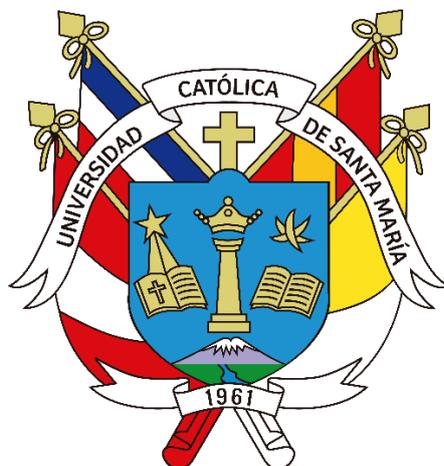


**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del**  
**Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE  
INUNDACIÓN UTILIZANDO LOS MODELOS NUMERICOS IRIC Y RS  
MINERVE EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE  
YURA, PROVINCIA Y REGION DE AREQUIPA**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Orellana Peralta, Gustavo Raúl**

Para optar el Título Profesional de:

**Ingeniero Civil**

Asesor:

**Ing. Noriega Aquise, Guillermo Yorel**

**Arequipa – Perú**

**2023**

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA CIVIL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 07 de Julio del 2023

**Dictamen: 005544-C-EPIC-2023**

Visto el borrador del expediente 005544, presentado por:

**2009100211 - ORELLANA PERALTA GUSTAVO RAUL**

Titulado:

**MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDACIÓN  
UTILIZANDO LOS MODELOS NUMERICOS IRIC Y RS MINERVE EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA  
CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA Y REGION DE AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29688899 - HIDALGO VALDIVIA ALEJANDRO VICTOR  
DICTAMINADOR**



**23923450 - ARROYO AMBIA ARTURO FELIX  
DICTAMINADOR**



**43085918 - CORNEJO LECAROS KARLA FIORELLA  
DICTAMINADOR**



# MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDACIÓN UTILIZANDO LOS MODELOS NUMERICOS IRIC Y RS MINERVE EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA Y REGION

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1 [repositorio.unsa.edu.pe](http://repositorio.unsa.edu.pe) Fuente de Internet 2%

2 [portal.mtc.gob.pe](http://portal.mtc.gob.pe) Fuente de Internet 2%

3 [repositorio.ingemmet.gob.pe](http://repositorio.ingemmet.gob.pe) Fuente de Internet 1%

4 [www.agry.purdue.edu](http://www.agry.purdue.edu) Fuente de Internet 1%

5 [1library.co](http://1library.co) Fuente de Internet 1%

6 [pdfcookie.com](http://pdfcookie.com) Fuente de Internet 1%

7 [sichuanlab.com](http://sichuanlab.com) Fuente de Internet 1%

[uploads.strikinglycdn.com](http://uploads.strikinglycdn.com)

8	Fuente de Internet	1 %
9	<a href="https://dspace.ucacue.edu.ec">dspace.ucacue.edu.ec</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="https://edoc.pub">edoc.pub</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="https://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="https://www.yumpu.com">www.yumpu.com</a> Fuente de Internet	1 %
13	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
14	<a href="https://fovida.org.pe">fovida.org.pe</a> Fuente de Internet	1 %
15	<a href="https://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
16	<a href="https://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	1 %
17	<a href="https://documents.worldbank.org">documents.worldbank.org</a> Fuente de Internet	1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

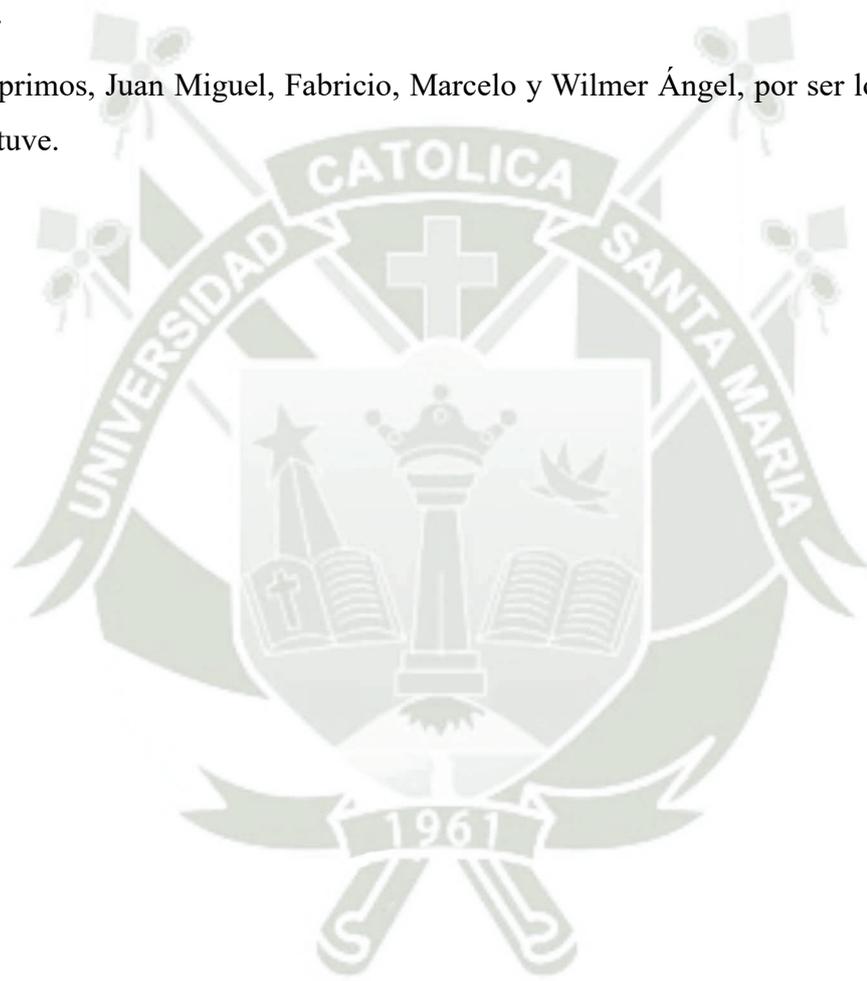
## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis dos madres, Sonia y Elsitá, por haberme apoyado en cada uno de mis pasos, por inculcarme buenos valores que me han permitido ser la persona que soy, y por todo su amor.

A mi Papa Asencio, aunque no esté presente en cuerpo, siempre estará en mi corazón.

A mis tíos, Yeny, Mary, Wilmer y Luis por cuidarme desde pequeño y ser como mis segundos padres.

