H-102
103	232734.28	8178158.27	H-103
104	232800.50	8178189.19	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO: AREQUIPA
PROVINCIA: AREQUIPA
DISTRITO: SOCABAYA

PROYECTO:
UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL
PLANO

BACHILLER: JOEL CCANCCAPA PUMA
ESC. : S/ESCALA
FECHA : JUNIO 2017
PLANO N°: UHF-02

NOTA: MEDIANTE HITOS DE CONCRETO SE DELIMITARA LA FAJA MARGINAL Y LA LINEA DE PROTECCION CONSTA DE 104 HITOS DE CONCRETO SIMPLE DE 0.15 X 0.15 X 0.30 m. DE DIMENSIONES, ENTERRADOS EN EL TERRENO A INTERVALOS DE 50 m. EN LA MARGEN DERECHA Y 50 m. EN LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CHILI, EN LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE EL PUENTE BOLOGNESI Y EL PUENTE GRAU, EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8179152.90	227926.53	H-1
2	8179236.29	227959.65	H-2
3	8179282.29	228238.68	H-3
4	8179158.23	228297.23	H-4
5	8179284.84	228503.57	H-5
6	8179239.82	228602.67	H-6
7	8179151.37	228664.77	H-7
8	8179236.18	228794.13	H-8
9	8179235.30	228977.85	H-9
10	8179195.38	229040.56	H-10
11	8179347.55	229050.89	H-11
12	8179149.16	229186.11	H-12
13	8179253.35	229366.24	H-13
14	8179256.24	229575.75	H-14
15	8179213.96	229864.22	H-15
16	8179234.80	229750.65	H-16
17	8179214.72	229964.37	H-17
18	8179237.44	229954.13	H-18
19	8179071.20	230020.27	H-19
20	8179190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178176.13	230554.72	H-22
23	8178155.55	230849.90	H-23
24	8177972.40	230774.54	H-24
25	8178234.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.91	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.23	231139.83	H-29
30	8178346.25	231200.50	H-30
31	8178695.77	231291.56	H-31
32	8178536.10	231346.28	H-32
33	8178634.14	231493.11	H-33
34	8178665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231560.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8179822.31	231696.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.29	232037.72	H-38
39	8179284.66	232184.37	H-39
40	8179296.22	232353.09	H-40
41	8179524.29	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179536.77	232684.13	H-43
44	8179578.09	232881.08	H-44
45	8179536.38	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	233054.08	H-48
49	8179977.73	233301.18	H-49
50	8180259.42	233366.43	H-50
51	8180176.12	233298.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233324.02	H-53
54	8180359.56	233516.24	H-54
55	8180328.80	233379.90	H-55
56	8180506.44	233389.41	H-56
57	8180519.82	233516.80	H-57
58	8180687.85	233430.11	H-58
59	8180519.20	233598.20	H-59
60	8180650.36	233626.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180819.23	233749.04	H-62
63	8180754.33	233813.75	H-63
64	8180824.64	233916.77	H-64
65	8180775.29	234052.12	H-65
66	8180701.76	234133.37	H-66
67	8180846.80	234029.04	H-67
68	8180910.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234234.36	H-69
70	8181005.32	234282.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS

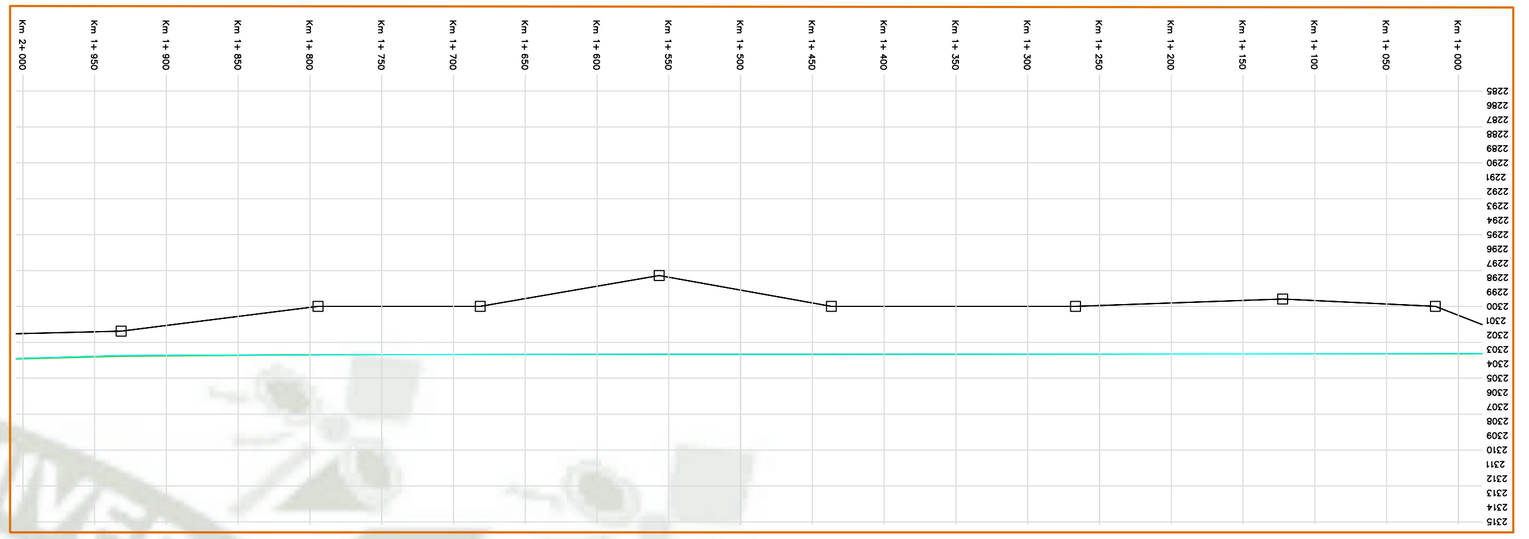
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8180914.96	234356.01	H-72
73	8180919.20	234462.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181116.57	234923.74	H-77
78	8180913.36	235014.17	H-78
79	8180910.32	235014.75	H-79
80	8180883.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235271.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180997.88	235617.23	H-85
86	8180977.69	235683.73	H-86
87	8180913.63	235679.66	H-87
88	8181012.72	235984.42	H-88
89	8180991.83	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.80	236228.47	H-91
92	8181021.16	236303.54	H-92
93	8180914.64	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180880.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181306.42	237236.63	H-99
100	8181706.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237536.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	8181859.19	237800.50	H-104

LEYENDA T = 50 AÑOS

- Linea de Energia
- Rivera
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

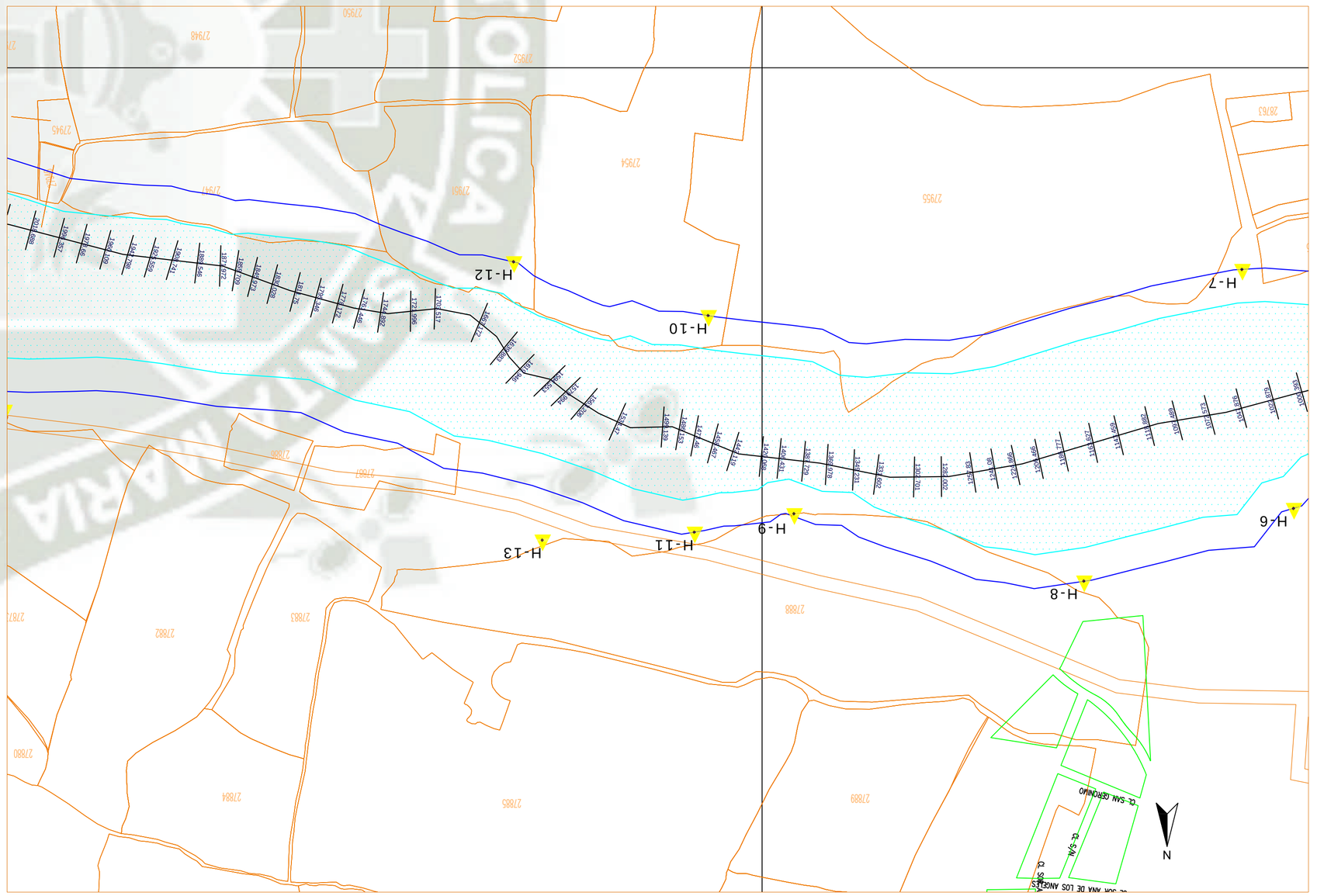
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300



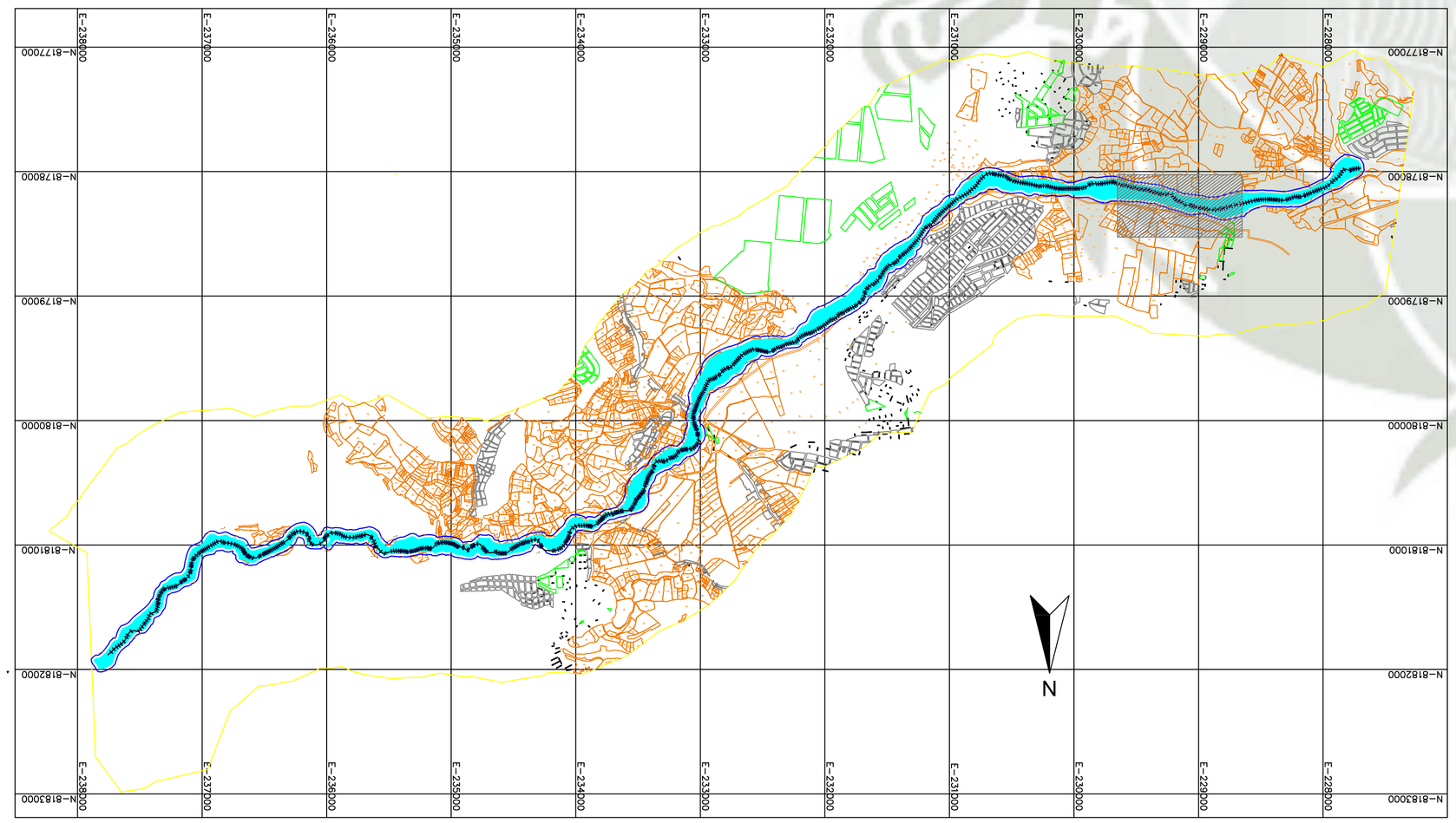
PLANO DE PLANTA

ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION

ESCALA 1:30000



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA		
	PROYECTO :	
	DEPARTAMENTO : AREQUIPA	
	PROVINCIA : AREQUIPA	
	DISTRITO : SOCABAYA	
	PLANO : UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL	
	BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA	
	FECHA : JUNIO 2017	ESC. : SIN/ESCALA
		PLANO Nº : UHF-03

NOTA: MEDIANTE HORAS DOCENTE HABILITADAS AVALADO EN EL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA SE REALIZO LA CAPACITACION DE MODELAMIENTO HIDRAULICO DE RIOS CON HEC-RAS Y HEC-GEORAS, PERMITIENDO ASI LA ELABORACION DEL PRESENTE PROYECTO DE INVESTIGACION.

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	232806.53	H-1
2	8176036.55	232958.65	H-2
3	8175082.29	233238.68	H-3
4	8174158.23	233297.33	H-4
5	8173284.84	233503.57	H-5
6	8172439.82	233802.67	H-6
7	8171615.27	234164.77	H-7
8	8170824.18	234579.51	H-8
9	8170055.20	234977.85	H-9
10	8169185.38	235406.56	H-10
11	8168347.55	235850.89	H-11
12	8167516.16	236186.11	H-12
13	8166753.49	236644.00	H-13
14	8165955.35	236966.24	H-14
15	8165024.24	236957.75	H-15
16	8164255.49	237078.54	H-16
17	8163213.96	236868.22	H-17
18	8162037.44	236854.13	H-18
19	8161077.20	236802.27	H-19
20	8160190.62	236804.73	H-20
21	8159001.42	236554.28	H-21
22	8157817.15	236556.72	H-22
23	8157185.55	236694.90	H-23
24	8156519.20	236596.20	H-24
25	8155236.30	236745.59	H-25
26	8154184.94	236993.00	H-26
27	8153236.06	237054.51	H-27
28	8152184.03	237172.29	H-28
29	8151446.53	237159.43	H-29
30	8150745.23	237200.50	H-30
31	8149669.77	237129.56	H-31
32	8148538.10	237146.28	H-32
33	8147484.14	237495.11	H-33
34	8146661.18	237541.25	H-34
35	8145972.14	237580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8146827.31	237691.50	H-36
37	8147910.22	237737.72	H-37
38	8147908.22	237737.72	H-38
39	8147938.46	237854.37	H-39
40	8147926.22	237923.08	H-40
41	8147925.23	237954.57	H-41
42	8147933.90	237980.43	H-42
43	8147956.77	237996.13	H-43
44	8147981.93	237981.08	H-44
45	8147953.26	237995.16	H-45
46	8147977.82	237970.96	H-46
47	8147993.71	237996.02	H-47
48	8147997.73	237971.18	H-48
49	8147998.47	237954.08	H-49
50	8148000.82	237936.06	H-50
51	8148019.12	237963.87	H-51
52	8148029.10	237971.39	H-52
53	8148032.99	237974.02	H-53
54	8148035.96	237982.24	H-54
55	8148050.44	237989.41	H-55
56	8148029.80	237974.90	H-56
57	8148016.82	237955.80	H-57
58	8148067.95	237943.11	H-58
59	8148051.20	237996.20	H-59
60	8148056.26	237996.43	H-60
61	8148076.19	237982.94	H-61
62	8148081.63	237974.04	H-62
63	8148075.43	237983.75	H-63
64	8148087.54	237981.77	H-64
65	8148088.83	237996.46	H-65
66	8148077.39	238052.12	H-66
67	8148094.80	238029.04	H-67
68	8148101.76	238113.37	H-68
69	8148091.55	238236.36	H-69
70	8148105.32	238292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS

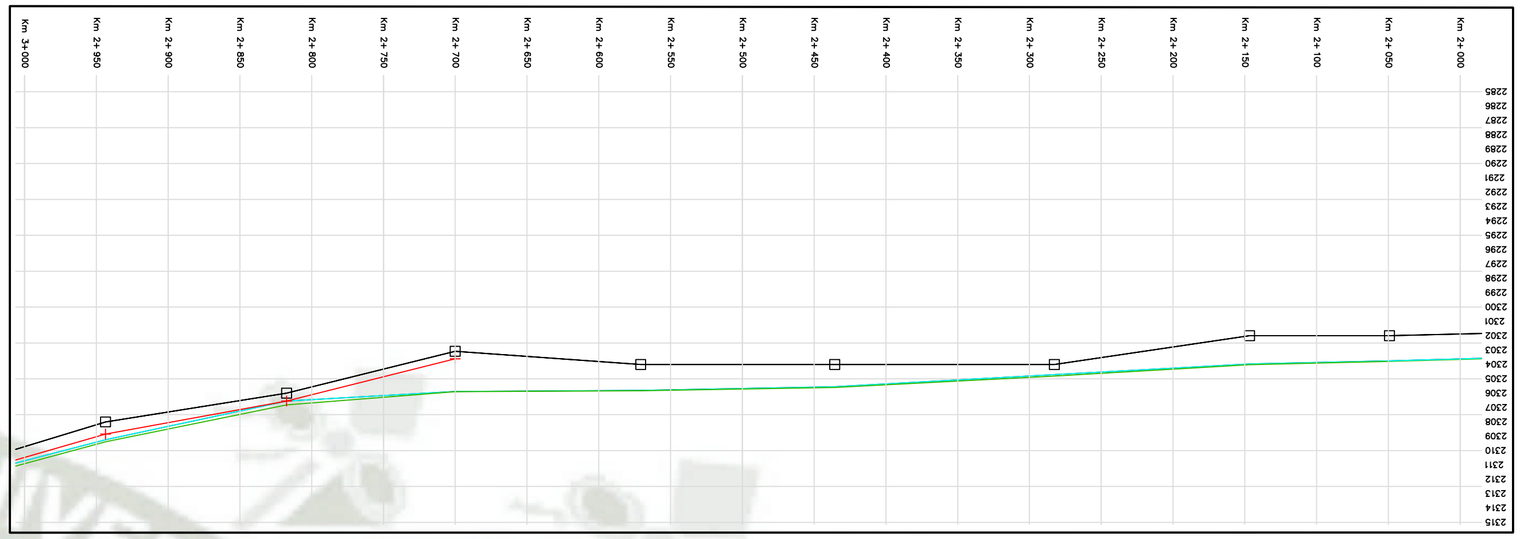
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8148087.98	238324.74	H-71
72	8148064.96	238436.01	H-72
73	8148091.20	238462.85	H-73
74	8148111.31	238497.43	H-74
75	8148091.20	238529.05	H-75
76	8148091.21	238597.87	H-76
77	8148116.47	238623.74	H-77
78	8148093.58	238634.46	H-78
79	8148078.42	238616.17	H-79
80	8148083.42	238596.08	H-80
81	8148091.13	238211.25	H-81
82	8148109.27	238191.41	H-82
83	8148092.74	238154.24	H-83
84	8148099.06	238104.49	H-84
85	8148097.88	238062.25	H-85
86	8148108.46	238017.63	H-86
87	8148097.69	238683.73	H-87
88	8148109.72	238696.42	H-88
89	8148091.83	238679.66	H-89
90	8148097.29	238180.56	H-90
91	8148093.63	238238.47	H-91
92	8148103.16	238230.04	H-92
93	8148091.44	238244.46	H-93
94	8148102.76	238603.48	H-94
95	8148092.07	238721.11	H-95
96	8148086.30	238821.40	H-96
97	8148098.64	238951.68	H-97
98	8148093.16	238961.06	H-98
99	8148086.42	238225.63	H-99
100	8148079.69	238249.63	H-100
101	8148079.61	238536.66	H-101
102	8148074.35	238583.22	H-102
103	8148089.27	238774.28	H-103
104	8148089.19	238800.50	H-104

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- AREA DE INUNDACION
- FAJA MARGINAL
- Hito
- Rivera
- Superficie de Terreno
- Linea Critica
- PREDIOS