A mis primos, Juan Miguel, Fabricio, Marcelo y Wilmer Ángel, por ser los Hermanos que nunca tuve.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mi Madre, por apoyarme, por todo su amor, por ser mi ejemplo de vida y enseñarme y guiarme en tomo mi camino.



## RESUMEN

La presente tesis tiene el objetivo realizar el modelamiento hidrológico con la plataforma RS-MINERVE (Routing System Minerve) y el modelamiento hidráulico con IRIC (International River Interface Cooperative), en el cauce de la quebrada Ciudad de Dios, distrito de Yura. El primer paso fue recopilar información de Modelos Digitales de Terreno (MDT) como ALOS-PALSAR 12.5 m para realizar la delimitación de las microcuencas de estudio en la quebrada, con ayuda del Software Qgis y de esta manera elaborar mapas de riesgo por inundación frente a máximas avenidas.

Para los parámetros de entrada en el modelo hidrológico RS-MINERVE, fue el análisis exploratorio de datos de precipitación máxima de 24 horas de la estación Corpac, con un registro de 33 años (1983-2014), y luego el análisis de frecuencia para buscar que distribución de probabilidad se ajusta mejor a la serie de datos máximos, como resultado la distribución Pearson Tipo III, teniendo en cuenta la evaluación no paramétrica de Smirnov – Kolmogorov, con un nivel de significancia de  $\alpha=5\%$ .

El modelo hidráulico desarrollado fue IRIC, teniendo en cuenta la rugosidad del lecho del cauce y el hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno y fue calibrado en función de niveles de altura de agua en función de huellas hídricas dejadas en eventos suscitados en los últimos años. Luego se diseñó muros de gravedad como protección a la zona de inundación en la quebrada Ciudad de Dios como obra de tipo rígido, para mitigar el riesgo frente al tránsito de avenidas para un periodo de retorno de  $T=100$  años.

**Palabras clave:** Modelamiento hidrológico, Rs-Minerve, modelamiento hidráulico, IRIC

## ABSTRACT

This thesis aims to perform hydrological modeling with the platform RS-MINERVE (Routing System Minerve) and hydraulic modeling with IRIC (International River Interface Cooperative), in the bed of the Ciudad de Dios ravine, Yura district. The first step was to collect information from Digital Terrain Models. (MDT) such as ALOS-PALSAR 12.5 m to carry out the delimitation of the study micro-basins in the ravine, with the help of the Qgis Software and in this way elaborate flood risk maps against maximum floods.

For the input parameters in the RS-MINERVE hydrological model, it was the exploratory analysis of maximum 24-hour precipitation data from the Corpac station, with a record of 33 years (1983-2014), and then the frequency analysis to find which probability distribution best fits the maximum data series, as a result the Pearson Type III distribution, taking into account the non-parametric evaluation of Smirnov – Kolmogorov, with a significance level of  $\alpha=5\%$ .

The hydraulic model developed was IRIC, taking into account the roughness of the bed of the channel and the hydrograph of floods for different periods of return and was calibrated according to water height levels based on water footprints left in events that occurred in recent years. Then gravity walls were designed to protect the flood zone in the Ciudad de Dios ravine as a rigid work, to mitigate the risk against the traffic of avenues for a return period of  $T = 100$  years.

**Keywords:** hydrological modeling, Rs-Minerve, hydraulic modeling, IRIC

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	2
1. Introducción .....	3
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1. Objetivo general .....	3
1.1.2. Objetivos específicos .....	3
1.2. Antecedentes .....	3
1.2.1. Investigaciones .....	3
1.3. Justificación .....	6
1.3.1. Académica .....	6
1.3.2. Técnica .....	7
1.3.3. Social .....	7
1.3.4. Económico .....	7
1.3.5. Político .....	7
1.3.6. Ambiental .....	7
1.4. Problemática de la investigación .....	8
1.5. Hipótesis .....	8
CAPITULO II ASPECTOS GENERALES .....	9
2. Aspectos Generales .....	10
2.1. Impactos .....	10
2.2. Análisis de vulnerabilidad .....	12
2.2.1. Factores de la vulnerabilidad: Exposición, Fragilidad y Resiliencia .....	12
2.3. Análisis de los factores de la vulnerabilidad .....	13

2.3.1.	Exposición .....	13
2.3.2.	Fragilidad.....	13
2.3.3.	Resiliencia .....	14
2.4.	Estudio hidrológico.....	15
2.4.1.	Clima .....	15
2.4.2.	Cuenca hidrográfica.....	15
2.4.3.	Curva intensidad - duración - frecuencia.....	15
2.4.4.	Estación pluviométrica .....	15
2.4.5.	Fenómeno del niño .....	15
2.4.6.	Fenómenos de la niña .....	15
2.4.7.	Hietograma .....	16
2.4.8.	Hietograma unitario.....	16
2.4.9.	Hietograma sintético.....	16
2.4.10.	Hidrograma.....	16
2.4.11.	Lluvia.....	16
2.4.12.	Método racional.....	16
2.4.13.	Numero de curva .....	17
2.4.14.	Periodo de retorno .....	17
2.4.15.	Precipitación .....	17
2.4.16.	Riesgo .....	17
2.4.17.	Riesgo potencial .....	17
2.4.18.	Situación de riesgo.....	17
2.4.19.	Socil Conservation Service (SCS).....	17
2.4.20.	Tiempo de concentración.....	18
2.4.21.	Flujos hiperconcentrados.....	18
2.5.	Modelamiento computacional.....	18

2.5.1.	HEC - HMS .....	18
2.5.2.	RS-MINERVE.....	18
2.5.3.	HEC RAS .....	19
2.5.4.	IBER.....	19
2.5.5.	iRIC .....	19
2.6.	Sistemas de Información geográfica.....	19
2.6.1.	QGIS.....	19
CAPITULO III CUENCA DE ESTUDIO.....		20
3.	Cuenca de Estudio.....	21
3.1.	Ubicación.....	21
3.1.1.	Altitud.....	23
3.1.2.	Vías de acceso .....	23
3.1.3.	Vía terrestre .....	23
3.1.4.	Aspecto físico .....	23
3.1.5.	Clima .....	23
3.1.6.	Condiciones Geológicas.....	24
CAPITULO IV PARAMETROS MORFOMETRICOS.....		25
4.	PARAMETROS MORFOMETRICOS.....	26
4.1.	Sistemas de información Geográfica.....	26
4.2.	Los SIG en los modelos hidrológicos.....	26
4.3.	Delimitación de la cuenca.....	27
4.4.	Información cartográfica.....	27
4.5.	Parámetros morfométricos.....	28
4.5.1.	Área (A).....	28
4.5.2.	Perímetro (P).....	29
4.5.3.	Centro de gravedad (CG).....	30

4.5.4.	Longitud del cauce principal (L) .....	31
4.5.5.	Coeficiente o índice de compacidad (Kc).....	33
4.5.6.	Factor de forma (Rf) .....	35
4.5.7.	Pendiente de la cuenca (Sc).....	35
4.5.8.	Altitud media (H).....	38
4.5.9.	Pendiente del cauce principal (S) .....	40
4.5.10.	Ancho promedio (B).....	40
4.5.11.	Altitud más frecuente.....	41
4.5.12.	Coeficiente de masividad (Cm) .....	42
4.5.13.	Coeficiente Orográfico (Co).....	43
4.5.14.	Rectángulo equivalente.....	44
4.5.15.	Orden de la cuenca .....	45
4.5.16.	Relación de confluencias (Rc).....	46
4.5.17.	Relación de longitudes (RI) .....	47
4.5.18.	Densidad de drenaje (Dd).....	48
4.5.19.	Curva hipsométrica.....	49
4.5.20.	Frecuencia de altitudes .....	50
CAPÍTULO V MODELO HIDROLÓGICO.....		51
5.	Modelo Hidrológico .....	52
5.1.	Registro de precipitación máxima de 24 horas .....	53
5.2.	Análisis estadístico.....	54
5.2.1.	Parámetros estadísticos.....	54
5.3.	Análisis de datos (Outliers).....	56
5.4.	Precipitación media.....	59
5.4.1.	Método de Thiessen.....	60
5.5.	Estadística aplicada a la hidrología.....	61

5.5.1.	Periodo de retorno .....	61
5.5.2.	Riesgo de falla .....	62
5.6.	Análisis de frecuencia .....	63
5.6.1.	Función de distribución de probabilidad .....	63
5.7.	Distribución Gumbel.....	64
5.8.	Función Log Pearson Tipo III.....	64
5.9.	Función Pearson Tipo III .....	65
5.10.	Software HYDROGNOMON.....	65
5.11.	Pruebas de Bondad y Ajuste .....	70
5.11.1.	Prueba de Smirnov Kolmogorov .....	70
5.12.	Corrección.....	73
5.13.	Determinación de la tormenta de diseño.....	74
5.13.1.	Método de Dick y Peschke .....	74
5.14.	Curva intensidad – duración - frecuencia .....	76
5.15.	Método de bloque alterno o alternados .....	78
5.16.	Estimación de caudales máximos .....	81
5.17.	Tiempo de concentración.....	81
5.17.1.	Kirpich 1942 .....	81
5.17.2.	Temez 1978 .....	82
5.17.3.	Giandotti .....	82
5.17.4.	SCS .....	83
5.18.	Numero de curva.....	83
5.18.1.	GRUPO A.....	83
5.18.2.	GRUPO B .....	83
5.18.3.	GRUPO C .....	83
5.18.4.	GRUPO D.....	84

5.19. Software HEC – HMS .....	86
5.20. Software RS MINERVE .....	89
5.20.1. Principales características .....	90
5.20.2. Objetos bases para las características hidrológicas .....	91
5.20.3. Ríos .....	92
<b>CAPITULO VI MODELO HIDRAULICO .....</b>	<b>95</b>
6. Modelo Hidraulico .....	96
6.1. Software HEC – RAS .....	96
6.1.1. Ecuación gobernante de lámina libre de Saint – Venant .....	96
6.1.2. Capacidades y ventajas de HEC – RAS 2D .....	97
6.2. Software IRIC .....	102
6.2.1. Ecuación de gobernante bidimensional 2D de Navier-Stokes.....	103
6.2.2. Modelo de diferencias finitas de flujo con IRIC .....	104
<b>CAPITULO VII QUEBRADA CIUDAD DE DIOS .....</b>	<b>108</b>
7. Quebrada Ciudad de Dios .....	109
7.1. Flujos hiperconcentrados, flujos de barro y flujos de huayco .....	110
7.2. Caracterización reológica y dinámica de los flujos en las torrenteras .....	110
7.3. Estimación de los caudales picos de flujos de huaycos en las torrenteras.....	110
7.3.1. El caudal máximo de flujo de barro respecto al caudal de agua y material en suspensión es: .....	111
7.3.2. El caudal máximo del flujo de huayco en condición saturada resulta:.....	111
7.4. Análisis de Vulnerabilidad para la lluvia histórica .....	112
7.4.1. Problemática de la torrentera Chullo .....	112
7.5. Antecedentes .....	112
7.6. Evaluación de los peligros Geológicos en el sector Yura.....	113
7.7. Geomorfología .....	114

7.8.	Tipo de Suelo .....	115
7.9.	Peligro por lahares o flujos de lodo (huayco) y desbordes .....	115
7.10.	Calibración por huella hídrica.....	116
CAPITULO VIII MUROS DE GRAVEDAD.....		118
8.	MUROS DE GRAVEDAD .....	119
8.1.	Propuesta técnica de solución .....	119
8.2.	Verificación de estabilidad y resistencia.....	119
8.3.	Verificación de esfuerzo en la unión del muro y la base .....	119
8.4.	Diseño – Redimensionamiento .....	119
8.4.1.	Coeficientes de presiones activas y pasivas .....	120
8.4.2.	Cálculo de la estabilidad del muro (Momento con respecto a “O”).....	122
8.4.3.	Las presiones que actúan en la base del muro .....	124
8.4.4.	Verificamos las tensiones .....	125
8.4.5.	Verificamos los esfuerzos en la intersección del muro con la base.....	127
8.5.	Modelamiento con y sin proyecto.....	128
CAPITULO IX COSTO, PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN .....		130
9.	Costo, presupuesto y programación .....	131
9.1.	Presupuesto .....	131
9.2.	Metrados .....	131
9.3.	Análisis de precios unitarios .....	134
9.4.	Gastos Generales.....	135
9.5.	Gastos de Supervisión.....	135
9.6.	Gastos de liquidación.....	135
9.7.	Presupuesto General.....	135
9.8.	Programación .....	132
CAPITULO X ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....		132

10. Estudio de impacto ambiental.....	133
10.1. Riesgos Ambientales.....	133
10.1.1. Contaminación Ambiental.....	133
10.2. Factores Ambientales.....	134
10.3. Impacto .....	135
10.3.1. Impacto por Generación de Ruido.....	135
10.3.2. Impacto por Contaminación del Suelo .....	135
10.4. Matriz de Leopold.....	135
CONCLUSIONES.....	137
RECOMENDACIONES .....	139
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	140
ANEXOS .....	147
ANEXO 1 PLANOS.....	148
ANEXO 2 PANEL FOTOGRÁFICO .....	132