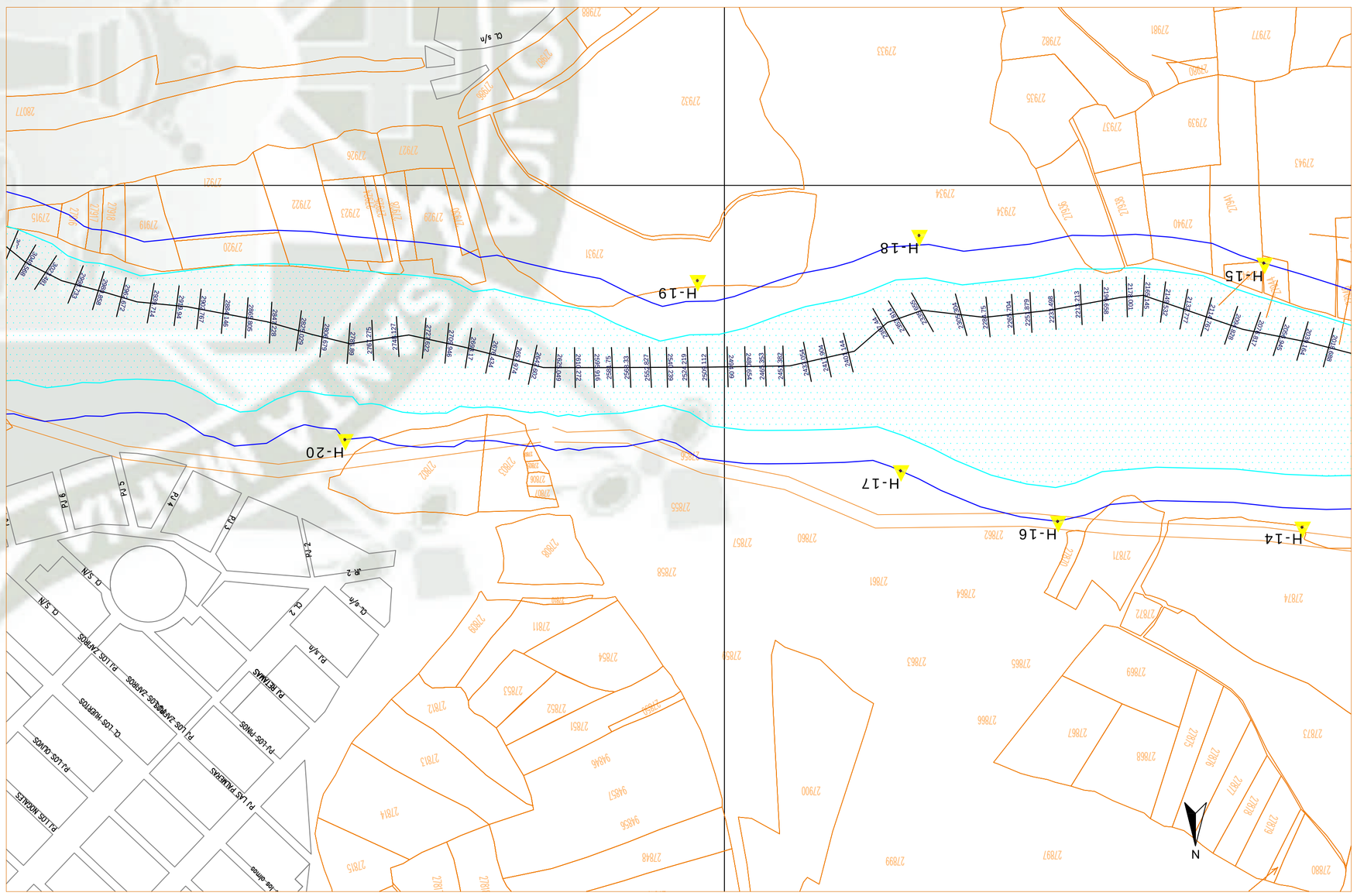
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300



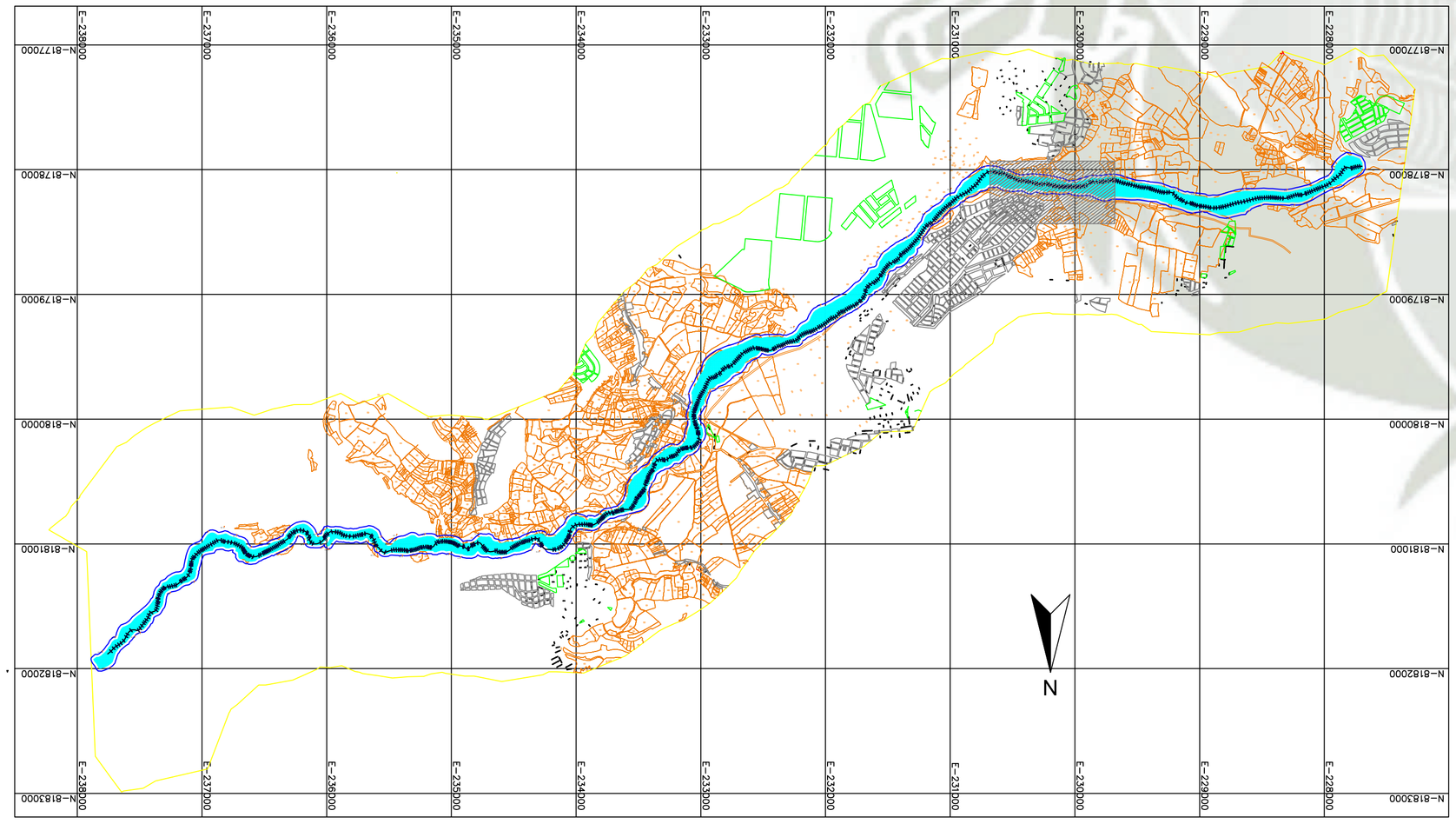
PLANO DE PLANTA

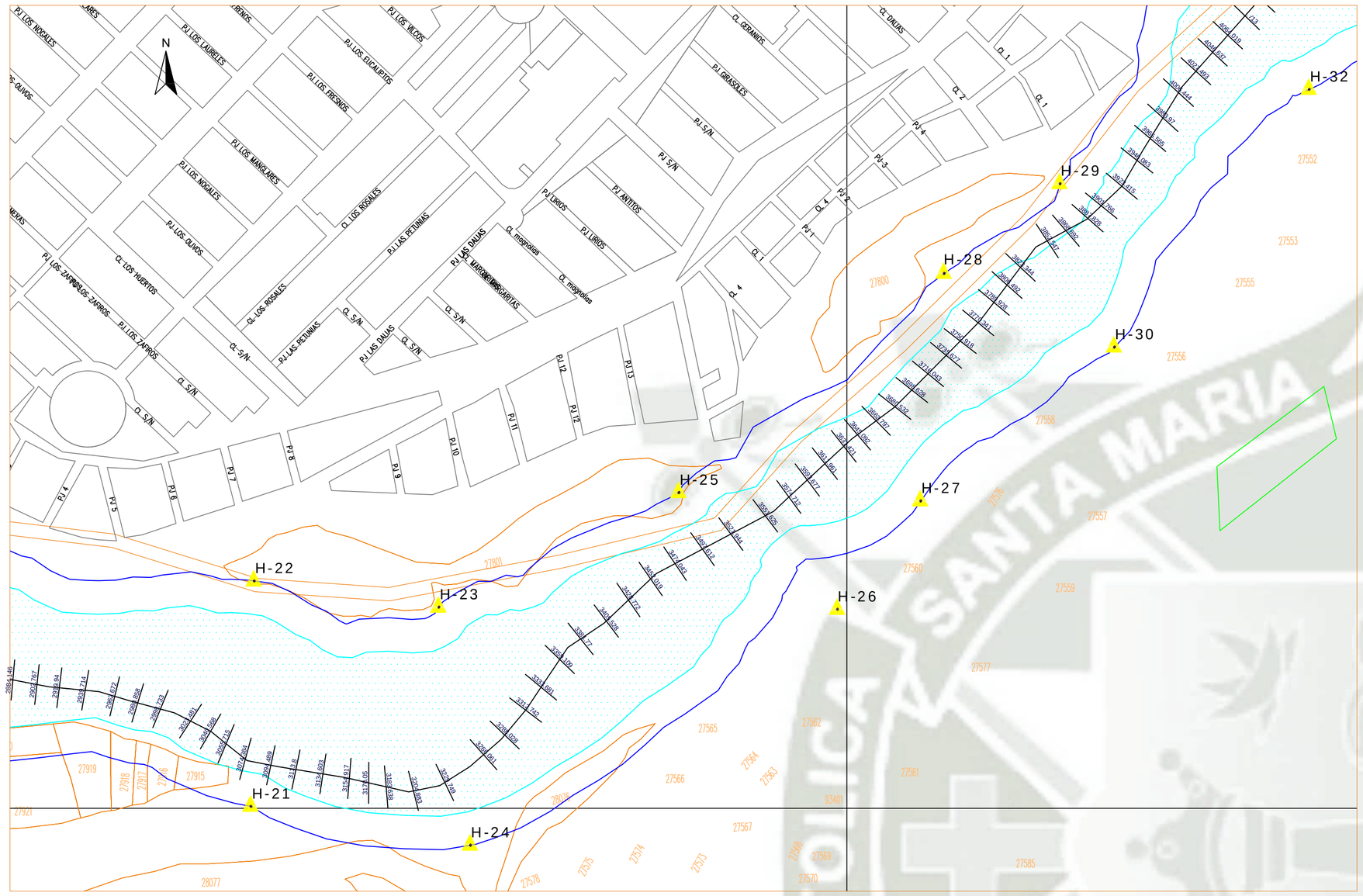
ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION

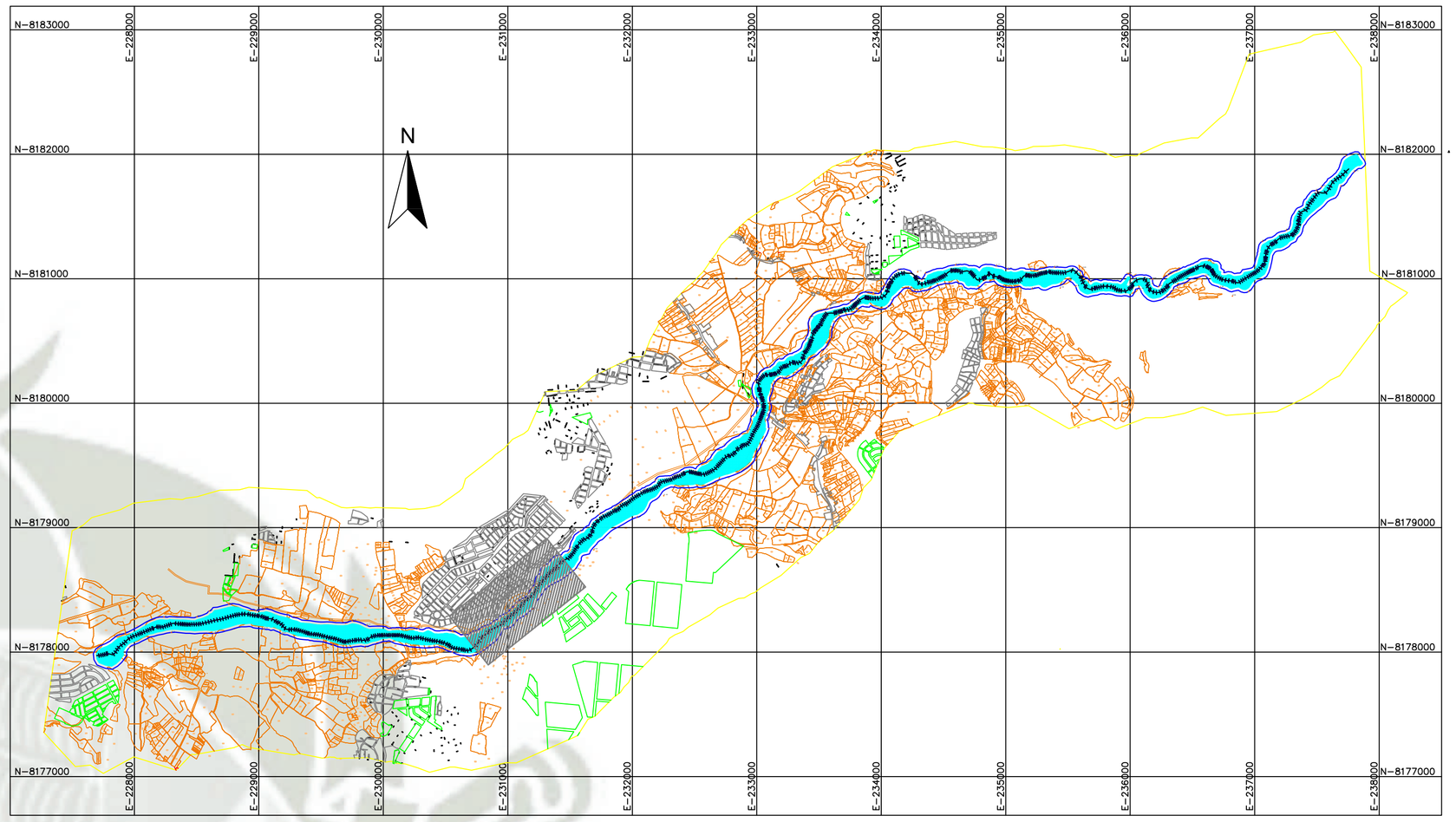
ESCALA 1:30000





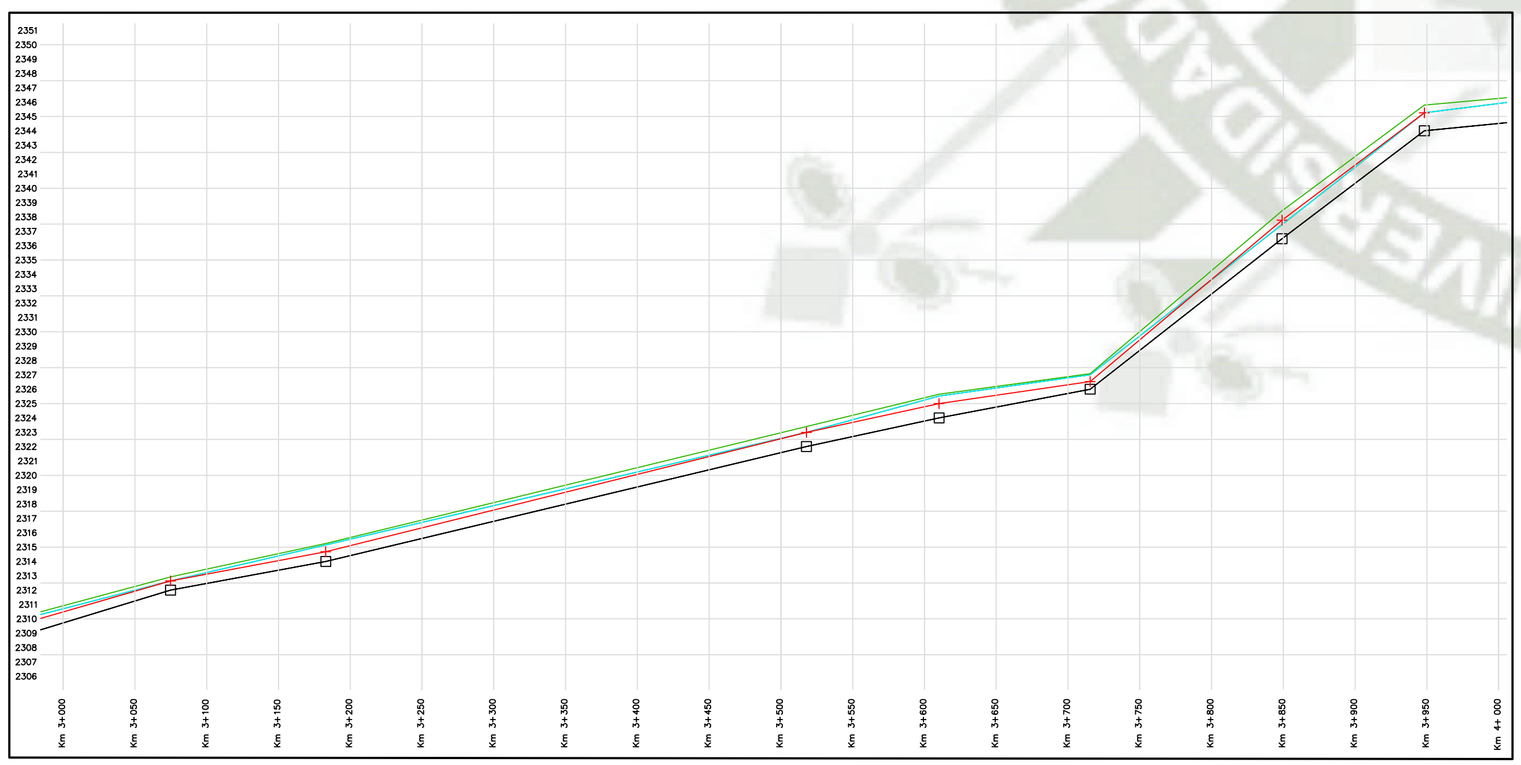
PLANO DE PLANTA

ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION

ESCALA 1:30000



PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Crítica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H-1
2	8178036.55	227959.65	H-2
3	8178282.29	228238.68	H-3
4	8178158.23	228297.23	H-4
5	8178284.84	228503.57	H-5
6	8178329.82	228602.67	H-6
7	8178151.37	228640.77	H-7
8	8178384.18	228759.51	H-8
9	8178335.20	228977.85	H-9
10	8178185.38	229040.56	H-10
11	8178347.55	229050.89	H-11
12	8178145.16	229186.11	H-12
13	8178353.49	229164.40	H-13
14	8178255.35	229566.24	H-14
15	8178058.24	229595.75	H-15
16	8178251.90	229750.45	H-16
17	8178213.96	229868.22	H-17
18	8178037.44	229854.13	H-18
19	8178071.20	230020.27	H-19
20	8178190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178170.15	230556.72	H-22
23	8178150.55	230694.90	H-23
24	8177972.40	230718.54	H-24
25	8178236.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.51	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.53	231159.83	H-29
30	8178345.25	231200.50	H-30
31	8178695.77	231291.56	H-31
32	8178538.10	231346.28	H-32
33	8178834.14	231495.11	H-33
34	8178665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.22	232037.72	H-38
39	8179381.46	232184.37	H-39
40	8179256.22	232253.08	H-40
41	8179524.33	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179656.77	232668.13	H-43
44	8179761.95	232815.08	H-44
45	8179538.26	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	232954.08	H-48
49	8179977.73	233011.18	H-49
50	8180009.82	233106.08	H-50
51	8180176.12	232983.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233204.02	H-53
54	8180359.56	233182.24	H-54
55	8180287.80	233379.90	H-55
56	8180508.44	233389.41	H-56
57	8180418.82	233515.80	H-57
58	8180687.95	233430.11	H-58
59	8180519.20	233596.20	H-59
60	8180650.26	233626.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180810.93	233749.04	H-62
63	8180754.33	233812.75	H-63
64	8180873.54	233818.77	H-64
65	8180889.83	233940.46	H-65
66	8180773.29	234052.12	H-66
67	8180948.80	234029.04	H-67
68	8181070.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234238.36	H-69
70	8181055.32	234292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8181044.96	234356.01	H-72
73	8180918.20	234482.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181104.57	234923.74	H-77
78	8180932.58	234934.46	H-78
79	8181078.32	235016.17	H-79
80	8180893.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235211.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180937.88	235562.25	H-85
86	8181083.46	235617.63	H-86
87	8180977.69	235683.73	H-87
88	8181039.72	235986.42	H-88
89	8180913.93	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.60	236228.47	H-91
92	8181031.16	236303.54	H-92
93	8180910.44	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180860.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181368.42	237256.65	H-99
100	8181709.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237538.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	8181859.19	237800.50	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