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Análisis Cuantitativos de Peligro .....	11
Tabla 2 Clasificación en Cuencas según el Área de Drenaje .....	29
Tabla 3 Tipos de Cuenca Según el Valor de $K_c$ .....	34
Tabla 4 Interpretación de la Altitud Media - H .....	39
Tabla 5 Valores de $K_n$ para la Prueba de Datos Dudosos .....	58
Tabla 6 Vida Útil de Obras en Función del Riesgo Admisible .....	63
Tabla 7 Valores Críticos para la Prueba de Smirnov - Kolmogorov.....	71
Tabla 8 Prueba de Aceptación – Distribución de Probabilidad.....	72
Tabla 9 Precipitación Máxima de 24 horas para diferentes Periodos de Retorno.....	74
Tabla 10 Distribución de las Precipitaciones para una duración de 3 horas .....	75
Tabla 11 Intensidades máximas para una duración de 3 horas.....	76
Tabla 12 Determinación del Hietograma de Diseño para un Periodo de Retorno $T=100$ años.....	80
Tabla 13 Valores de la Constante Adimensional “D” .....	100

## ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula 1 Coeficiente o índice de compacidad .....	33
Fórmula 2 Factor de forma .....	35
Fórmula 3 Pendiente de la cuenca .....	36
Fórmula 4 Altura media.....	38
Fórmula 5 Ancha promedio.....	40
Fórmula 6 Coeficiente de masividad .....	42
Fórmula 7 Coeficiente Orográfico.....	43
Fórmula 8 Lado del rectángulo equivalente .....	44
Fórmula 9 Relación de confluencias .....	47
Fórmula 10 Relación de longitudes .....	48
Fórmula 11 Densidad de drenaje .....	48
Fórmula 12 Media .....	54
Fórmula 13 Varianza .....	55
Fórmula 14 Desviación estándar .....	55
Fórmula 15 Coeficiente de variación.....	55
Fórmula 16 Coeficiente de asimetría.....	56
Fórmula 17 Umbral de datos dudosos altos.....	57
Fórmula 18 Umbral de datos dudosos bajos.....	57
Fórmula 19 Método de Thiessen .....	60
Fórmula 20 Periodo de retorno .....	62
Fórmula 21 Periodo de retorno.....	62
Fórmula 22 Riesgo de falla.....	62
Fórmula 23 Distribución Gumbel.....	64
Fórmula 24 Función Log Pearson Tipo III.....	64
Fórmula 25 Función Pearson Tipo III .....	65

Fórmula 26 Función de distribución de probabilidad.....	71
Fórmula 27 Precipitación.....	75
Fórmula 28 Intensidad promedio.....	76
Fórmula 29 Intensidad máxima .....	77
Fórmula 30 Tiempo de concentración Kirpich.....	81
Fórmula 31 Tiempo de concentración Temez .....	82
Fórmula 32 Tiempo de concentración Giandotti.....	82
Fórmula 33 Tiempo de concentración SCS .....	83
Fórmula 34 Coeficiente de viscosidad de turbulencia.....	99
Fórmula 35 Constante gravitatoria .....	100
Fórmula 36 Efecto Coriolis .....	100
Fórmula 37 Coeficiente de fricción de fondo de lecho .....	101
Fórmula 38 Estimación de los caudales picos de flujos .....	110
Fórmula 39 caudal máximo de barro.....	111
Fórmula 40 caudal máximo del flujo de huayco .....	111
Fórmula 41 Coeficiente de presión activa .....	120
Fórmula 42 Coeficiente de presión pasiva .....	121
Fórmula 43 Empuje activo .....	121
Fórmula 44 Momento actuante.....	121
Fórmula 45 Seguridad por volteo .....	123
Fórmula 46 Factor de fricción .....	123
Fórmula 47 Fuerza resistente.....	123
Fórmula 48 Factor de seguridad al deslizamiento .....	123
Fórmula 49 Excentricidad .....	124
Fórmula 50 Presión en el terreno.....	124
Fórmula 51 Esfuerzo del concreto admisible .....	126

Fórmula 52 Esfuerzo de corte.....	126
Fórmula 53 Esfuerzo de tracción.....	126
Fórmula 54 Esfuerzo de tracción permisible .....	126
Fórmula 55 Esfuerzo de compresión admisible .....	127



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Indicando con Circulo las Zonas Criticas ante Inundaciones .....	4
Figura 2 Modelamiento con el Software IRIC .....	5
Figura 3 Delimitación de la cuenca para ser utilizado en RS MINERVE.....	6
Figura 4 Factores de la Vulnerabilidad: Exposición, Fragilidad y Resiliencia .....	12
Figura 5 Edificación y Susceptible a un peligro de origen natural.....	13
Figura 6 Viviendas Inadecuadas en el Centro de Lima .....	14
Figura 7 Organización de Instituciones ante la Ocurrencia de Sismos de gran Magnitud .....	14ggggg
Figura 8 Mapa de peligros identificados en el Distrito de Yura.....	21
Figura 9 Mapa Político, Geográfico y Distrital del Área de Estudio .....	22
Figura 10 Sistema de Información Geográfica - QGIS .....	26
Figura 11 DEM ALOS PALSAR .....	28
Figura 12 Forma de la Cuenca e Hidrograma Probable .....	30
Figura 13 Cuencas Delimitadas con QGIS.....	31
Figura 14 Longitud de Cauce Principal – Cuenca 01 .....	32
Figura 15 Perfil Longitudinal del Cauce Principal – Cuenca 01 .....	32
Figura 16 Determinación de la Pendiente Media - cuenca 01 .....	37
Figura 17 Determinación del Ancho Promedio con QGIS – Cuenca 01 .....	41
Figura 18 Determinación del Rectángulo Equivalente en QGIS.....	44
Figura 19 Determinación del Orden de la cuenca Delimitada en QGIS .....	46
Figura 20 Criterios de Strahler y Horton para el Orden de la Cuenca.....	47
Figura 21 Determinación de la Frecuencia de ríos en QGIS .....	49
Figura 22 Cambio de Forma de la Curva Hipsométrica con la Edad del Rio .....	49
Figura 23 Frecuencia de Altitudes.....	50
Figura 24 Determinación de la Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes .....	50