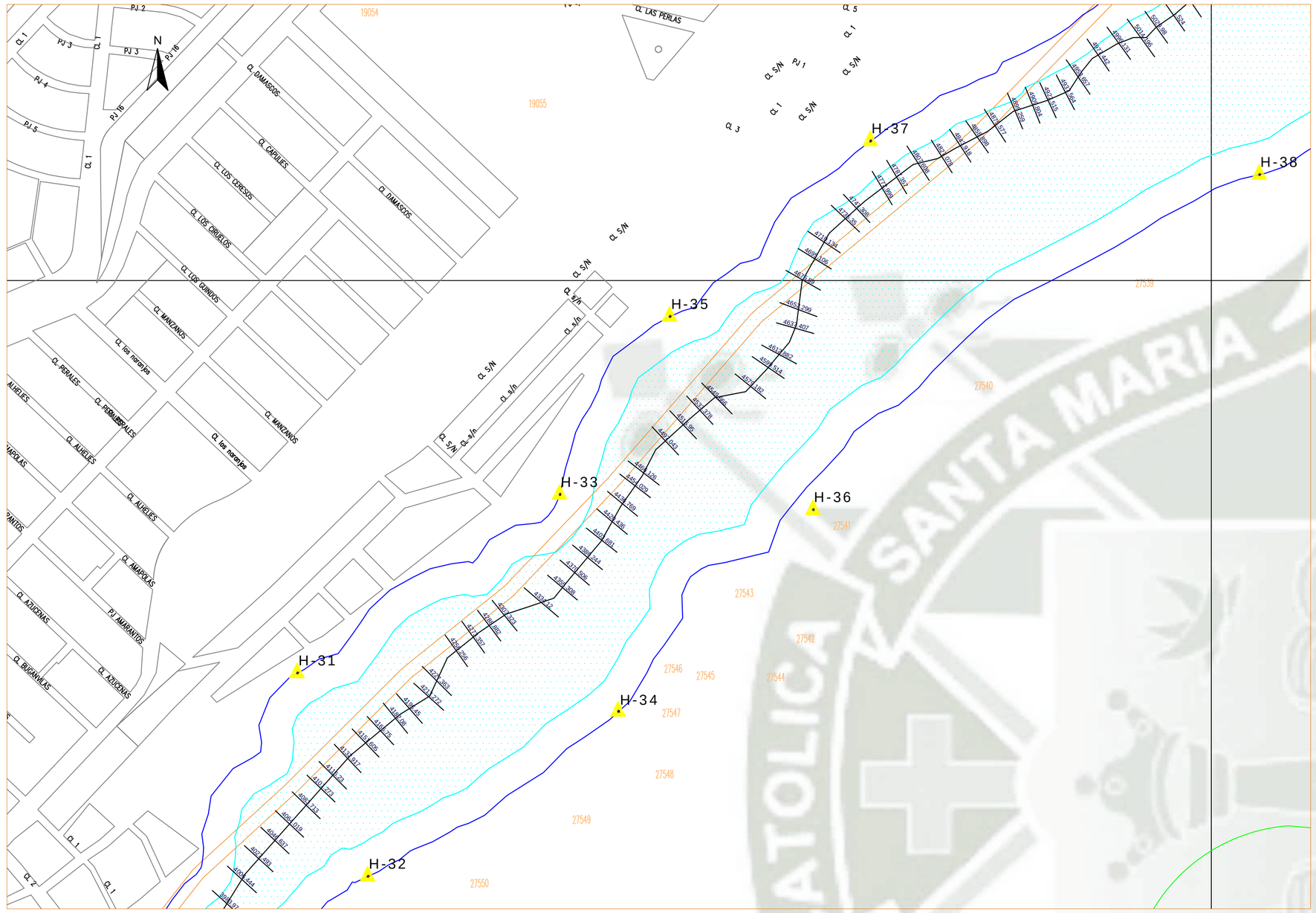
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500 00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MANNAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

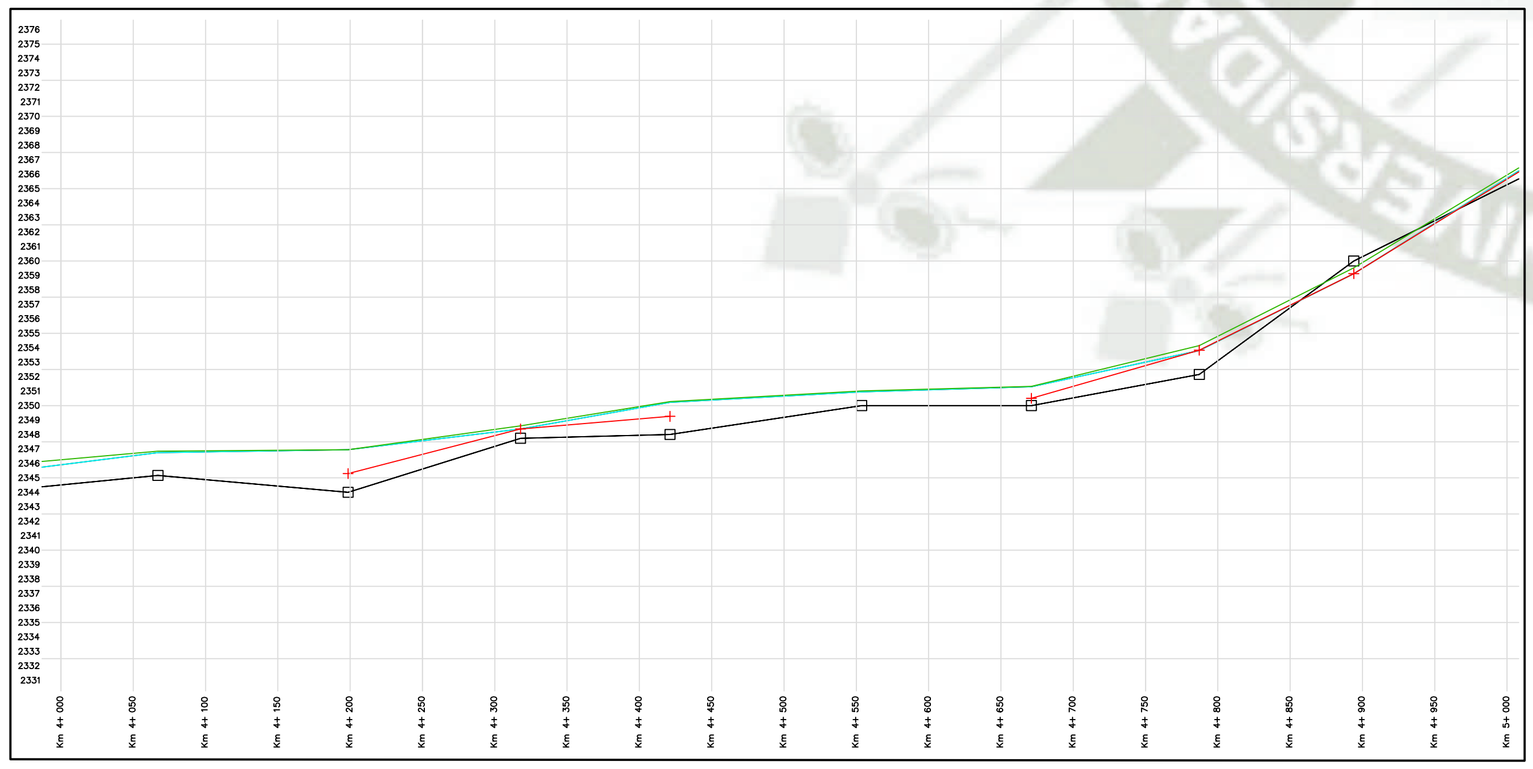
PLANO : **UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL**

FECHA : JUNIO, 2017 | ESC. : INDICADA | PLANO Nº: **UHF-04**

BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**



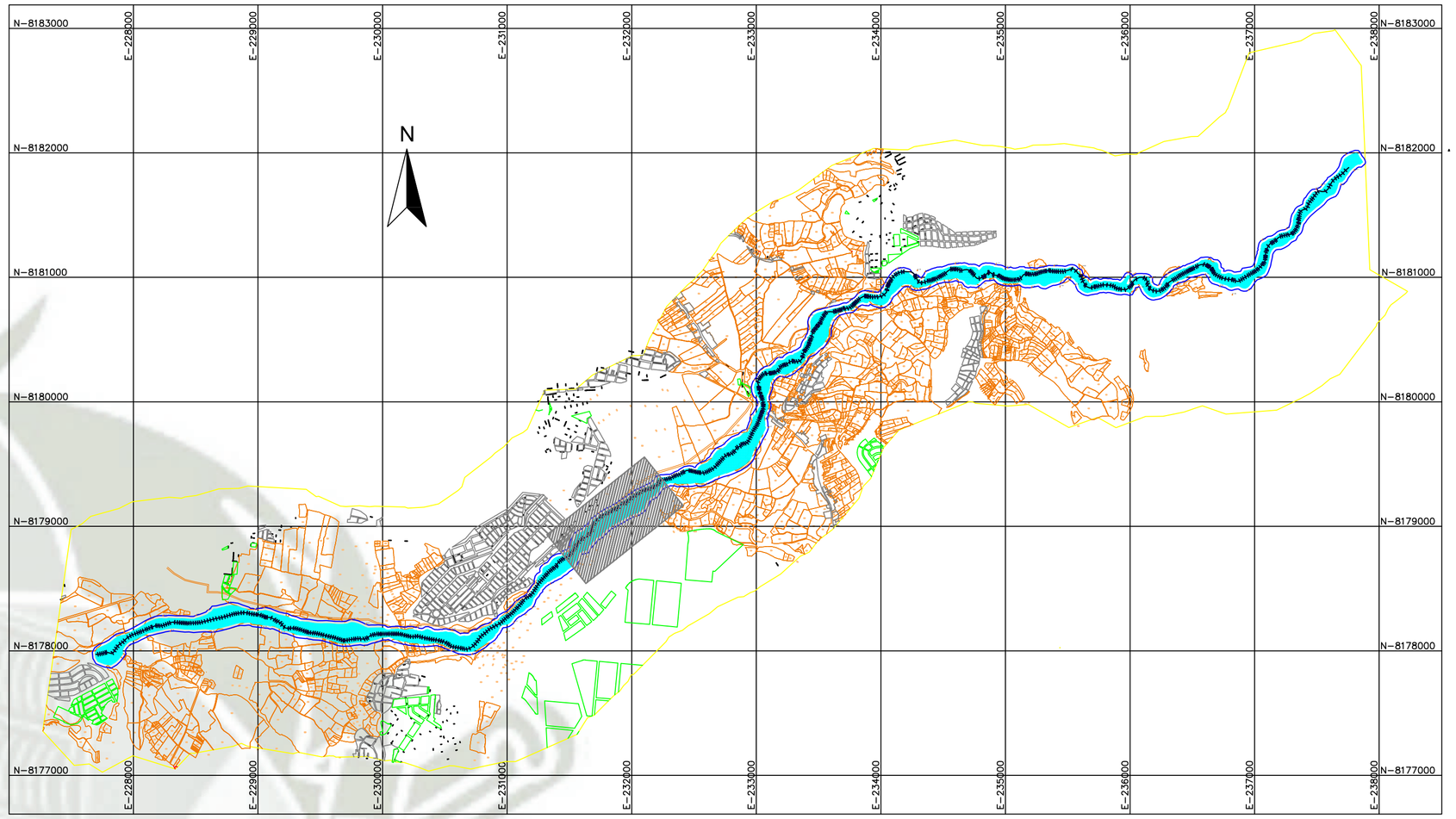
PLANO DE PLANTA
ESCALA 1:2500



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS



PLANO DE LOCALIZACION
ESCALA 1:30000

COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H-1
2	8178036.55	227959.65	H-2
3	8178282.29	228238.68	H-3
4	8178158.23	228297.23	H-4
5	8178284.84	228503.57	H-5
6	8178329.82	228602.67	H-6
7	8178151.37	228640.77	H-7
8	8178384.18	228759.51	H-8
9	8178335.20	228977.85	H-9
10	8178185.38	229040.56	H-10
11	8178347.55	229050.89	H-11
12	8178145.16	229186.11	H-12
13	8178353.49	229164.40	H-13
14	8178255.35	229566.24	H-14
15	8178058.24	229595.75	H-15
16	8178251.90	229750.45	H-16
17	8178213.96	229868.22	H-17
18	8178037.44	229854.13	H-18
19	8178071.20	230020.27	H-19
20	8178190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178170.15	230556.72	H-22
23	8178150.55	230694.90	H-23
24	8177972.40	230718.54	H-24
25	8178236.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.51	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.53	231159.83	H-29
30	8178345.25	231200.50	H-30
31	8178695.77	231291.56	H-31
32	8178538.10	231346.28	H-32
33	8178834.14	231495.11	H-33
34	8178665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.22	232037.72	H-38
39	8179381.46	232184.37	H-39
40	8179256.22	232253.08	H-40
41	8179524.33	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179656.77	232668.13	H-43
44	8179761.95	232815.08	H-44
45	8179538.26	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	232954.08	H-48
49	8179977.73	233011.18	H-49
50	8180009.82	233106.08	H-50
51	8180176.12	232983.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233204.02	H-53
54	8180359.56	233182.24	H-54
55	8180287.80	233379.90	H-55
56	8180508.44	233389.41	H-56
57	8180418.82	233515.80	H-57
58	8180687.95	233430.11	H-58
59	8180519.20	233596.20	H-59
60	8180650.26	233626.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180810.93	233749.04	H-62
63	8180754.33	233812.75	H-63
64	8180873.54	233818.77	H-64
65	8180889.83	233940.46	H-65
66	8180773.29	234052.12	H-66
67	8180948.80	234029.04	H-67
68	8181070.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234238.36	H-69
70	8181055.32	234292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8181044.96	234356.01	H-72
73	8180918.20	234482.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181104.57	234923.74	H-77
78	8180932.58	234934.46	H-78
79	8181078.32	235016.17	H-79
80	8180893.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235211.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180937.88	235562.25	H-85
86	8181083.46	235617.63	H-86
87	8180977.69	235683.73	H-87
88	8181039.72	235986.42	H-88
89	8180913.93	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.60	236228.47	H-91
92	8181031.16	236303.54	H-92
93	8180910.44	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180860.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181388.42	237256.65	H-99
100	8181709.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237538.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	81181859.19	237800.50	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

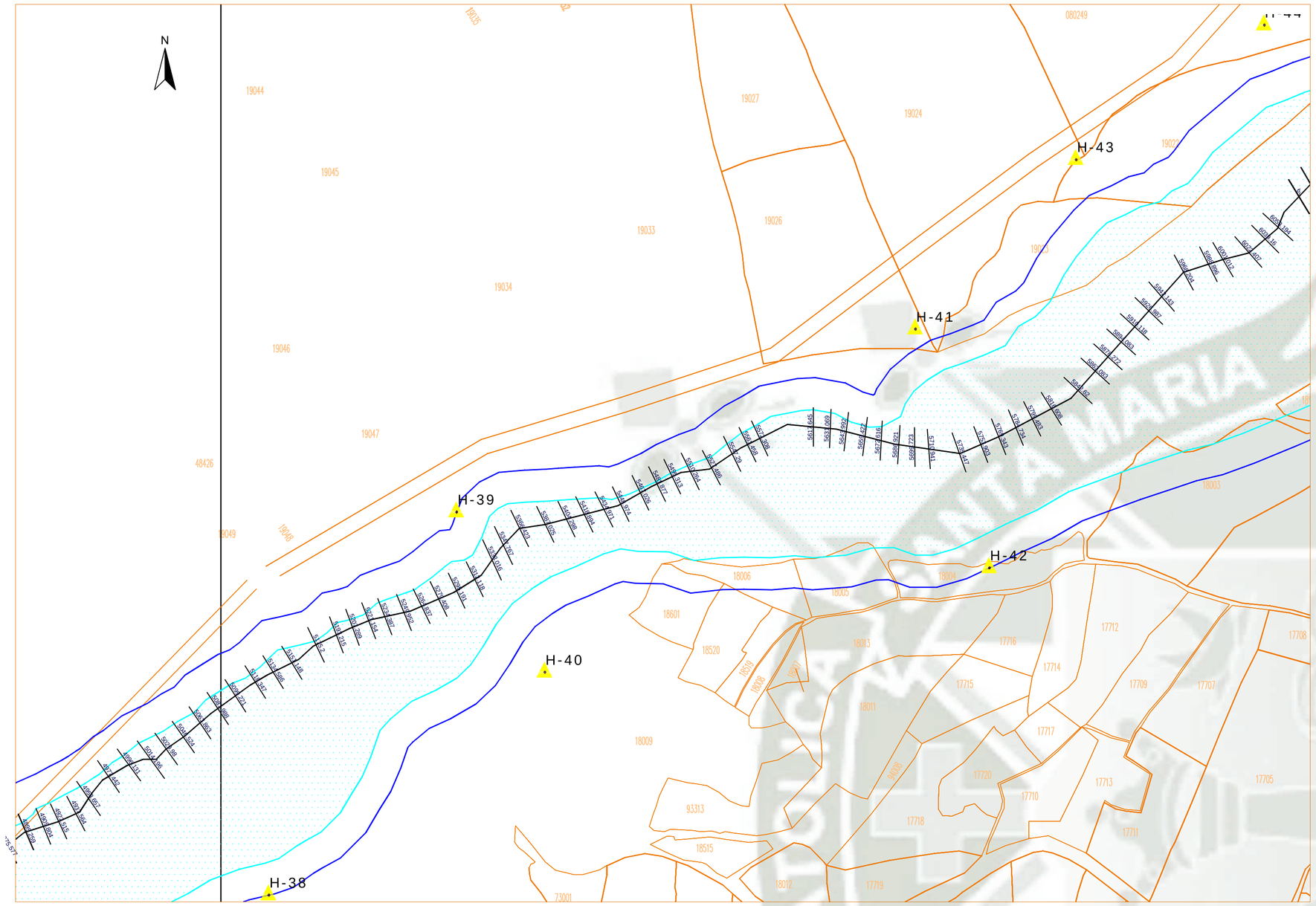
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500 (E) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MANANA AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

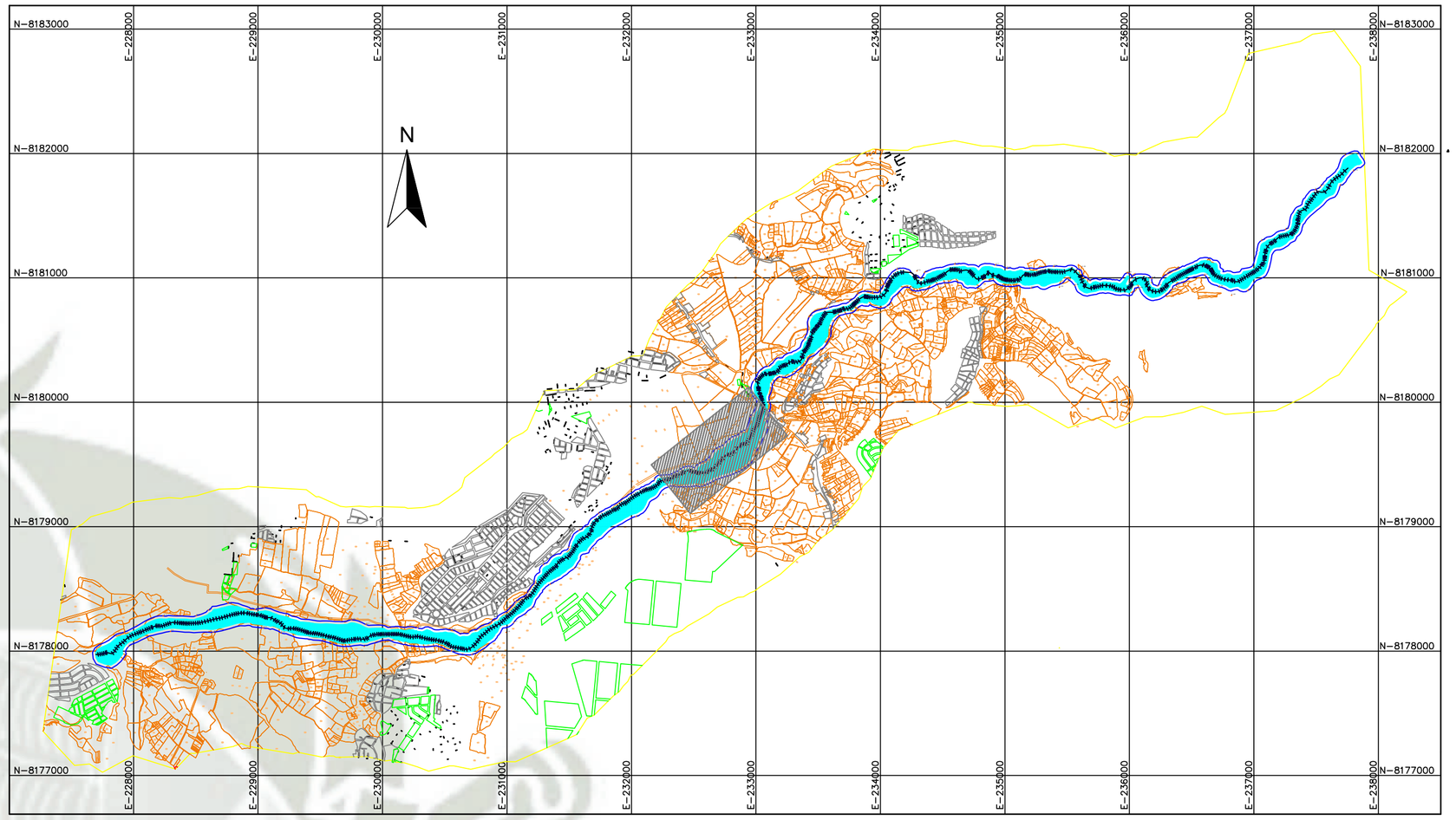
PLANO : **UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL**

FECHA : JUNIO, 2017 | ESC. : INDICADA | PLANO Nº :

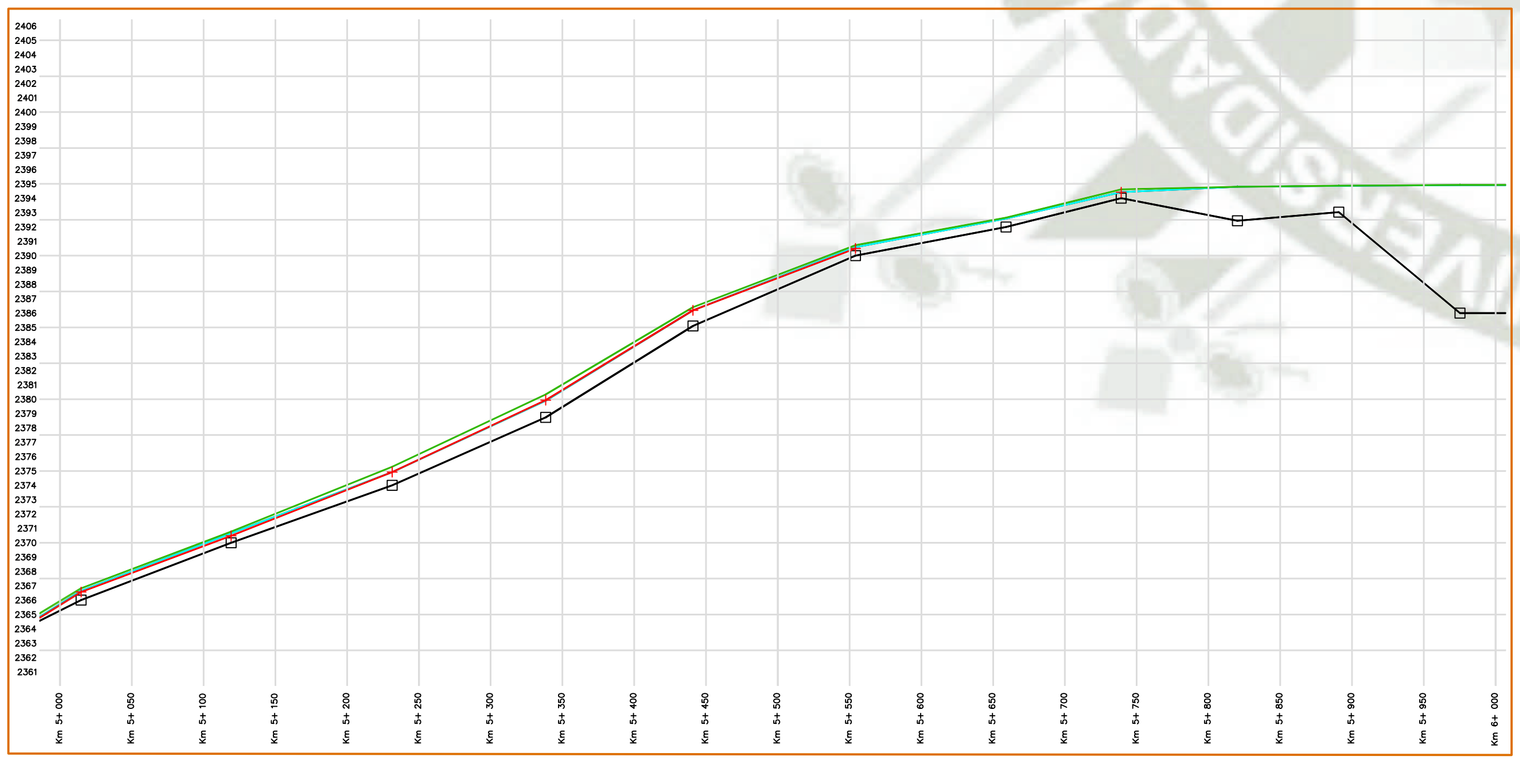
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA** | **UHF-05**



PLANO DE PLANTA
ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION
ESCALA 1:30000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H–1
2	8178036.55	227959.65	H–2
3	8178262.29	228238.68	H–3
4	8178158.23	228297.23	H–4
5	8178284.84	228503.57	H–5
6	8178329.82	228602.67	H–6
7	8178151.37	228640.77	H–7
8	8178384.18	228759.51	H–8
9	8178335.20	228977.85	H–9
10	8178185.38	229040.56	H–10
11	8178347.55	229050.89	H–11
12	8178145.16	229186.11	H–12
13	8178353.49	229164.40	H–13
14	8178255.35	229566.24	H–14
15	8178058.24	229595.75	H–15
16	8178251.90	229750.45	H–16
17	8178213.96	229868.22	H–17
18	8178037.44	229854.13	H–18
19	8178071.20	230020.27	H–19
20	8178190.62	230284.73	H–20
21	8178001.42	230554.28	H–21
22	8178170.15	230556.72	H–22
23	8178150.55	230694.90	H–23
24	8177972.40	230718.54	H–24
25	8178236.30	230874.59	H–25
26	8178148.94	230993.00	H–26
27	8178230.06	231055.51	H–27
28	8178401.19	231072.29	H–28
29	8178467.53	231159.83	H–29
30	8178345.25	231200.50	H–30
31	8178695.77	231291.56	H–31
32	8178538.10	231346.28	H–32
33	8178834.14	231495.11	H–33
34	8178665.18	231541.25	H–34
35	8178972.14	231580.46	H–35

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H–36
37	8179108.22	231736.05	H–37
38	8179082.22	232037.72	H–38
39	8179381.46	232184.37	H–39
40	8179256.22	232253.08	H–40
41	8179524.33	232542.57	H–41
42	8179337.90	232600.43	H–42
43	8179656.77	232668.13	H–43
44	8179761.95	232815.08	H–44
45	8179538.26	232995.16	H–45
46	8179777.82	232920.96	H–46
47	8179793.71	233098.02	H–47
48	8179885.40	232954.08	H–48
49	8179977.73	233011.18	H–49
50	8180009.82	233106.08	H–50
51	8180176.12	232983.87	H–51
52	8180290.10	233101.39	H–52
53	8180202.99	233204.02	H–53
54	8180359.56	233182.24	H–54
55	8180287.80	233379.90	H–55
56	8180508.44	233389.41	H–56
57	8180418.82	233515.80	H–57
58	8180687.95	233430.11	H–58
59	8180519.20	233596.20	H–59
60	8180650.26	233626.43	H–60
61	8180760.19	233582.94	H–61
62	8180810.93	233749.04	H–62
63	8180754.33	233812.75	H–63
64	8180873.54	233818.77	H–64
65	8180869.83	233940.46	H–65
66	8180773.29	234052.12	H–66
67	8180948.80	234029.04	H–67
68	8181070.76	234133.37	H–68
69	8180915.53	234238.36	H–69
70	8181055.32	234292.64	H–70

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H–71
72	8181044.96	234356.01	H–72
73	8180918.20	234482.85	H–73
74	8181111.31	234597.43	H–74
75	8180911.20	234629.05	H–75
76	8180910.83	234781.97	H–76
77	8181104.57	234923.74	H–77
78	8180932.58	234934.46	H–78
79	8181078.32	235016.17	H–79
80	8180893.42	235096.08	H–80
81	8180919.13	235211.25	H–81
82	8181092.77	235391.41	H–82
83	8180924.21	235437.54	H–83
84	8180995.06	235504.48	H–84
85	8180937.88	235562.25	H–85
86	8181083.46	235617.63	H–86
87	8180977.69	235683.73	H–87
88	8181039.72	235986.42	H–88
89	8180913.93	236079.66	H–89
90	8180997.29	236180.56	H–90
91	8180936.60	236228.47	H–91
92	8181031.16	236303.54	H–92
93	8180910.44	236344.46	H–93
94	8181021.76	236603.48	H–94
95	8180928.07	236721.11	H–95
96	8180860.30	236821.40	H–96
97	8180898.64	236951.88	H–97
98	8181300.16	237061.56	H–98
99	8181388.42	237256.65	H–99
100	8181709.49	237495.65	H–100
101	8181739.61	237538.66	H–101
102	8181743.35	237693.22	H–102
103	8181989.27	237734.28	H–103
104	8181859.19	237800.50	H–104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

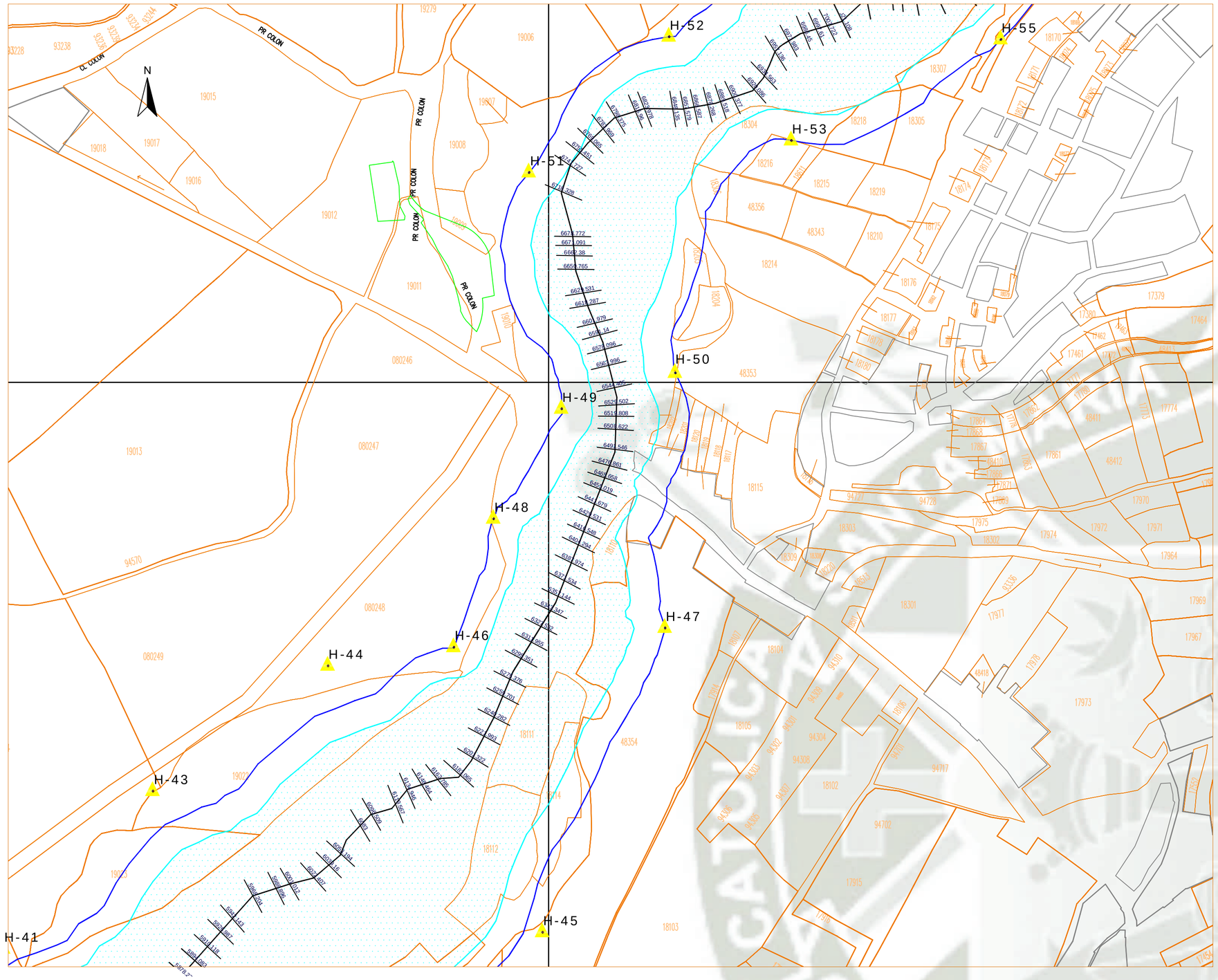
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500 AL 19+000) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MANANAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO : UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL

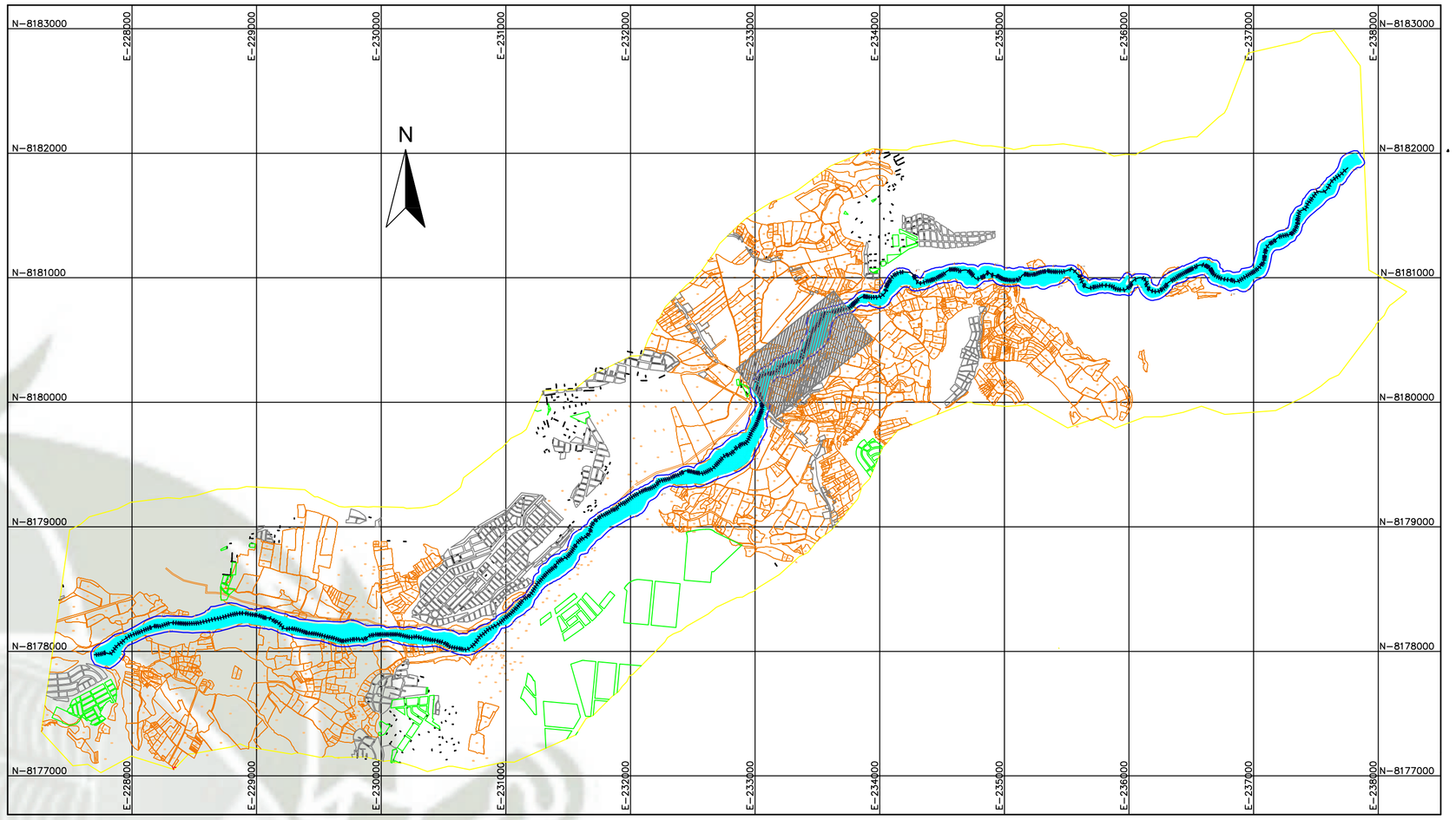
FECHA : JUNIO, 2017 | ESC. : INDICADA | PLANO N°: UHF-06

BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA



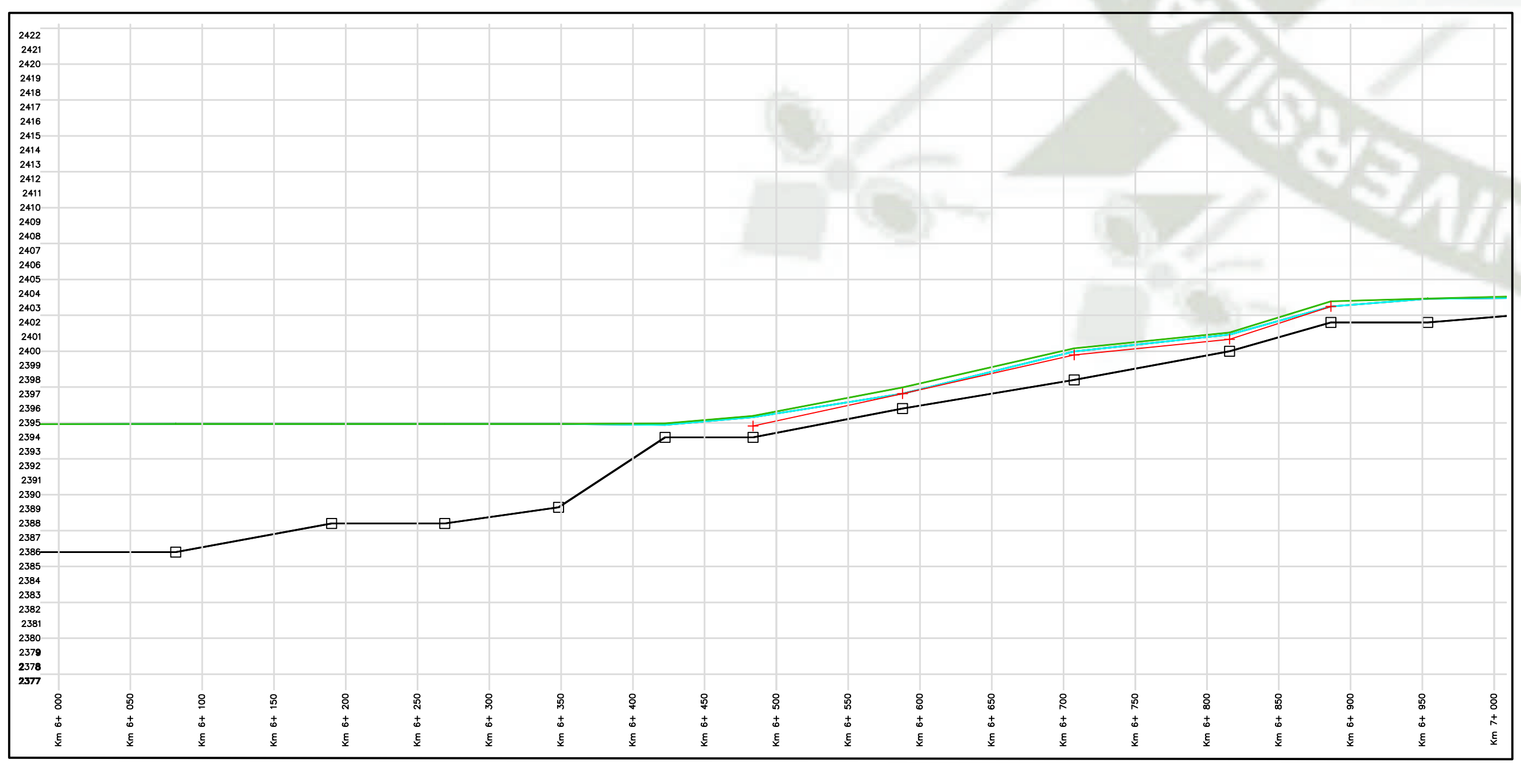
PLANO DE PLANTA

ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION

ESCALA 1:30000



PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H. 1:3000

ESCALA V. 1:300

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H–1
2	8178036.55	227959.65	H–2
3	8178282.29	228238.68	H–3
4	8178158.23	228297.23	H–4
5	8178284.84	228503.57	H–5
6	8178329.82	228602.67	H–6
7	8178151.37	228640.77	H–7
8	8178384.18	228759.51	H–8
9	8178335.20	228977.85	H–9
10	8178185.38	229040.56	H–10
11	8178347.55	229050.89	H–11
12	8178145.16	229186.11	H–12
13	8178353.49	229164.40	H–13
14	8178255.35	229566.24	H–14
15	8178058.24	229595.75	H–15
16	8178251.90	229750.45	H–16
17	8178213.96	229868.22	H–17
18	8178037.44	229854.13	H–18
19	8178071.20	230020.27	H–19
20	8178190.62	230284.73	H–20
21	8178001.42	230554.28	H–21
22	8178170.15	230556.72	H–22
23	8178150.55	230694.90	H–23
24	8177972.40	230718.54	H–24
25	8178236.30	230874.59	H–25
26	8178148.94	230993.00	H–26
27	8178230.06	231055.51	H–27
28	8178401.19	231072.29	H–28
29	8178467.53	231159.83	H–29
30	8178345.25	231200.50	H–30
31	8178695.77	231291.56	H–31
32	8178538.10	231346.28	H–32
33	8178834.14	231495.11	H–33
34	8178665.18	231541.25	H–34
35	8178972.14	231580.46	H–35

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H–36
37	8179108.22	231736.05	H–37
38	8179082.22	232037.72	H–38
39	8179381.46	232184.37	H–39
40	8179256.22	232253.08	H–40
41	8179524.33	232542.57	H–41
42	8179337.90	232600.43	H–42
43	8179656.77	232668.13	H–43
44	8179761.95	232815.08	H–44
45	8179536.26	232995.16	H–45
46	8179777.82	232920.96	H–46
47	8179793.71	233098.02	H–47
48	8179885.40	232954.08	H–48
49	8179977.73	233011.18	H–49
50	8180009.82	233106.08	H–50
51	8180176.12	232983.87	H–51
52	8180290.10	233101.39	H–52
53	8180202.99	233204.02	H–53
54	8180359.56	233182.24	H–54
55	8180287.80	233379.90	H–55
56	8180508.44	233389.41	H–56
57	8180418.82	233515.80	H–57
58	8180687.95	233430.11	H–58
59	8180519.20	233596.20	H–59
60	8180650.26	233626.43	H–60
61	8180760.19	233582.94	H–61
62	8180810.93	233749.04	H–62
63	8180754.33	233812.75	H–63
64	8180873.54	233818.77	H–64
65	8180889.83	233940.46	H–65
66	8180773.29	234052.12	H–66
67	8180948.80	234029.04	H–67
68	8181070.76	234133.37	H–68
69	8180915.53	234238.36	H–69
70	8181055.32	234292.64	H–70

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H–71
72	8181044.96	234356.01	H–72
73	8180918.20	234482.85	H–73
74	8181111.31	234597.43	H–74
75	8180911.20	234629.05	H–75
76	8180910.83	234781.97	H–76
77	8181104.57	234923.74	H–77
78	8180932.58	234934.46	H–78
79	8181078.32	235016.17	H–79
80	8180893.42	235096.08	H–80
81	8180919.13	235211.25	H–81
82	8181092.77	235391.41	H–82
83	8180924.21	235437.54	H–83
84	8180995.06	235504.48	H–84
85	8180937.88	235562.25	H–85
86	8181083.46	235617.63	H–86
87	8180977.69	235683.73	H–87
88	8181039.72	235986.42	H–88
89	8180913.93	236079.66	H–89
90	8180997.29	236180.56	H–90
91	8180936.60	236228.47	H–91
92	8181031.16	236303.54	H–92
93	8180910.44	236344.46	H–93
94	8181021.76	236603.48	H–94
95	8180928.07	236721.11	H–95
96	8180860.30	236821.40	H–96
97	8180898.64	236951.88	H–97
98	8181300.16	237061.56	H–98
99	8181388.42	237256.65	H–99
100	8181709.49	237495.65	H–100
101	8181739.61	237538.66	H–101
102	8181743.35	237693.22	H–102
103	8181989.27	237734.28	H–103
104	8181859.19	237800.50	H–104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