Figura 25 Densidad de las Estaciones Meteorológicas Activas .....	53
Figura 26 Histograma de Registro de Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Corpac .....	54
Figura 27 Determinación de la Precipitación Media por el Método de Thiessen .....	61
Figura 28 Probabilidad de Excedencia - Distribución Normal.....	66
Figura 29 Probabilidad de Excedencia – Distribución Log Normal .....	66
Figura 30 Probabilidad de Excedencia – Distribución Pearson Tipo III.....	67
Figura 31 Probabilidad de Excedencia – Distribución Log Pearson Tipo III .....	67
Figura 32 Probabilidad de Excedencia – Distribución EVI MAX (Gumbel).....	68
Figura 33 Probabilidad de Excedencia – Distribución GEV (Valores Extremos Generalizado) .....	68
Figura 34 Probabilidad de Excedencia – Disgtribución Gamma .....	69
Figura 35 Probabilidad de Excedencia – Distribución Weibul .....	69
Figura 36 Prueba de Smirnov Kolmogorov – Software Hydrognomon.....	72
Figura 37 Curva – Intensidad - Frecuencia .....	77
Figura 38 Descripción del Método Mediante el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje .....	78
Figura 39 Hietograma de Diseño.....	79
Figura 40 Hietograma de Diseño para un Periodod de Retorno de T=100 años .....	80
Figura 41 Determinación del Numero de Curva – Software QGIS.....	85
Figura 42 Composición de los Componentes con el Modelo HEC -HMS .....	87
Figura 43 Hidrograma para un Periodo de Retorno T=100 años – Punto A .....	87
Figura 44 Hidrograma para un Periodo de Retorno T=100 años – Punto B .....	88
Figura 45 Resultados Obtenidos del Modelo Numérico HEC - HMS .....	88
Figura 46 Hidrograma de Salida para un Periodo de Retorno T=100 años.....	89
Figura 47 Ventana de Principal de la Plataforma de RS-MINERVE.....	90
Figura 48 Esquema de Máximas Avenidas con RS-MINERVE .....	94

Figura 49 Elementos que Componen la Malla en HEC - RAS .....	97
Figura 50 Presentación de la inundación con Qgis en la quebrada Ciudad de Dios – agua arriba – HEC RAS.....	101
Figura 51 Presentación de la inundación con Qgis en la quebrada Ciudad de Dios – agua abajo – HEC RAS .....	102
Figura 52 Configuración Geométrica de la introducción de las Alcantarillas (Culvert) - 01 .....	105
Figura 53 Configuración Geométrica de la introducción de las Alcantarillas (Culvert) - 02 .....	105
Figura 54 Presentación de la inundación con Qgis en la quebrada Ciudad de Dios – agua arriba - IRIC .....	106
Figura 55 Presentación de la inundación con Qgis en la quebrada Ciudad de Dios – aguas abajo .....	106
Figura 56 Torrentera Chullo – Vulnerabilidad Lluvia Histórica.....	113
Figura 57 Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio - INGEMMET.....	114
Figura 58 Población asentada cerca al domo del Aeropuerto .....	116
Figura 59 Calibración con Huella Hídrica.....	116
Figura 60 Mapa de Inundación – Quebrada Ciudad de Dios .....	117
Figura 61 Diseño de Muro de Gravedad .....	120
Figura 62 Diseño de Muro de Gravedad .....	122
Figura 63 Diseño para Obra de Protección en el Sector de la Quebrada Ciudad de Dios – Muro de Gravedad.....	127
Figura 65 Obra de Protección en el Sector de la Quebrada Ciudad de Dios – Muro de Gravedad .....	128
Figura 66 Modelamiento de Inundación sin proyecto de obra de Tipo Rígido.....	129
Figura 67 Modelamiento de Inundación con proyecto de obra de Tipo Rígido – Muro de Gravedad .....	129
Figura 68 Estado de la quebrada ciudad de Dios.....	133

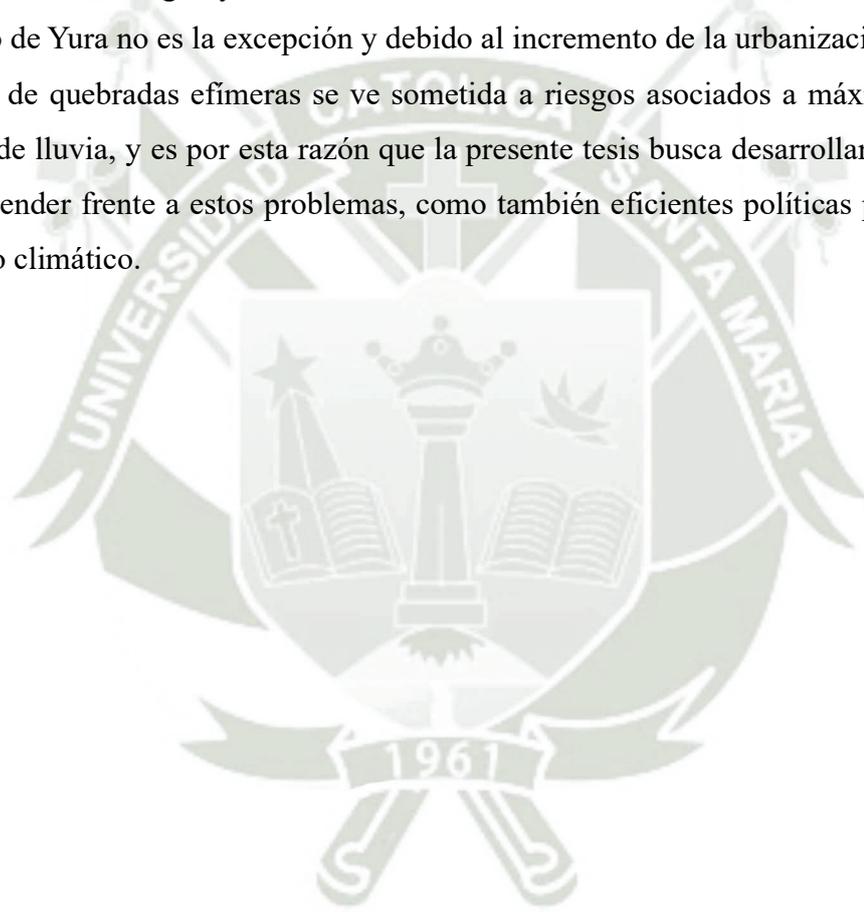
Figura 69 Acopio de escombros .....	134
Figura 70 Vegetación en la quebrada Ciudad de Dios .....	135
Figura 71 Matriz de Leopold .....	136



## INTRODUCCIÓN

Según el Banco de desarrollo de América Latina, la ciudad de Arequipa presenta un grado alto de vulnerabilidad al cambio climático, como resultado de la investigación se encontró 18 distritos vulnerables y con riesgo de inundación como acción de precipitaciones extremas y tomar respuesta frente a ello es de suma importancia para el desarrollo sostenible de la población. (Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe, 2018)

También se menciona que la ciudad de Arequipa está expuesta a la disminución de la disponibilidad de agua y al incremento de eventos extremos debido a intensas lluvias. El distrito de Yura no es la excepción y debido al incremento de la urbanización aledañas a los cauces de quebradas efímeras se ve sometida a riesgos asociados a máximas avenidas en época de lluvia, y es por esta razón que la presente tesis busca desarrollar estudios básicos para atender frente a estos problemas, como también eficientes políticas públicas frente al cambio climático.





# CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

## 1. Introducción

### 1.1. Objetivos

#### 1.1.1. Objetivo general

Realizar el Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para el análisis de inundaciones en el cauce de la quebrada Ciudad de Dios del distrito de Yura utilizando los modelos numéricos IRIC y RS MINERVE.

#### 1.1.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio Hidrológico mediante el modelo numérico RS MINERVE en la zona de estudio, quebrada Ciudad de Dios del Distrito de Yura, conociendo sus parámetros morfométricos de la cuenca.
- Realizar el estudio Hidráulico en el cauce de la quebrada Ciudad de Dios del Distrito de Yura mediante el modelo numérico IRIC para un periodo de retorno de 100 años.
- Determinar el peligro por inundación para un periodo de retorno de 100 años a través de tirantes y velocidades máximas en la zona de estudio de la quebrada Ciudad de Dios del Distrito de Yura.

### 1.2. Antecedentes

#### 1.2.1. Investigaciones

- **Identificación de vulnerabilidades, gestión de riesgos de inundación y adaptación al cambio climático en el cono norte de Arequipa.**

El artículo citado realiza un análisis sobre gestión de riesgos de desastre y adaptación al cambio climático en la zona de Cono Norte de Arequipa, donde hace una evaluación de componentes que contribuyen a la vulnerabilidad, entre otros identifico 6 tipos de vulnerabilidad como son: Económica, Física, Técnica, Social, cultural e Institucional que presenta la población de Cono Norte ante el riesgo recurrente de inundaciones año a año. (Del Prado Simons & Bolívar, 2017)

Figura 1

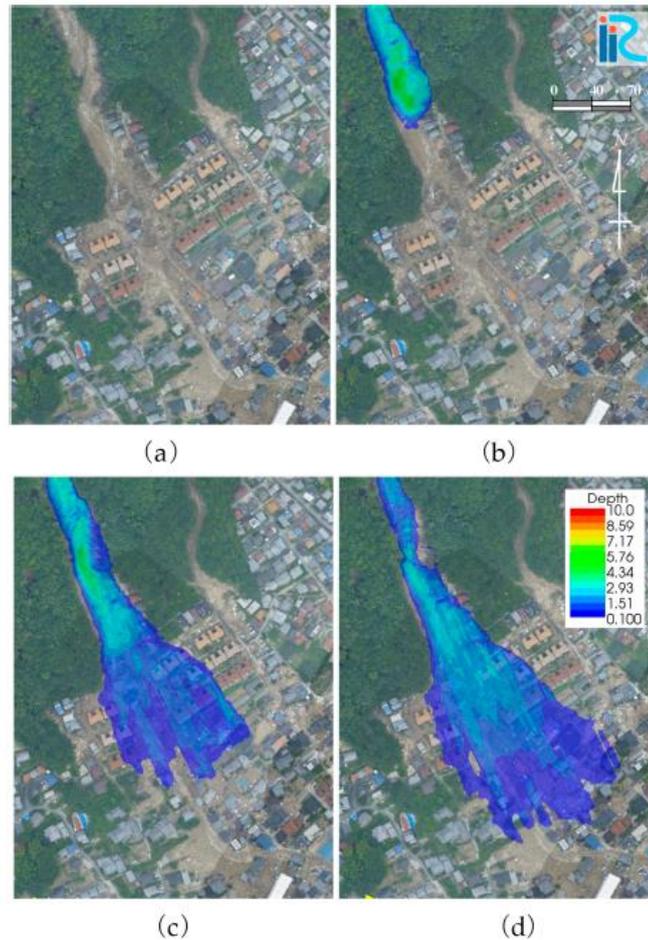
**Mapa Indicando con Circulo las Zonas Criticas ante Inundaciones**

Fuente: Del Prado Simons & Bolívar, (2017).

- **Simulación numérica de un flujo de escombros sobre la base de un modelo de cuerpo continuo bidimensional**

El presente artículo detalla el desarrollo de un modelo bidimensional de flujo de lodo y detritos que considera tanto el flujo laminar como el turbulento. Posteriormente, el modelo se aplicó a un flujo de escombros que ocurrió en Asaminami, Hiroshima, Japón en agosto de 2014. Se discuten la aplicabilidad del modelo y las características del flujo de escombros. Indica también que el flujo de escombros inicial fue pequeño, sin embargo, aumentó con el tiempo, porque el material del lecho erosionado y el agua fueron arrastrados hacia él. Por lo tanto, Es importante reproducir el proceso de desarrollo de los flujos de escombros para predecir la cantidad de sedimento producido, la profundidad del flujo, la velocidad máxima del flujo y el área de inundación. se puede utilizar para hacer planes de evacuación, como se ve en la figura 2. (Takebayashi & Fujita, 2020)

**Figura 2**  
**Modelamiento con el Software IRIC**



**Fuente: Takebayashi & Fujita, (2020).**

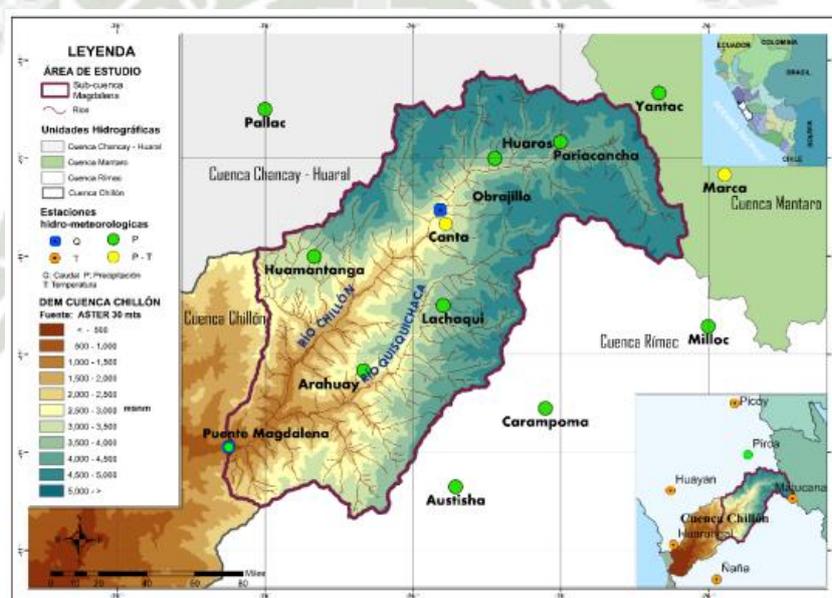
La figura muestra el cambio espacio-temporal en la profundidad del flujo de detritos. (a), (b), (c) y (d) muestran la profundidad del flujo a 5 s, 43 s, 105 s y 200 s, respectivamente.