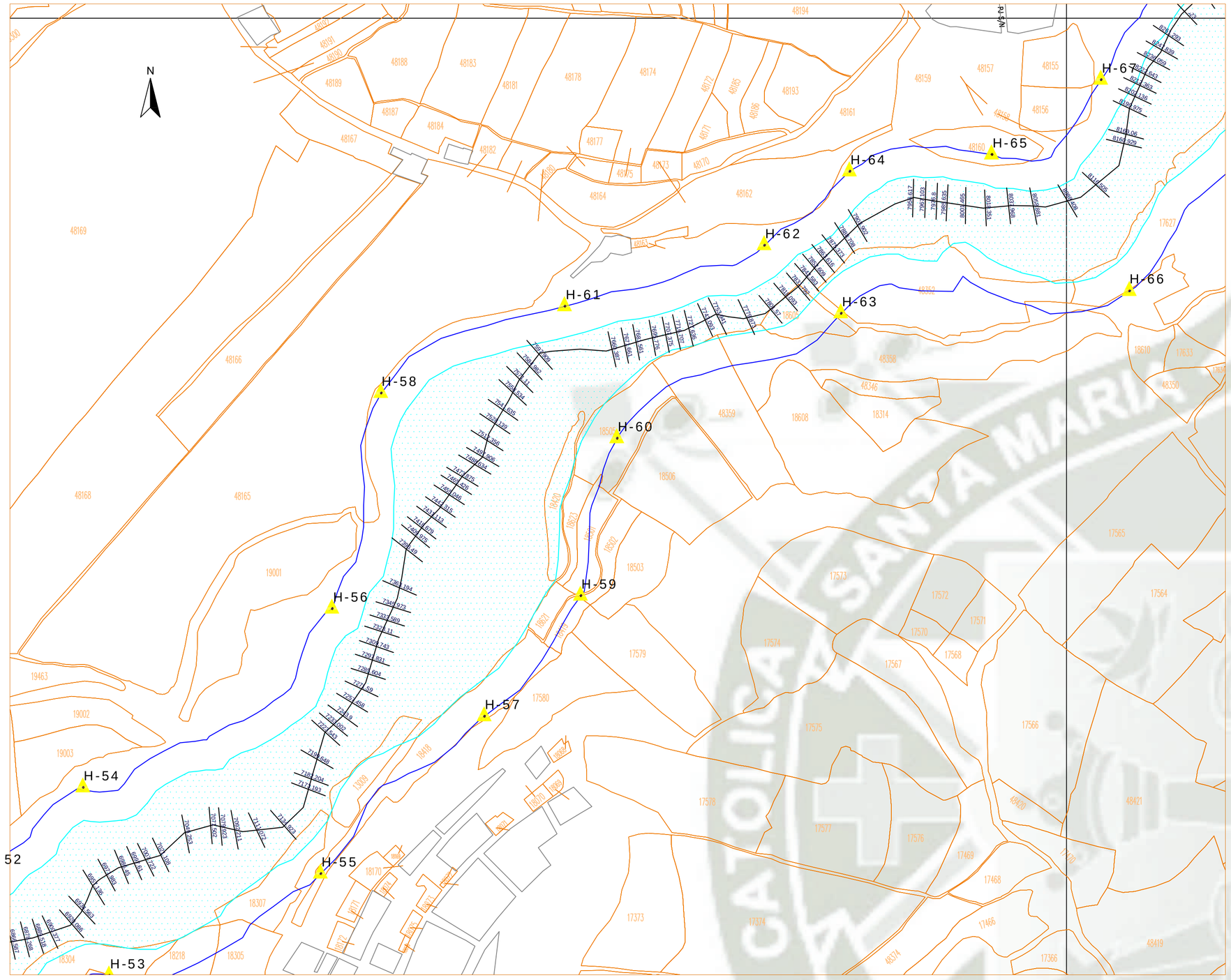
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL Y/ARA SOCABAYA UM (Q=50CS) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.

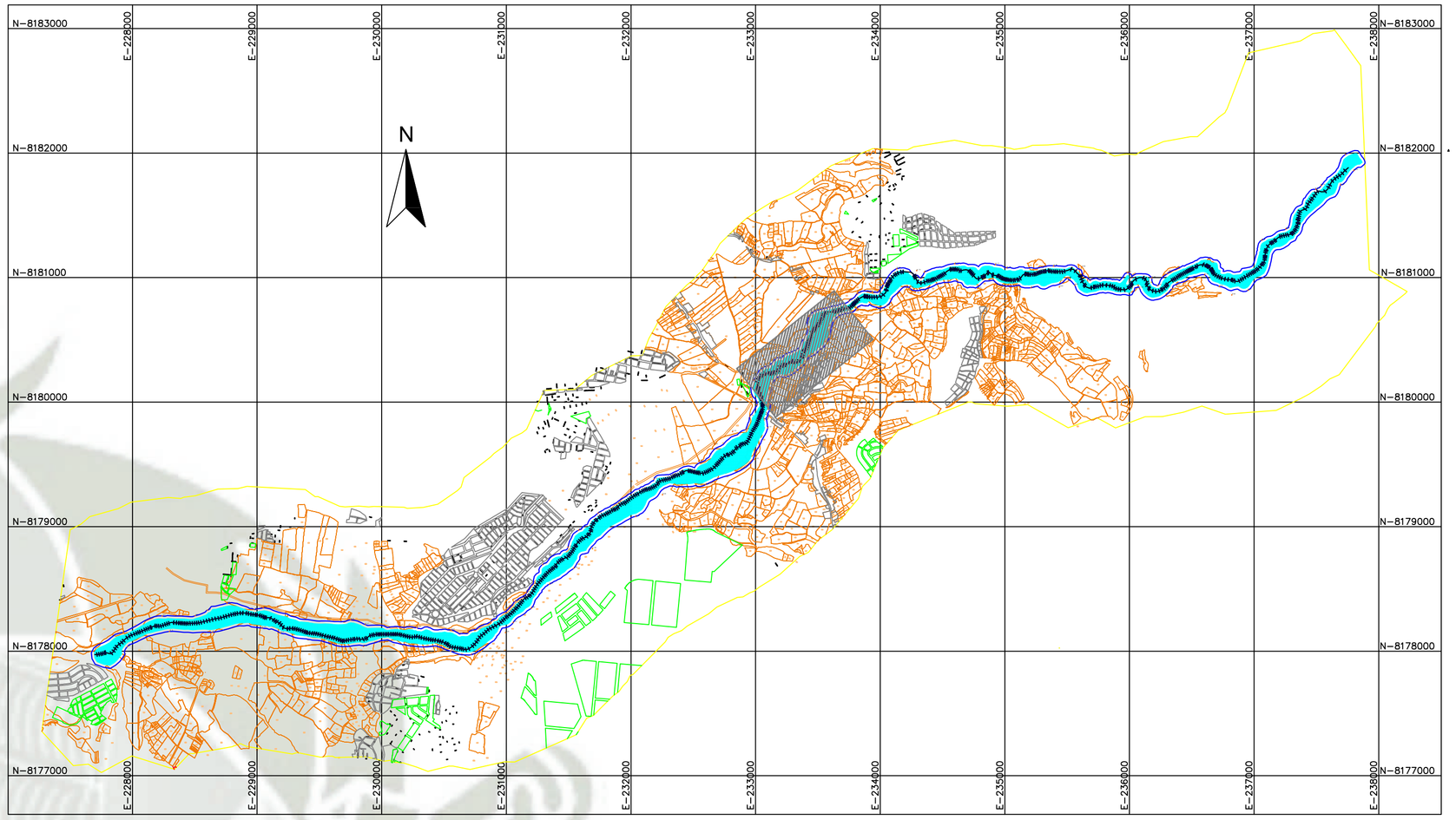
PLANO : UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL

FECHA : JUNIO, 2017
ESC. : INDICADA
PLANO N° : UHF-07

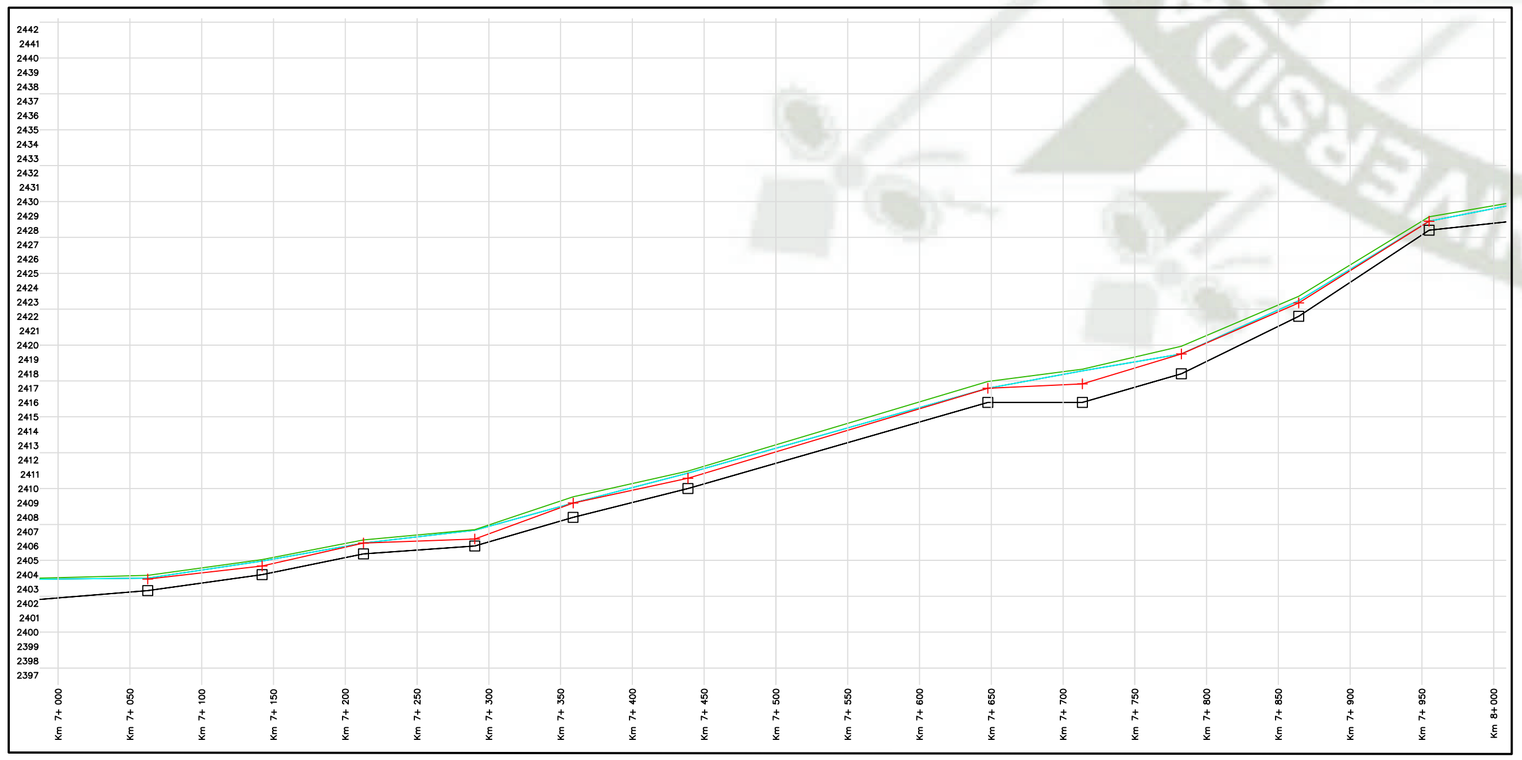
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA



PLANO DE PLANTA
ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION
ESCALA 1:30000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

COORDENADAS DE HITOS			
N° DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H-1
2	8178036.55	227959.65	H-2
3	8178282.29	228238.68	H-3
4	8178158.23	228297.23	H-4
5	8178284.84	228503.57	H-5
6	8178329.82	228602.67	H-6
7	8178151.37	228640.77	H-7
8	8178384.18	228759.51	H-8
9	8178335.20	228977.85	H-9
10	8178185.38	229040.56	H-10
11	8178347.55	229050.89	H-11
12	8178145.16	229186.11	H-12
13	8178353.49	229164.40	H-13
14	8178255.35	229566.24	H-14
15	8178058.24	229595.75	H-15
16	8178251.90	229750.45	H-16
17	8178213.96	229868.22	H-17
18	8178037.44	229854.13	H-18
19	8178071.20	230020.27	H-19
20	8178190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178170.15	230556.72	H-22
23	8178150.55	230694.90	H-23
24	8177972.40	230718.54	H-24
25	8178236.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.51	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.53	231159.83	H-29
30	8178345.25	231200.50	H-30
31	8178685.77	231291.56	H-31
32	8178538.10	231346.28	H-32
33	8178834.14	231495.11	H-33
34	8178665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS			
N° DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.22	232037.72	H-38
39	8179381.46	232184.37	H-39
40	8179256.22	232253.08	H-40
41	8179524.33	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179656.77	232668.13	H-43
44	8179761.95	232815.08	H-44
45	8179538.26	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	232954.08	H-48
49	8179977.73	233011.18	H-49
50	8180009.82	233106.08	H-50
51	8180176.12	232983.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233204.02	H-53
54	8180359.56	233182.24	H-54
55	8180287.80	233379.90	H-55
56	8180508.44	233389.41	H-56
57	8180418.82	233515.80	H-57
58	8180687.95	233430.11	H-58
59	8180519.20	233596.20	H-59
60	8180650.26	233626.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180810.93	233749.04	H-62
63	8180754.33	233812.75	H-63
64	8180873.54	233818.77	H-64
65	8180889.83	233940.46	H-65
66	8180773.29	234052.12	H-66
67	8180948.80	234029.04	H-67
68	8181070.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234238.36	H-69
70	8181055.32	234292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS			
N° DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8181044.96	234356.01	H-72
73	8180918.20	234482.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181104.57	234923.74	H-77
78	8180932.58	234934.46	H-78
79	8181078.32	235016.17	H-79
80	8180893.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235211.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180937.88	235562.25	H-85
86	8181083.46	235617.63	H-86
87	8180977.69	235683.73	H-87
88	8181039.72	235986.42	H-88
89	8180913.93	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.60	236228.47	H-91
92	8181031.16	236303.54	H-92
93	8180910.44	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180860.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181388.42	237256.65	H-99
100	8181709.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237538.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	8181859.19	237800.50	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

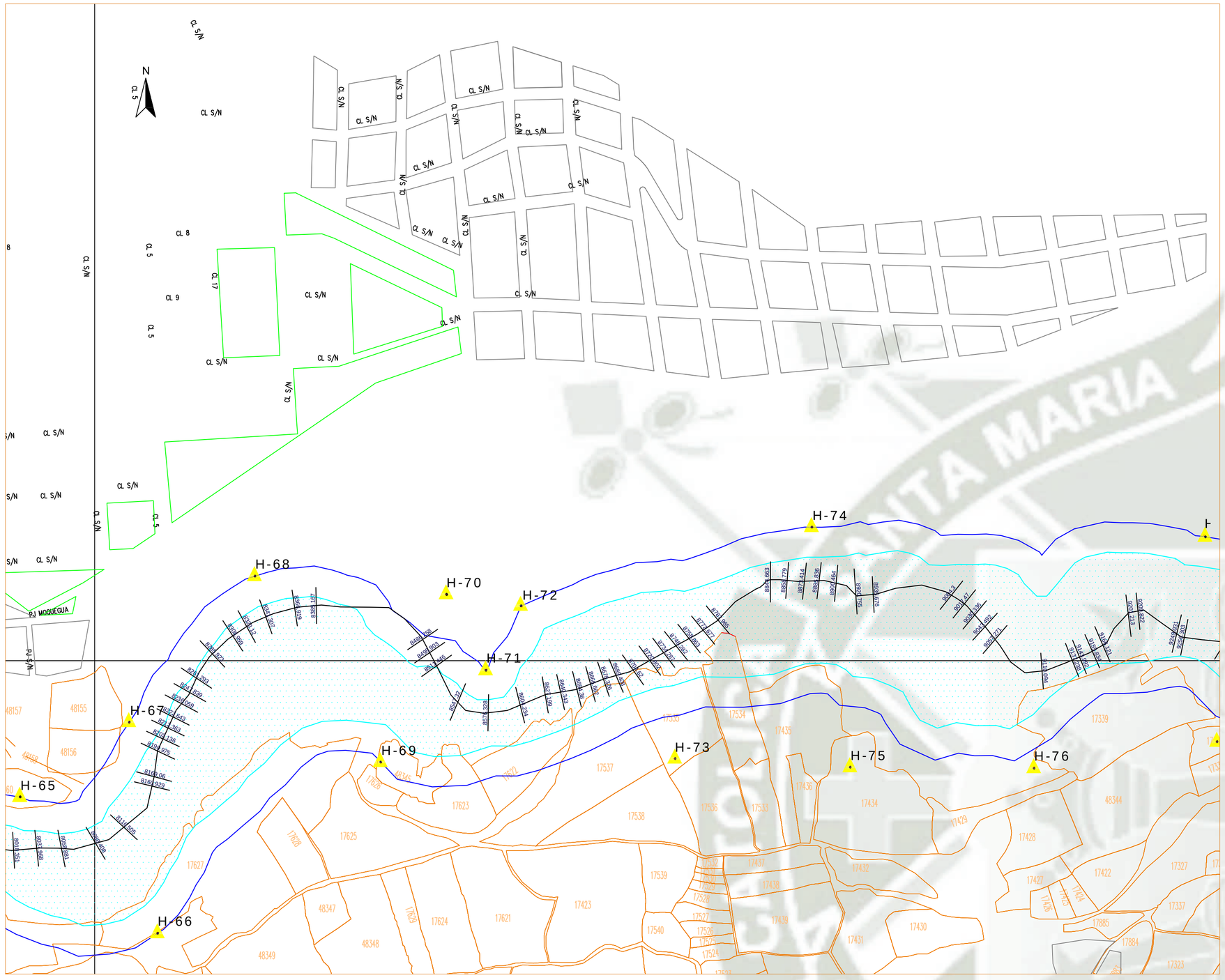
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO :
MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+500 00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MARGENES AFERENTES EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO :
UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL

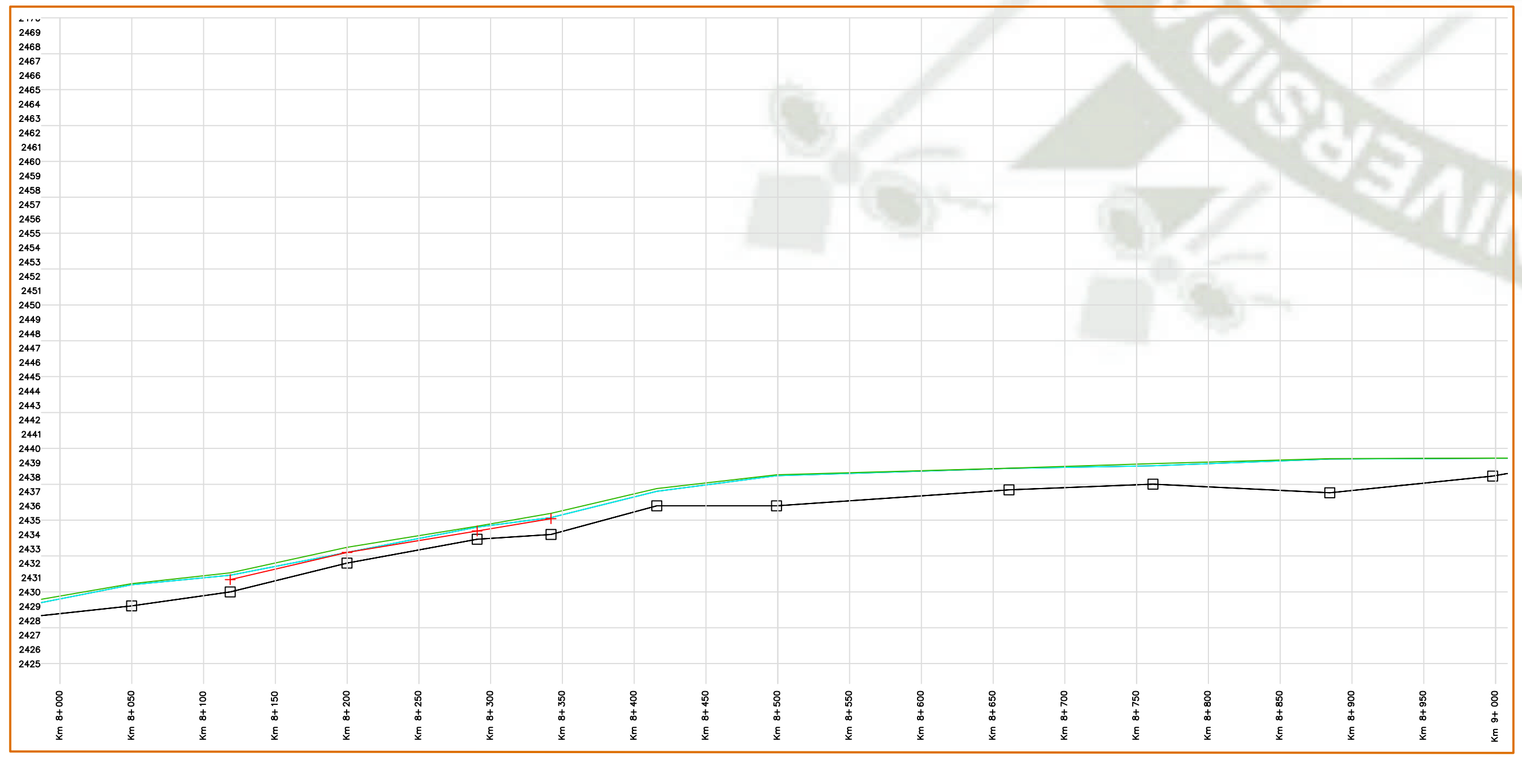
FECHA : JUNIO, 2017
ESC. : INDICADA
PLANO N°:
UHF-08

BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**



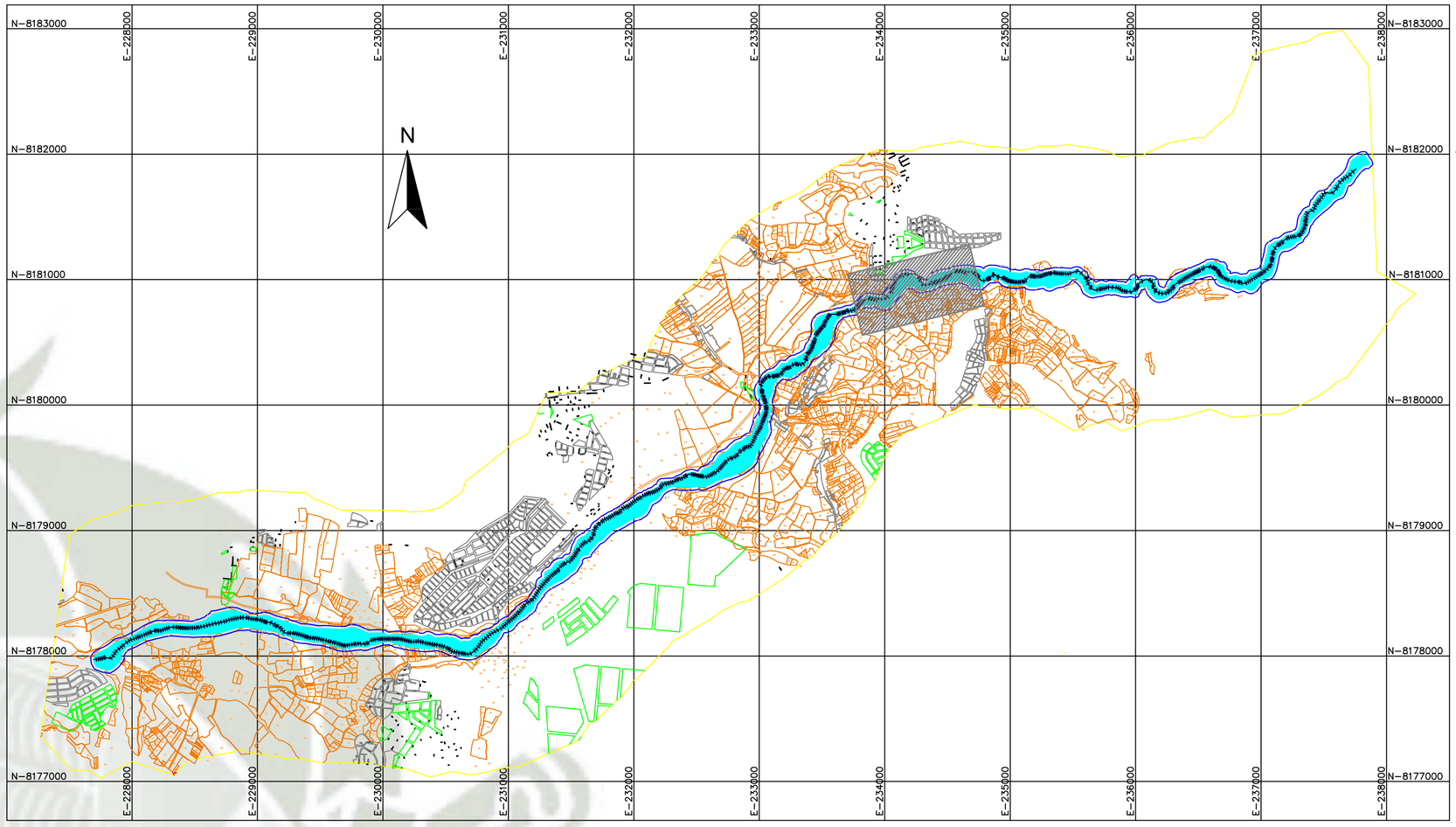
PLANO DE PLANTA

ESCALA 1:2500



PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300



PLANO DE LOCALIZACION

ESCALA 1:30000

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H-1
2	8178036.55	227959.65	H-2
3	8178282.29	228238.68	H-3
4	8178158.23	228297.23	H-4
5	8178284.84	228503.57	H-5
6	8178329.82	228602.67	H-6
7	8178151.37	228640.77	H-7
8	8178384.18	228759.51	H-8
9	8178335.20	228977.85	H-9
10	8178185.38	229040.56	H-10
11	8178347.55	229050.89	H-11
12	8178145.16	229186.11	H-12
13	8178353.49	229164.40	H-13
14	8178255.35	229566.24	H-14
15	8178058.24	229595.75	H-15
16	8178251.90	229750.45	H-16
17	8178213.96	229868.22	H-17
18	8178037.44	229854.13	H-18
19	8178071.20	230020.27	H-19
20	8178190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178170.15	230556.72	H-22
23	8178150.55	230694.90	H-23
24	8177972.40	230718.54	H-24
25	8178236.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.51	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.53	231159.83	H-29
30	8178345.25	231200.50	H-30
31	8178695.77	231291.56	H-31
32	8178538.10	231346.28	H-32
33	8178834.14	231495.11	H-33
34	8178665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.22	232037.72	H-38
39	8179381.46	232184.37	H-39
40	8179256.22	232253.08	H-40
41	8179524.33	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179656.77	232668.13	H-43
44	8179761.95	232815.08	H-44
45	8179538.26	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	232954.08	H-48
49	8179977.73	233011.18	H-49
50	8180009.82	233106.08	H-50
51	8180176.12	232983.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233204.02	H-53
54	8180359.56	233182.24	H-54
55	8180287.80	233379.90	H-55
56	8180508.44	233389.41	H-56
57	8180418.82	233515.80	H-57
58	8180687.95	233430.11	H-58
59	8180519.20	233596.20	H-59
60	8180650.26	233636.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180810.93	233749.04	H-62
63	8180754.33	233812.75	H-63
64	8180873.54	233818.77	H-64
65	8180889.83	233940.46	H-65
66	8180773.29	234052.12	H-66
67	8180948.80	234029.04	H-67
68	8181070.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234238.36	H-69
70	8181055.32	234292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8181004.96	234356.01	H-72
73	8180918.20	234482.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181104.57	234923.74	H-77
78	8180932.58	234934.46	H-78
79	8181078.32	235016.17	H-79
80	8180893.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235211.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180937.88	235562.25	H-85
86	8181083.46	235617.63	H-86
87	8180977.69	235683.73	H-87
88	8181039.72	235986.42	H-88
89	8180913.93	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.60	236228.47	H-91
92	8181031.16	236303.54	H-92
93	8180910.44	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180860.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181388.42	237256.65	H-99
100	8181709.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237536.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	8181859.19	237800.50	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

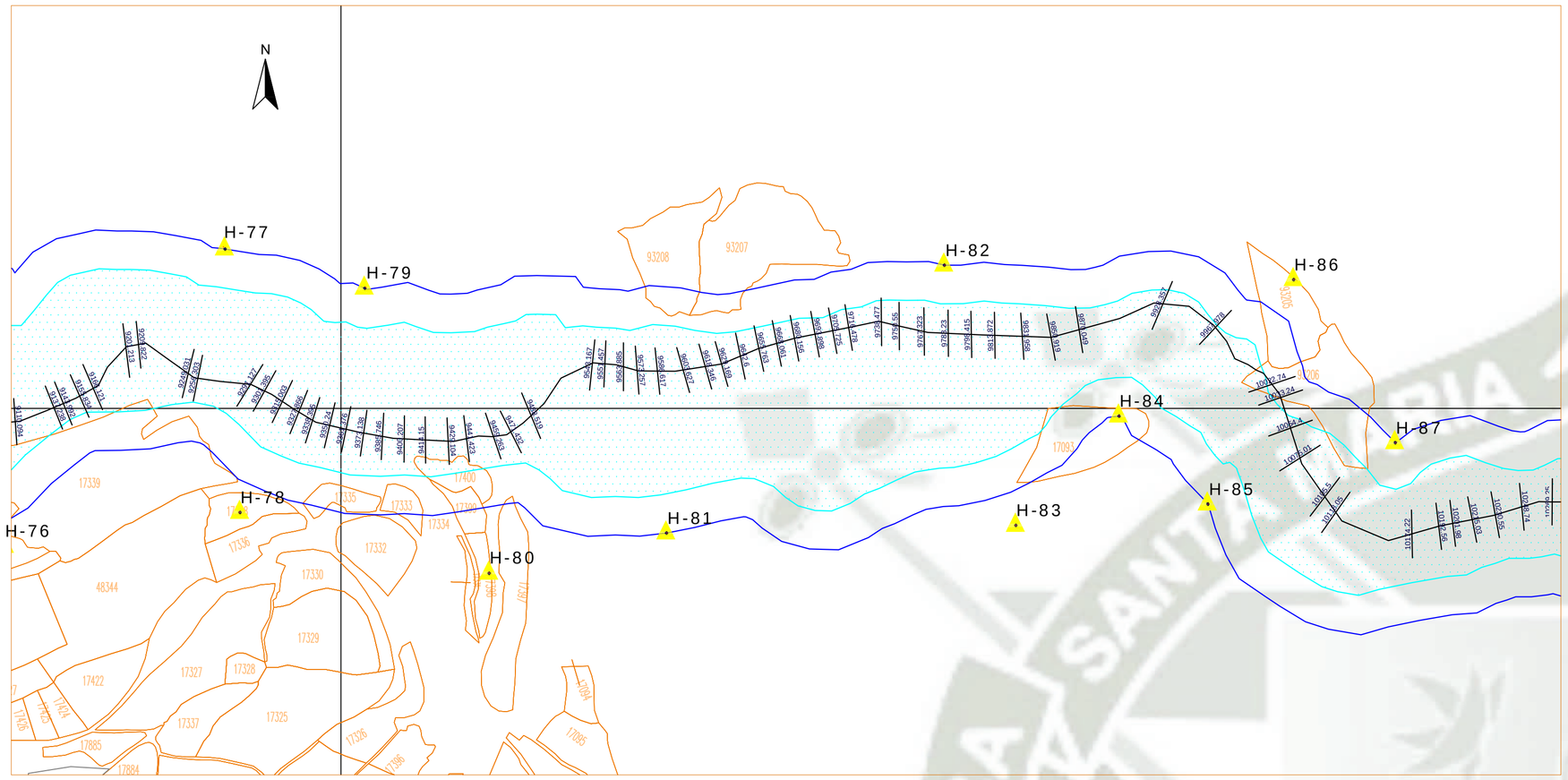
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUYINA-SOCABAYA (KM 12+350 DEL Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MAXIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.

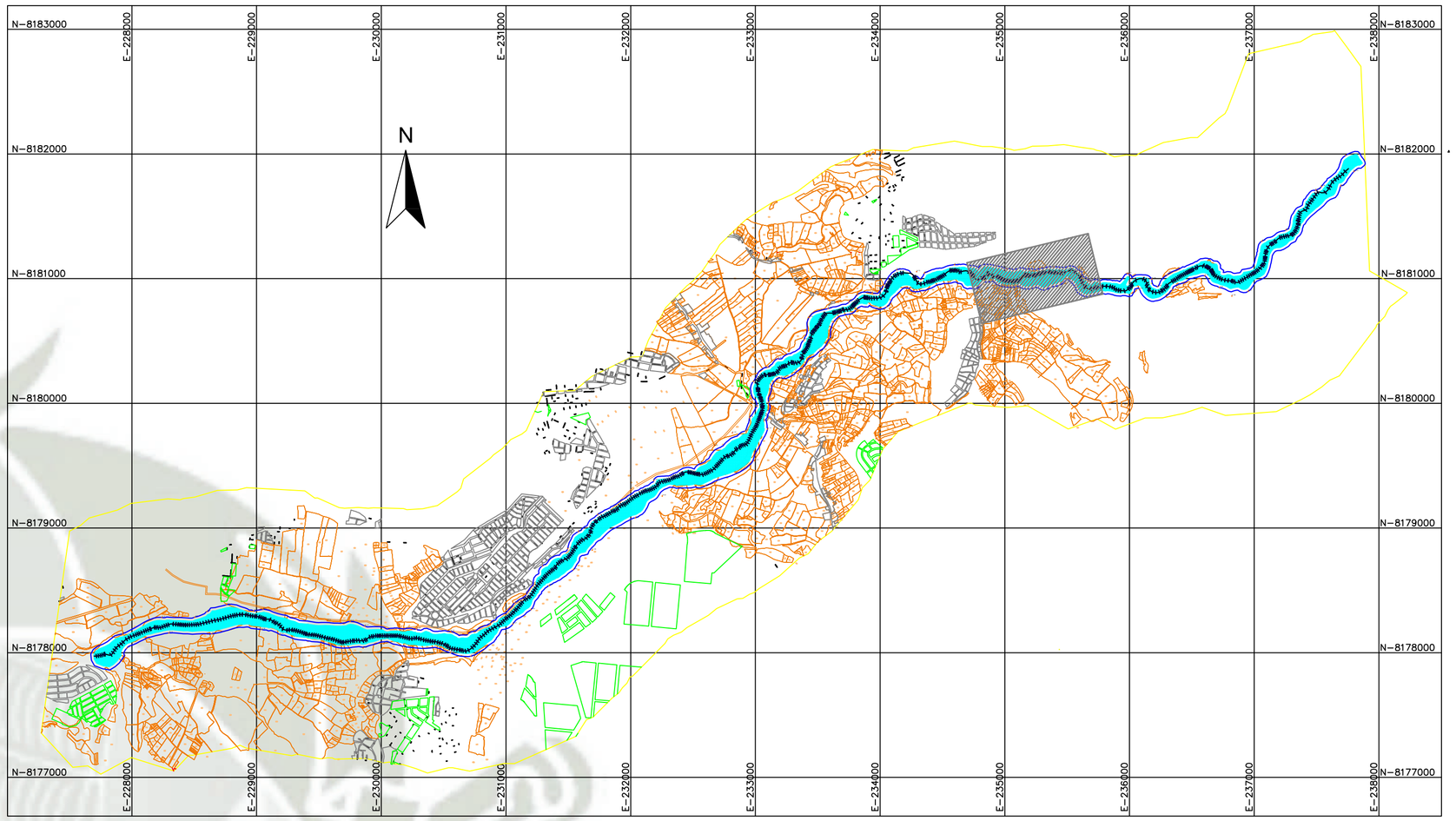
PLANO : **UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL**

FECHA : JUNIO, 2017 | ESC. : INDICADA | PLANO N° : **UHF-09**

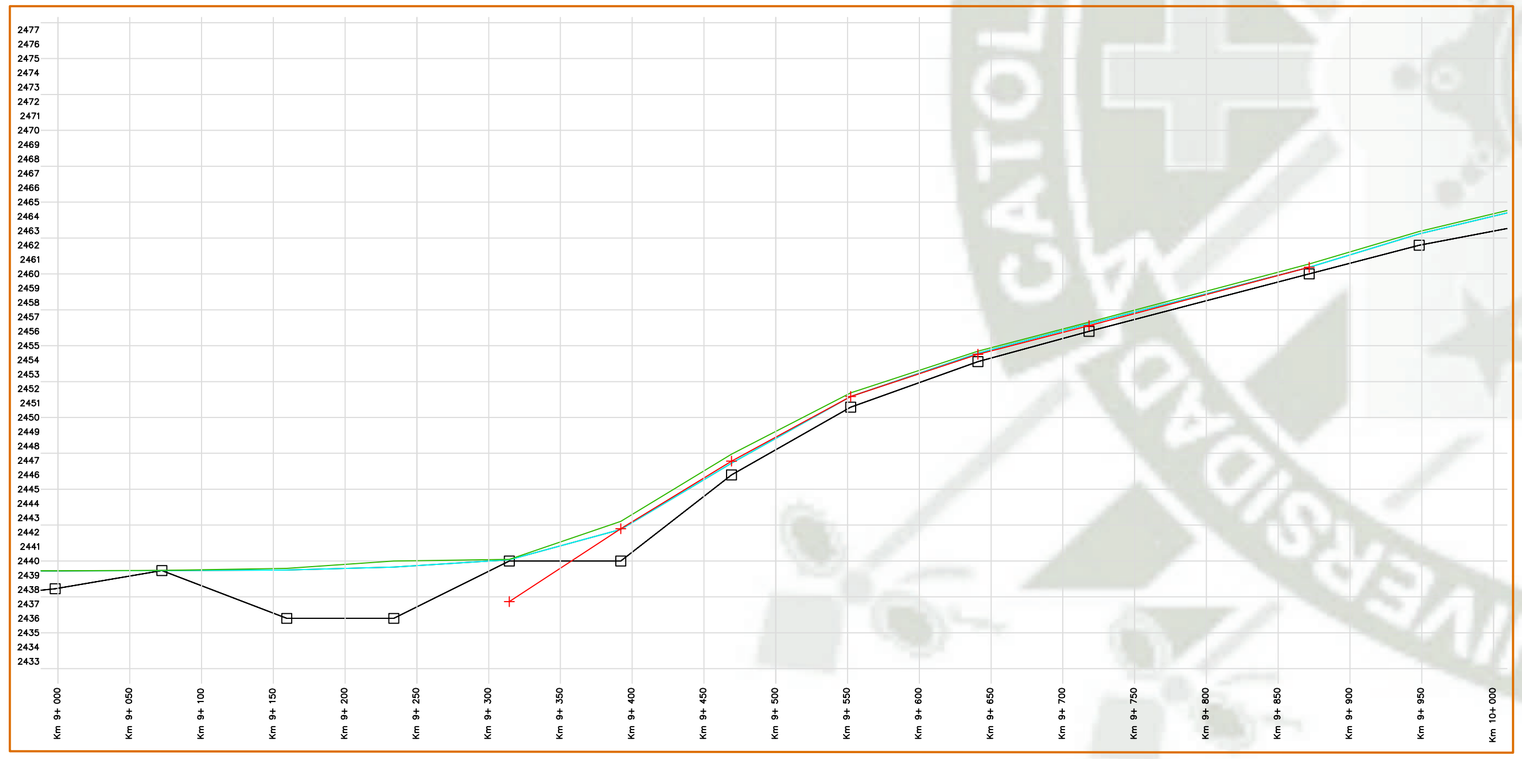
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**



PLANO DE PLANTA
ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION
ESCALA 1:30000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300



COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H-1
2	8178036.55	227959.65	H-2
3	8178282.29	228258.68	H-3
4	8178158.23	228297.23	H-4
5	8178284.84	228503.57	H-5
6	8178329.82	228602.67	H-6
7	8178151.37	228640.77	H-7
8	8178384.18	228759.51	H-8
9	8178335.20	228977.85	H-9
10	8178185.38	229040.56	H-10
11	8178347.55	229050.89	H-11
12	8178145.16	229186.11	H-12
13	8178353.49	229164.40	H-13
14	8178255.35	229566.24	H-14
15	8178058.24	229595.75	H-15
16	8178251.90	229750.45	H-16
17	8178213.96	229868.22	H-17
18	8178037.44	229854.13	H-18
19	8178071.20	230020.27	H-19
20	8178190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178170.15	230556.72	H-22
23	8178150.55	230694.90	H-23
24	8177972.40	230718.54	H-24
25	8178236.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.51	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.53	231159.83	H-29
30	8178345.25	231200.50	H-30
31	8178695.77	231291.56	H-31
32	8178538.10	231346.28	H-32
33	8178834.14	231495.11	H-33
34	8176665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.22	232037.72	H-38
39	8179381.46	232184.37	H-39
40	8179256.22	232253.08	H-40
41	8179524.33	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179656.77	232668.13	H-43
44	8179761.95	232815.08	H-44
45	8179538.26	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	232954.08	H-48
49	8179977.73	233011.18	H-49
50	8180009.82	233106.08	H-50
51	8180176.12	232983.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233204.02	H-53
54	8180359.56	233182.24	H-54
55	8180287.80	233379.90	H-55
56	8180508.44	233389.41	H-56
57	8180418.82	233515.80	H-57
58	8180687.95	233430.11	H-58
59	8180519.20	233596.20	H-59
60	8180650.26	233626.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180810.93	233749.04	H-62
63	8180754.33	233812.75	H-63
64	8180873.54	233818.77	H-64
65	8180889.83	233940.46	H-65
66	8180773.29	234052.12	H-66
67	8180948.80	234029.04	H-67
68	8181070.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234238.36	H-69
70	8181055.32	234292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8181044.96	234356.01	H-72
73	8180918.20	234482.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181104.57	234923.74	H-77
78	8180932.58	234934.46	H-78
79	8181078.32	235016.17	H-79
80	8180893.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235211.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180937.88	235562.25	H-85
86	8181083.46	235617.63	H-86
87	8180977.69	235683.73	H-87
88	8181039.72	235986.42	H-88
89	8180913.93	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.60	236228.47	H-91
92	8181031.16	236303.54	H-92
93	8180910.44	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180860.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181388.42	237256.65	H-99
100	8181709.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237538.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	8181859.19	237800.50	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

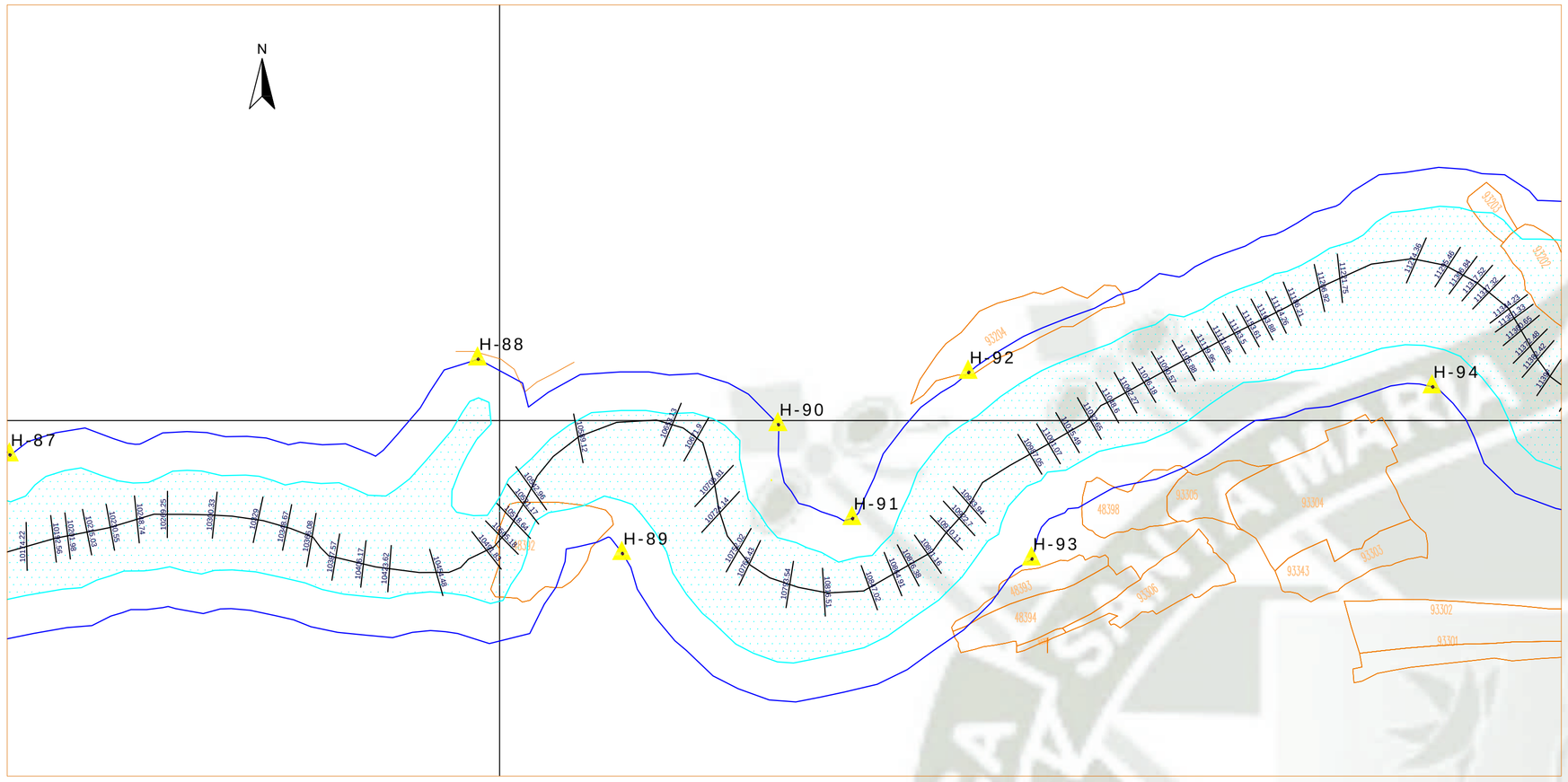
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL DEL RIO CHILI, TRAMO PUENTE BOLOGNESI - BOCATOMA CENTRAL HUANCARAMENDE, MARANAS, AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

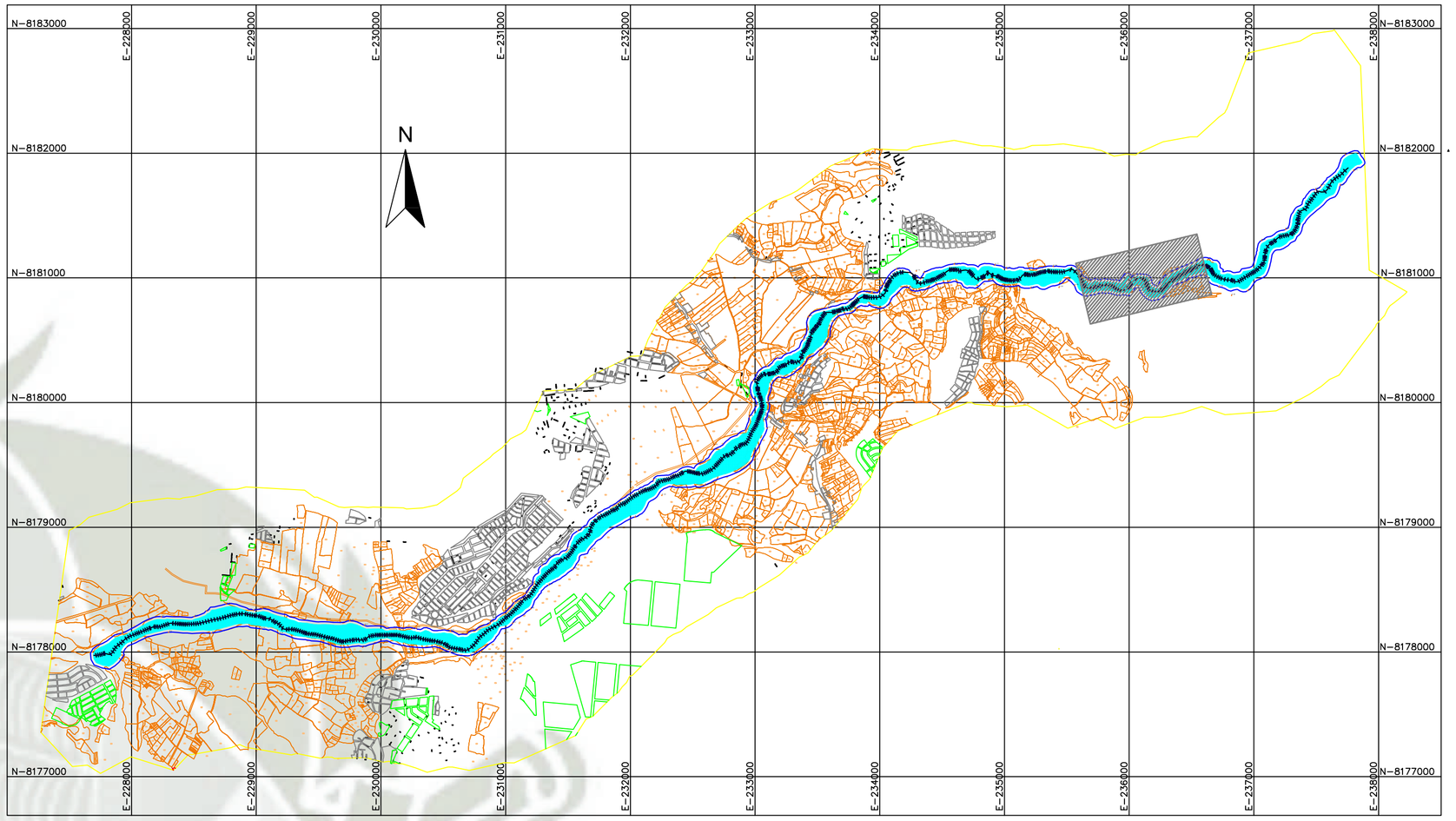
PLANO : UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL

FECHA JUNIO, 2017 | ESC. INDICADA | PLANO N° UHF-10

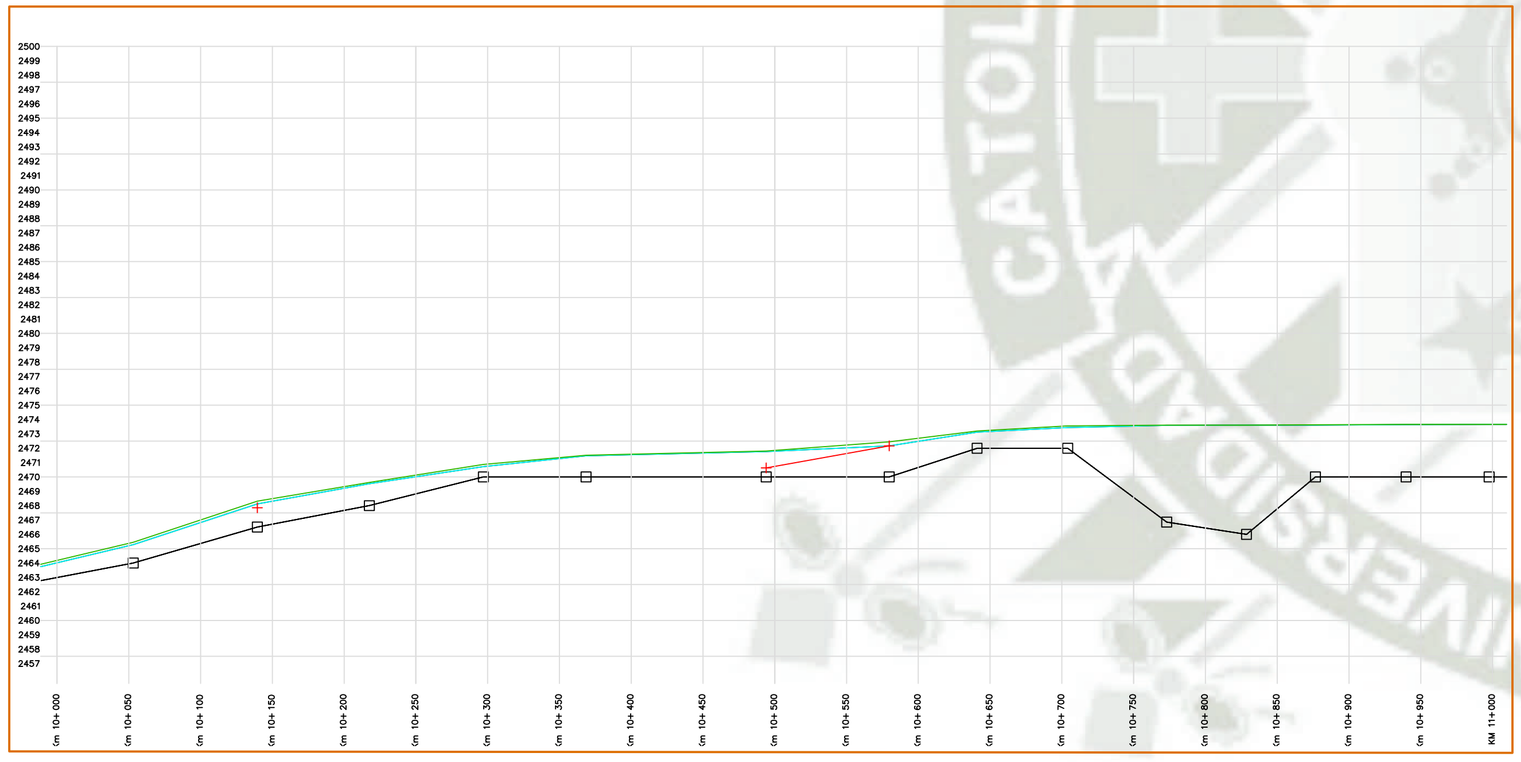
BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA



PLANO DE PLANTA
ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION
ESCALA 1:30000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

COORDENADAS DE HITOS

N° DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H-1
2	8178036.55	227959.65	H-2
3	8178282.29	228238.68	H-3
4	8178158.23	228297.23	H-4
5	8178284.84	228503.57	H-5
6	8178329.82	228602.67	H-6
7	8178151.37	228640.77	H-7
8	8178384.18	228759.51	H-8
9	8178335.20	228977.85	H-9
10	8178185.38	229040.56	H-10
11	8178347.55	229050.89	H-11
12	8178145.16	229186.11	H-12
13	8178353.49	229164.40	H-13
14	8178250.35	229566.24	H-14
15	8178058.24	229595.75	H-15
16	8178251.90	229750.45	H-16
17	8178213.96	229868.22	H-17
18	8178037.44	229854.13	H-18
19	8178071.20	230020.27	H-19
20	8178190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178170.15	230556.72	H-22
23	8178150.55	230694.90	H-23
24	8177972.40	230718.54	H-24
25	8178236.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.51	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.53	231159.83	H-29
30	8178345.25	231200.50	H-30
31	8178695.77	231291.56	H-31
32	8178538.10	231346.28	H-32
33	8178834.14	231495.11	H-33
34	8178665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS

N° DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.22	232037.72	H-38
39	8179381.46	232184.37	H-39
40	8179256.22	232253.08	H-40
41	8179524.33	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179656.77	232668.13	H-43
44	8179761.95	232815.08	H-44
45	8179538.26	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	232954.08	H-48
49	8179977.73	233011.18	H-49
50	8180009.82	233106.08	H-50
51	8180176.12	232983.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233204.02	H-53
54	8180359.56	233182.24	H-54
55	8180287.80	233379.90	H-55
56	8180508.44	233389.41	H-56
57	8180418.82	233515.80	H-57
58	8180687.95	233430.11	H-58
59	8180519.20	233596.20	H-59
60	8180650.26	233628.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180810.93	233749.04	H-62
63	8180754.33	233812.75	H-63
64	8180873.54	233818.77	H-64
65	8180889.83	233940.46	H-65
66	8180773.29	234052.12	H-66
67	8180948.80	234029.04	H-67
68	8181070.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234238.36	H-69
70	8181055.32	234292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS

N° DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8181044.96	234356.01	H-72
73	8180918.20	234482.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181104.57	234923.74	H-77
78	8180932.58	234934.46	H-78
79	8181078.32	235016.17	H-79
80	8180893.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235211.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180937.88	235562.25	H-85
86	8181083.46	235617.63	H-86
87	8180977.69	235683.73	H-87
88	8181039.72	235986.42	H-88
89	8180913.93	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.60	236228.47	H-91
92	8181031.16	236303.54	H-92
93	8180910.44	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180860.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181388.42	237256.65	H-99
100	8181709.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237538.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	8181859.19	237800.50	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

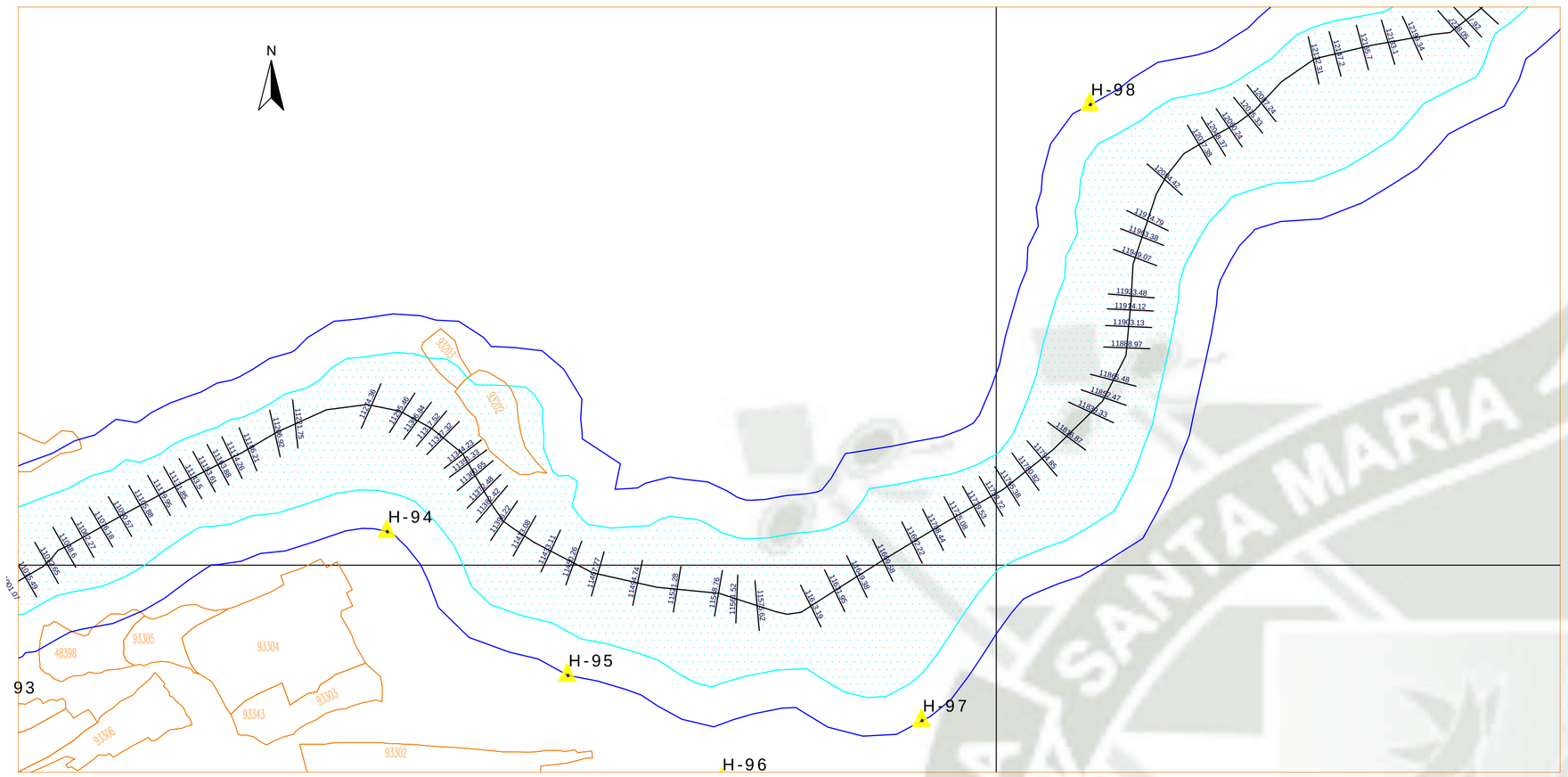
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL YUMINA-SOCABAYA (KM 12+350.00) Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MANIMAS AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

PLANO : UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL

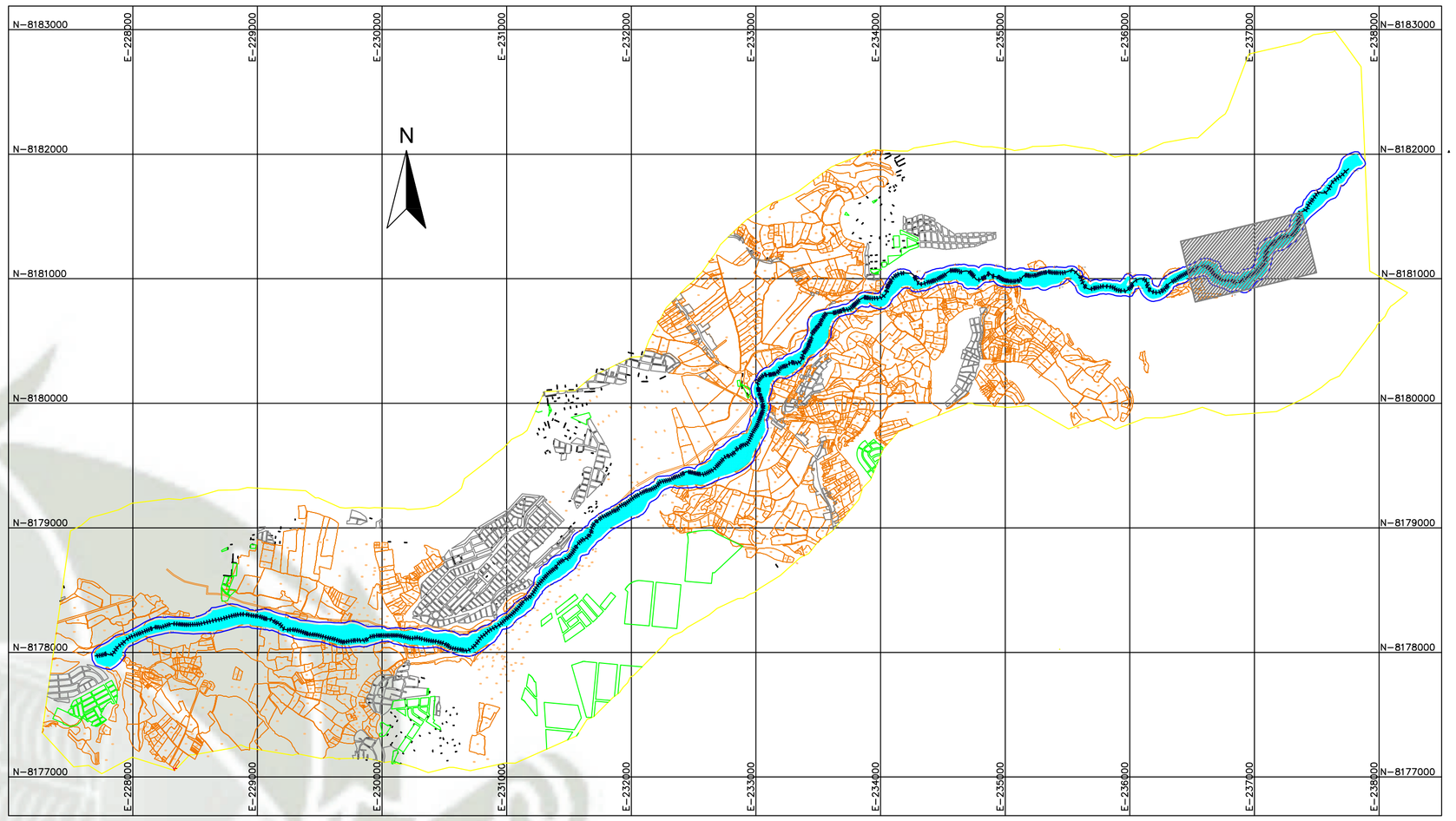
FECHA : JUNIO, 2017 | ESC. : INDICADA | PLANO N° : UHF-11

BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA



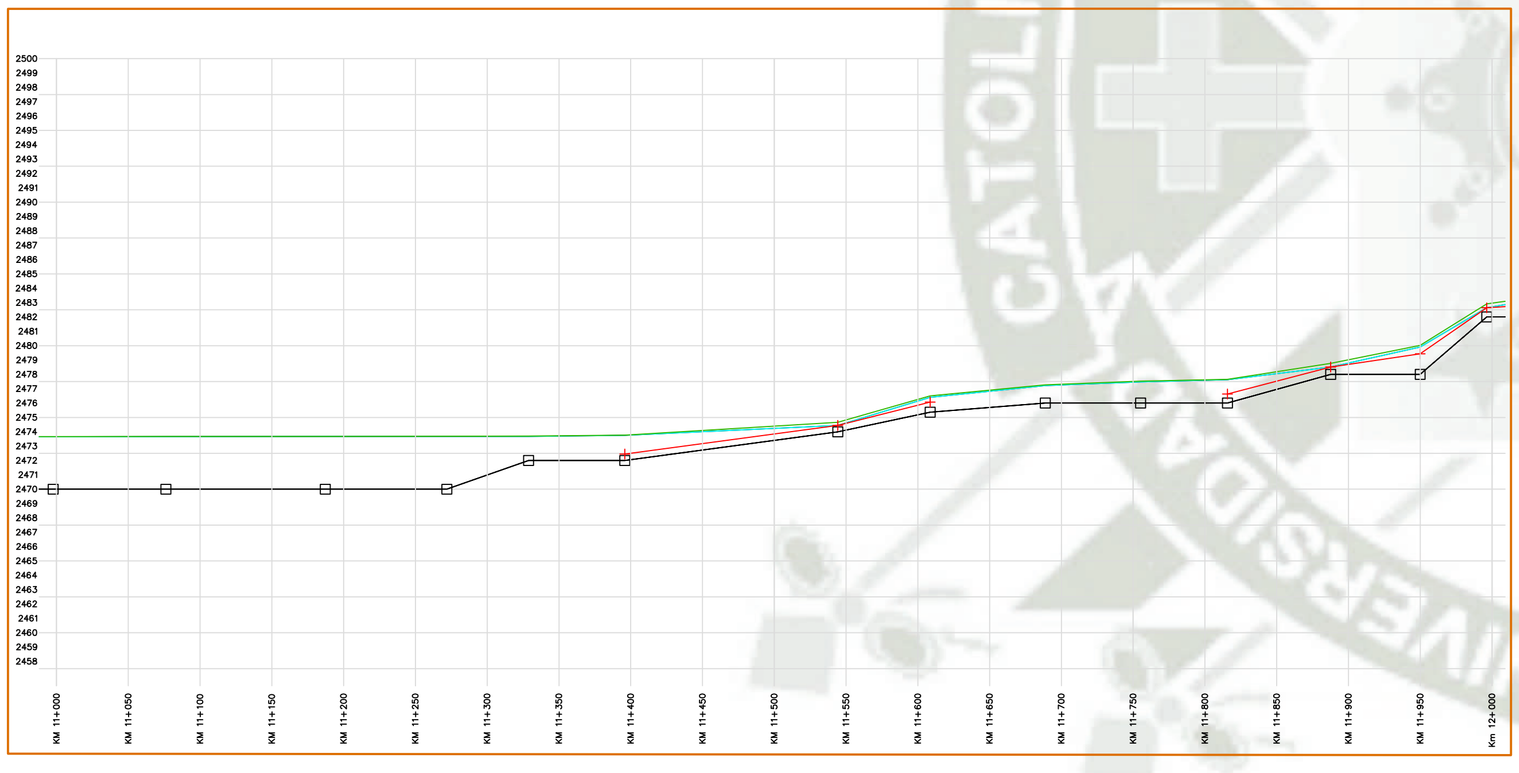
PLANO DE PLANTA

ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION

ESCALA 1:30000



PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA H. 1:3000

ESCALA V. 1:300

LEYENDA T = 50 Años

- Linea de Energia
- Nivel de Agua
- Linea Critica
- Superficie de Terreno
- Rivera
- Hito
- FAJA MARGINAL
- AREA DE INUNDACION
- PREDIOS

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H-1
2	8178036.55	227959.65	H-2
3	8178282.29	228238.68	H-3
4	8178158.23	228297.23	H-4
5	8178284.84	228503.57	H-5
6	8178329.82	228602.67	H-6
7	8178151.37	228640.77	H-7
8	8178394.18	228759.51	H-8
9	8178335.20	228977.85	H-9
10	8178185.38	229040.56	H-10
11	8178347.55	229050.89	H-11
12	8178145.16	229186.11	H-12
13	8178353.49	229164.40	H-13
14	8178255.35	229566.24	H-14
15	8178058.24	229595.75	H-15
16	8178251.90	229750.45	H-16
17	8178213.96	229866.22	H-17
18	8178037.44	229854.13	H-18
19	8178071.20	230020.27	H-19
20	8178190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178170.15	230556.72	H-22
23	8178150.55	230694.90	H-23
24	8177972.40	230718.54	H-24
25	8178236.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.51	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.53	231159.83	H-29
30	8178345.25	231200.50	H-30
31	8178695.77	231291.56	H-31
32	8178538.10	231346.28	H-32
33	8178834.14	231495.11	H-33
34	8178665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.22	232037.72	H-38
39	8179381.46	232184.37	H-39
40	8179256.22	232253.08	H-40
41	8179524.33	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179656.77	232668.13	H-43
44	8179761.95	232815.08	H-44
45	8179538.26	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	232954.08	H-48
49	8179977.73	233011.18	H-49
50	8180009.82	233106.08	H-50
51	8180176.12	232983.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233204.02	H-53
54	8180359.56	233182.24	H-54
55	8180287.80	233379.90	H-55
56	8180508.44	233389.41	H-56
57	8180418.82	233515.80	H-57
58	8180687.95	233430.11	H-58
59	8180519.20	233596.20	H-59
60	8180650.26	233626.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180810.93	233749.04	H-62
63	8180754.33	233812.75	H-63
64	8180873.54	233818.77	H-64
65	8180889.83	233940.46	H-65
66	8180773.29	234052.12	H-66
67	8180948.80	234029.04	H-67
68	8181070.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234238.36	H-69
70	8181055.32	234292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS

N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8181044.96	234356.01	H-72
73	8180918.20	234482.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181104.57	234923.74	H-77
78	8180932.58	234934.46	H-78
79	8181078.32	235016.17	H-79
80	8180893.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235211.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180937.88	235562.25	H-85
86	8181083.46	235617.63	H-86
87	8180977.69	235683.73	H-87
88	8181039.72	235986.42	H-88
89	8180913.93	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.60	236228.47	H-91
92	8181031.16	236303.54	H-92
93	8180910.44	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180860.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181388.42	237256.65	H-99
100	8181709.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237538.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	8181859.19	237800.50	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA

PROVINCIA : AREQUIPA

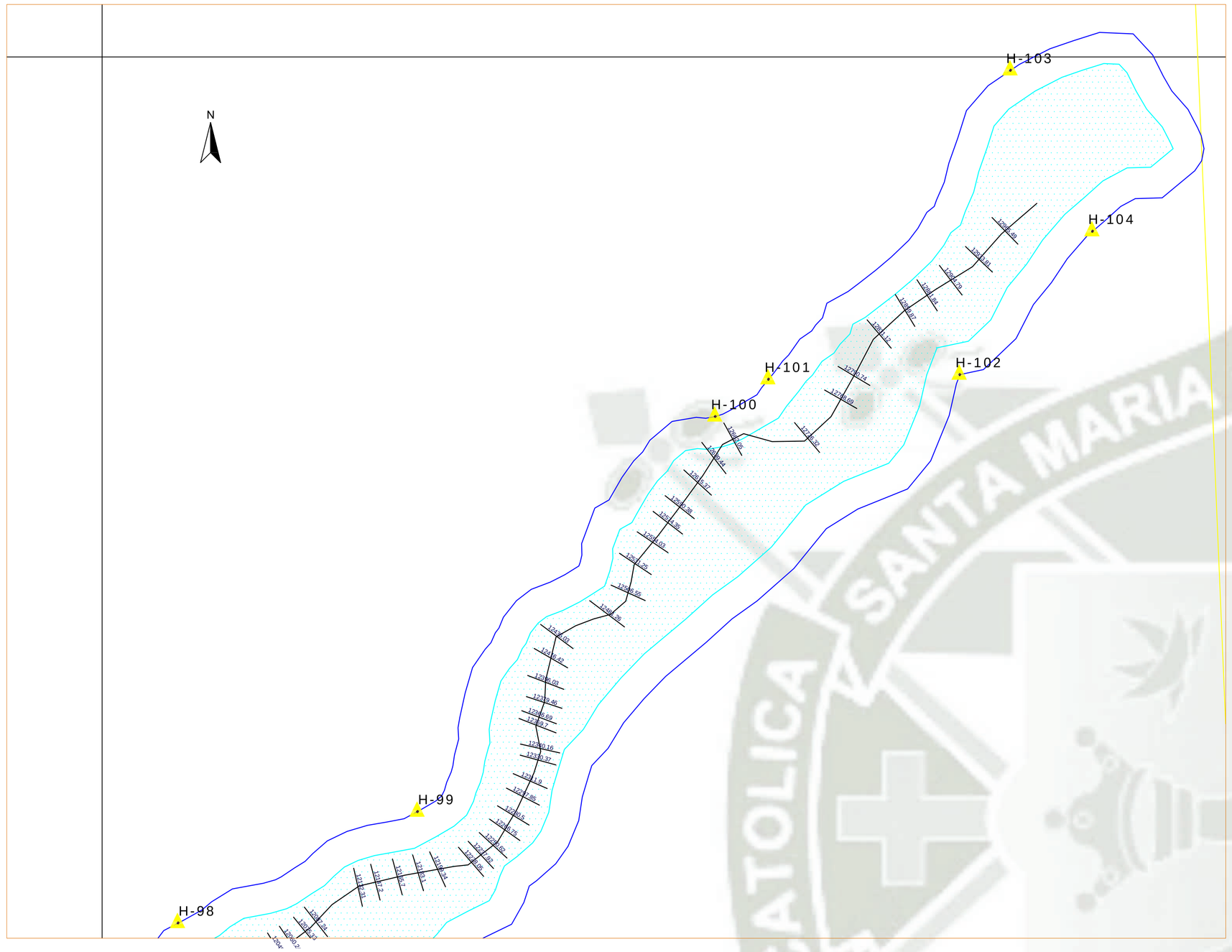
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL, YUMINA-SOCABAYA KM 12+300-20+ 7 PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MADRID, AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

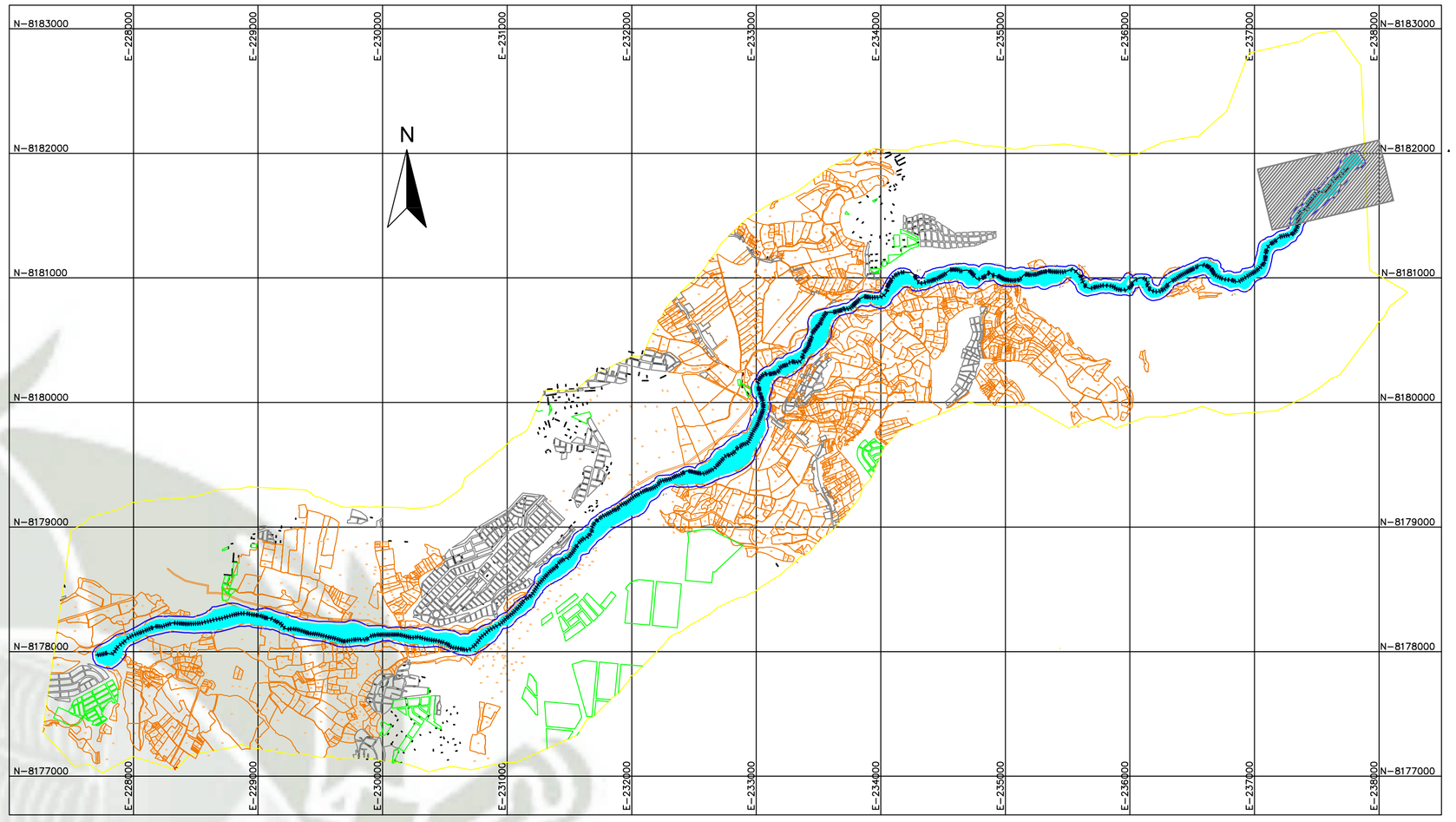
PLANO : **UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL**

FECHA : JUNIO, 2017 | ESC. : INDICADA | PLANO N°: **UHF-12**

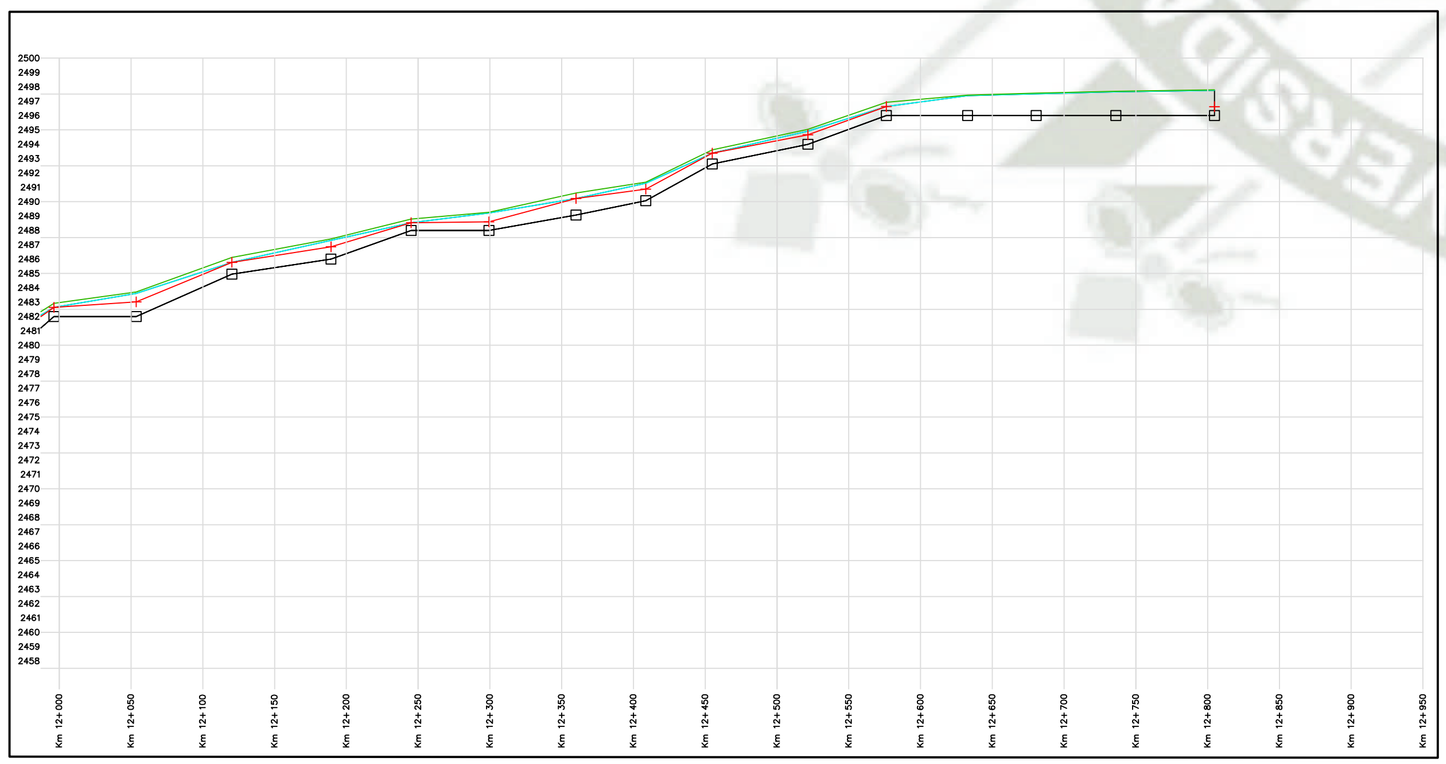
BACHILLER : **JOEL CCANCCAPA PUMA**



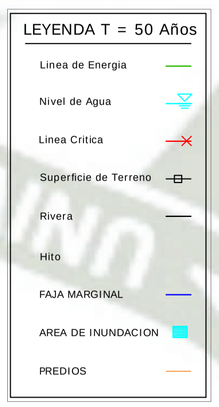
PLANO DE PLANTA
ESCALA 1:2500



PLANO DE LOCALIZACION
ESCALA 1:30000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H. 1:3000
ESCALA V. 1:300



COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	8178152.50	227926.53	H-1
2	8178036.55	227959.65	H-2
3	8178282.29	228238.68	H-3
4	8178158.23	228297.23	H-4
5	8178284.84	228503.57	H-5
6	8178329.82	228602.67	H-6
7	8178151.37	228640.77	H-7
8	8178384.18	228759.51	H-8
9	8178335.20	228977.85	H-9
10	8178185.38	229040.56	H-10
11	8178347.55	229050.89	H-11
12	8178145.16	229186.11	H-12
13	8178353.49	229164.40	H-13
14	8178255.35	229566.24	H-14
15	8178058.24	229595.75	H-15
16	8178251.90	229750.45	H-16
17	8178213.96	229868.22	H-17
18	8178037.44	229854.13	H-18
19	8178071.20	230020.27	H-19
20	8178190.62	230284.73	H-20
21	8178001.42	230554.28	H-21
22	8178170.15	230556.72	H-22
23	8178150.55	230694.90	H-23
24	8177972.40	230718.54	H-24
25	8178236.30	230874.59	H-25
26	8178148.94	230993.00	H-26
27	8178230.06	231055.51	H-27
28	8178401.19	231072.29	H-28
29	8178467.53	231159.83	H-29
30	8178345.25	231200.50	H-30
31	8178695.77	231291.56	H-31
32	8178538.10	231346.28	H-32
33	8178834.14	231495.11	H-33
34	8178665.18	231541.25	H-34
35	8178972.14	231580.46	H-35

COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
36	8178822.31	231691.50	H-36
37	8179108.22	231736.05	H-37
38	8179082.22	232037.72	H-38
39	8179381.46	232184.37	H-39
40	8179256.22	232253.08	H-40
41	8179524.33	232542.57	H-41
42	8179337.90	232600.43	H-42
43	8179656.77	232668.13	H-43
44	8179761.95	232815.08	H-44
45	8179538.26	232995.16	H-45
46	8179777.82	232920.96	H-46
47	8179793.71	233098.02	H-47
48	8179885.40	232954.08	H-48
49	8179977.73	233011.18	H-49
50	8180009.82	233106.08	H-50
51	8180176.12	232983.87	H-51
52	8180290.10	233101.39	H-52
53	8180202.99	233204.02	H-53
54	8180359.56	233182.24	H-54
55	8180287.80	233379.90	H-55
56	8180508.44	233389.41	H-56
57	8180418.82	233515.80	H-57
58	8180687.95	233430.11	H-58
59	8180519.20	233596.20	H-59
60	8180650.26	233626.43	H-60
61	8180760.19	233582.94	H-61
62	8180810.93	233749.04	H-62
63	8180754.33	233812.75	H-63
64	8180873.54	233818.77	H-64
65	8180889.83	233940.46	H-65
66	8180733.29	234052.12	H-66
67	8180948.80	234029.04	H-67
68	8181070.76	234133.37	H-68
69	8180915.53	234238.36	H-69
70	8181055.32	234292.64	H-70

COORDENADAS DE HITOS			
N°DE PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
71	8180987.98	234324.21	H-71
72	8181044.96	234356.01	H-72
73	8180918.20	234482.85	H-73
74	8181111.31	234597.43	H-74
75	8180911.20	234629.05	H-75
76	8180910.83	234781.97	H-76
77	8181104.57	234923.74	H-77
78	8180932.58	234934.46	H-78
79	8181078.32	235016.17	H-79
80	8180893.42	235096.08	H-80
81	8180919.13	235211.25	H-81
82	8181092.77	235391.41	H-82
83	8180924.21	235437.54	H-83
84	8180995.06	235504.48	H-84
85	8180937.88	235562.25	H-85
86	8181083.46	235617.63	H-86
87	8180977.69	235683.73	H-87
88	8181039.72	235986.42	H-88
89	8180913.93	236079.66	H-89
90	8180997.29	236180.56	H-90
91	8180936.60	236228.47	H-91
92	8181031.16	236303.54	H-92
93	8180910.44	236344.46	H-93
94	8181021.76	236603.48	H-94
95	8180928.07	236721.11	H-95
96	8180860.30	236821.40	H-96
97	8180898.64	236951.88	H-97
98	8181300.16	237061.56	H-98
99	8181388.42	237256.65	H-99
100	8181709.49	237495.65	H-100
101	8181739.61	237538.66	H-101
102	8181743.35	237693.22	H-102
103	8181989.27	237734.28	H-103
104	8181859.19	237800.50	H-104

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : SOCABAYA

PROYECTO : MODELAMIENTO HIDROLOGICO E HIDRAULICO APLICADO A LA DELIMITACION DE LA FAJA MARGINAL Y ANA SOCABAYA KM 22+500,00 Y PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN MANANA AVENIDAS EN EL DISTRITO DE SOCABAYA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO DE AREQUIPA.

PLANO : UBICACION DE HITOS Y FAJA MARGINAL

FECHA : JUNIO, 2017
ESC. : INDICADA
PLANO N° : UHF-13

BACHILLER : JOEL CCANCCAPA PUMA