- **Modelización hidrológica con un enfoque semidistribuido en la cuenca del río Chillón, Perú**

El presente artículo está orientado al análisis comparativo de diferentes modelos hidrológicos en la cuenca del río Chillón. Esta cuenca, ubicada aproximadamente a 130 kilómetros al sur de la ciudad de Lima, fue seleccionada para evaluar la capacidad de simulación de los modelos. Se utilizó para ello el programa de modelización hidrológica e hidráulica RS MINERVE. Para los análisis comparativos de los modelos (GR4J, SOCONT, HBV y SAC) se delimitó un área de aproximadamente 1,253 km<sup>2</sup> de la

cuenca del río Chillón, denominado Cuenca Magdalena. Esta área se dividió en 25 subcuencas y 122 unidades hidrológicas aportantes llamadas "bandas altitudinales", con una superficie media de 10 km<sup>2</sup>. Para la modelización hidrológica se consideró información hidrometeorológica a paso de tiempo diario desde septiembre del 2004 hasta febrero del 2014. Además, las series simuladas han sido evaluadas respecto a los caudales diarios observados mediante 4 criterios de eficiencia: Nash, Nashln, Coeficiente de Pearson (r) y Error relativo de la raíz cuadrática media. (Astorayme Valenzuela et al., 2015)

**Figura 3**  
**Delimitación de la cuenca para ser utilizado en RS MINERVE**



Fuente: Astorayme Valenzuela et al, (2015).

### 1.3. Justificación

#### 1.3.1. Académica

La presente tesis de investigación, buscara delimitar las zonas de posible inundación mediante modelos numéricos (Software) de código libre es decir sin licencia conocer la metodología, datos de entrada o inputs y procedimientos en base a la técnica metodológica hidrológica e hidráulica en base a normas técnicas como el, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, la Autoridad Nacional del Agua y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción

del Riesgo de Desastre. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)

### **1.3.2. Técnica**

El presente proyecto de tesis de investigación, permitirá buscar soluciones ante eventos extremos en la zona de la quebrada Ciudad de Dios y de esta manera conocer la vulnerabilidad que se encuentra la población situada en las márgenes del cauce.

### **1.3.3. Social**

El presente proyecto de tesis de investigación, realizará mapas de riesgo al que se encuentra la zona de estudio, quebrada Ciudad de Dios el cual será entendida por toda la población y autoridades locales en el Distrito de Yura como también en la comunidad utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre como Qgis.

### **1.3.4. Económico**

El presente proyecto de tesis de investigación, permitirá conocer los lineamientos básicos para mitigar las posibles zonas de inundación en el sector de la quebrada Ciudad de Dios y de esta manera preparar o dar conocimiento a las autoridades competentes en el Distrito de Yura.

### **1.3.5. Político**

El presente proyecto de investigación, permita conocer a la población la vulnerabilidad al que se encuentra la zona de estudio quebrada Ciudad de Dios ante eventos extremos a través de mapas cartográficos y dar conocimiento a las autoridades para la toma de decisiones.

### **1.3.6. Ambiental**

El presente proyecto de investigación, permitirá conocer el actual comportamiento del cauce de la quebrada Ciudad de Dios ante eventos extremos y sobre la importancia de la recuperación de las riberas y ecosistemas fluviales.

#### 1.4. Problemática de la investigación

La intensidad de las lluvias está sujeta al comportamiento del océano y la atmósfera en sus diferentes escalas, ocasionando cantidades superiores o inferiores a sus valores normales, alcanzando situaciones extremas en determinados espacios y tiempos. La ocurrencia de inundaciones y movimientos de masa (flujos, deslizamientos, etc.) se encuentran estrechamente relacionados a la temporada de lluvias. En la mayoría de los casos, esta situación se ve agravada cuando las lluvias alcanzan valores significativos (Percentil 95) o al manifestarse en periodos de larga duración, llegando a ocasionar pérdidas y daños en la población expuesta, así como en la infraestructura vial y de servicios básicos de los sectores públicos y privados (Escenarios de Riesgos ante la Temporada de Lluvias). Por lo expuesto, es necesario conocer los eventos en el país, más aun en Arequipa, el comportamiento de las precipitaciones en el sector de la quebrada Ciudad de Dios del distrito de Yura y analizar la vulnerabilidad al que están expuestos en dichos eventos. (Municipalidad Provincial de Chupaca, 2022)

#### 1.5. Hipótesis

Conociendo los datos de entrada o inputs mediante modelos de precipitación – escorrentía (RS MINERVE y IRIC) permitirá realizar los mapas de posibles zonas de inundación en la quebrada Ciudad de Dios ante eventos meteorológicos extremos.



## **CAPITULO II**

### **ASPECTOS GENERALES**

## 2. Aspectos Generales

### 2.1. Impactos

Los impactos socio económico y ambiental ocasionado por fenómenos de origen natural se han incrementado, entre otros factores debido al inadecuado crecimiento y/o localización de las actividades humanas en ámbitos geográficos inseguros, reduciendo la eficiencia productiva, así como las capacidades de desarrollo sostenible. Para mantener el incremento de la productividad y lograr un desarrollo sostenible es conveniente la incorporación y uso del procedimiento técnico del Análisis y/o Evaluación de Riesgos en la planificación económica, física y social en el Perú. Con la finalidad de contribuir a prevenir y/o reducir los impactos negativos que puedan ocasionar los desastres en lo concerniente a lo social, económico y ambiental, se ha elaborado el presente manual, que constituye una de las herramientas básicas para la Gestión del Riesgo de Desastres, aporte técnico que servirá de consulta a fin de evaluar los peligros de origen natural en los diferentes ámbitos jurisdiccionales de nuestro país. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)

**Tabla 1**  
**Tipos de Análisis Cuantitativos de Peligro**

<b>Recurrencia y variabilidad espacial del fenómeno</b>	<b>Tipo de fenómeno</b>	<b>Magnitud del sismo</b>
Impactan siempre en la misma área	Análisis de frecuencia en función o no de la magnitud. Simulaciones a través de métodos probabilísticos o determinísticos.	Inundaciones Deslizamientos Tsunamis
Impactan en áreas diferentes	Espacial en función o no de la magnitud. Espacial y frecuencia en función o no de la magnitud. Simulación/modelización con métodos determinísticos y/o probabilísticos.	Lahares Terremotos Flujos de lava
Impactan una vez solamente	Simulación/modelización con métodos determinísticos y/o probabilísticos	Desastres

**Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, (2014)**

## 2.2. Análisis de vulnerabilidad

En el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, han hecho aumentar en forma continua la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural. Una reflexión sobre el tema del riesgo nos muestra claramente que en muchas ocasiones no es posible actuar sobre el peligro o amenaza o es muy difícil hacerlo; bajo este enfoque es factible comprender que para reducir el riesgo no habría otra alternativa que disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos, esto tiene relación con la gestión prospectiva y correctiva, dos de los tres componentes de la Gestión del Riesgo de Desastres. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)

### 2.2.1. Factores de la vulnerabilidad: Exposición, Fragilidad y Resiliencia

Figura 4

Factores de la Vulnerabilidad: Exposición, Fragilidad y Resiliencia



Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, (2014)

## 2.3. Análisis de los factores de la vulnerabilidad

### 2.3.1. Exposición

La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)

**Figura 5**

#### **Edificación y Susceptible a un peligro de origen natural**



**Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, (2014)**

### 2.3.2. Fragilidad

La Fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)

**Figura 6**

**Viviendas Inadecuadas en el Centro de Lima**



**Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, (2014)**

**2.3.3. Resiliencia**

La Resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)

**Figura 7**

**Organización de Instituciones ante la Ocurrencia de Sismos de gran Magnitud**



**Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, (2014)**

## 2.4. Estudio hidrológico

Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, generalmente se utilizan métodos indirectos para la estimación del caudal de diseño. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

### 2.4.1. Clima

“Estado normal o medio de la atmósfera para un periodo temporal dado dentro del año y en una posición geográfica dada” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### 2.4.2. 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” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### 2.4.3. Curva intensidad - duración - frecuencia

“Es un 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” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### 2.4.4. Estación pluviométrica

“Estaciones de registro y medición de la cantidad de precipitación en un lugar determinado” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### 2.4.5. Fenómeno del niño

“Es el calentamiento anómalo de la temperatura del agua del Pacífico Oriental, que repercute en el clima mundial” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### 2.4.6. Fenómenos de la niña

“Lo contrario al niño, es el enfriamiento cíclico de la temperatura del agua del Pacífico Oriental, que repercute en el clima mundial” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

#### **2.4.7. Hietograma**

“Gráfico que permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

#### **2.4.8. Hietograma unitario**

“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 1 cm ó 1 pulg” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

#### **2.4.9. Hietograma sintético**

Es un hidrograma sintético que se obtienen 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. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

#### **2.4.10. Hidrograma**

“Gráfico que permite ver el comportamiento del caudal acumulado durante la tormenta a través del tiempo de la misma” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

#### **2.4.11. Lluvia**

“Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro superior a 0.5 mm, o de gotas más pequeñas y muy dispersas” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

#### **2.4.12. Método racional**

“Método que estima 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” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

**2.4.13. 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” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

**2.4.14. Periodo de retorno**

“Es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico o precipitación, es igualado o superado una vez cada “t” años” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

**2.4.15. Precipitación**

“Caída de un conjunto de partículas, con formas de lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

**2.4.16. Riesgo**

“Probabilidad o proximidad de una ocurrencia de un evento que provoque un daño o peligro” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

**2.4.17. Riesgo potencial**

“Es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente perjudicial, fenómeno o actividad que pueda causar la pérdida de vidas, daños a la propiedad, ruptura social y económica o degradación medioambiental” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

**2.4.18. Situación de riesgo**

Es la acción de poner en situación de riesgo a bienes o personas que son vulnerables a ese riesgo. Puede cuantificarse como las pérdidas esperadas debido a un tipo de riesgo potencial en un ámbito territorial dado y en un período de referencia  $\text{riesgo potencial} * \text{vulnerabilidad} = \text{situación de riesgo}$ . (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

**2.4.19. Soil Conservation Service (SCS)**

“Agencia federal de estados Unidos que trabaja en asociación con el pueblo americano para conservar y mantener los suelos y recursos naturales” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

#### **2.4.20. 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 contribuye a la salida. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

#### **2.4.21. Flujos hiperconcentrados**

Se considera un flujo hiperconcentrado si la concentración volumétrica de sedimentos en el flujo varía de 20% a 60%, valor que corresponde a un peso específico de 2.0 ton/m<sup>3</sup> de la mezcla aproximadamente. Si la concentración volumétrica es menor al 20% obedece a las ecuaciones de la hidráulica fluvial y cuando ésta excede el 60%, el flujo es considerado flujo de detritos o escombros. (Castillo, 2006)

### **2.5. Modelamiento computacional**

#### **2.5.1. 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 río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

#### **2.5.2. RS-MINERVE**

El programa RS-MINERVE, fue desarrollado por el CREALP, HydroCosmos SA, con la colaboración del LCH, EPFL y la UPV, (García Hernández, 2011; Claude, 2011). La Plataforma RS-MINERVE es un programa de Modelación orientado a objetos. La plataforma del RS-MINERVE simula los procesos de lluvia escorrentía y el enrutamiento del flujo de agua. Permite simulación hidrológica e hidráulica haciendo un esquema conceptual de los Modelos Hidrológicos Semidistribuidos. (García et al, 2020)

### 2.5.3. 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. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

### 2.5.4. IBER

Iber es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de Iber abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos, y el flujo de marea en estuarios. El modelo Iber consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y/o cuadriláteros. (Iberaula, 2012)

### 2.5.5. iRIC

iRIC (International River Interface Cooperative) es un software desarrollado con la finalidad de proporcionar un entorno completo de simulación del cauce del río, cuyos resultados pueden ser importados y ser utilizados por los usuarios con fines de análisis, mitigación y prevención de desastres, mediante la visualización de los resultados de la simulación del río. (IRIC Software, 2020)

## 2.6. Sistemas de Información geográfica

### 2.6.1. QGIS

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License . QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos. (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017)



**CAPITULO III**  
**CUENCA DE ESTUDIO**

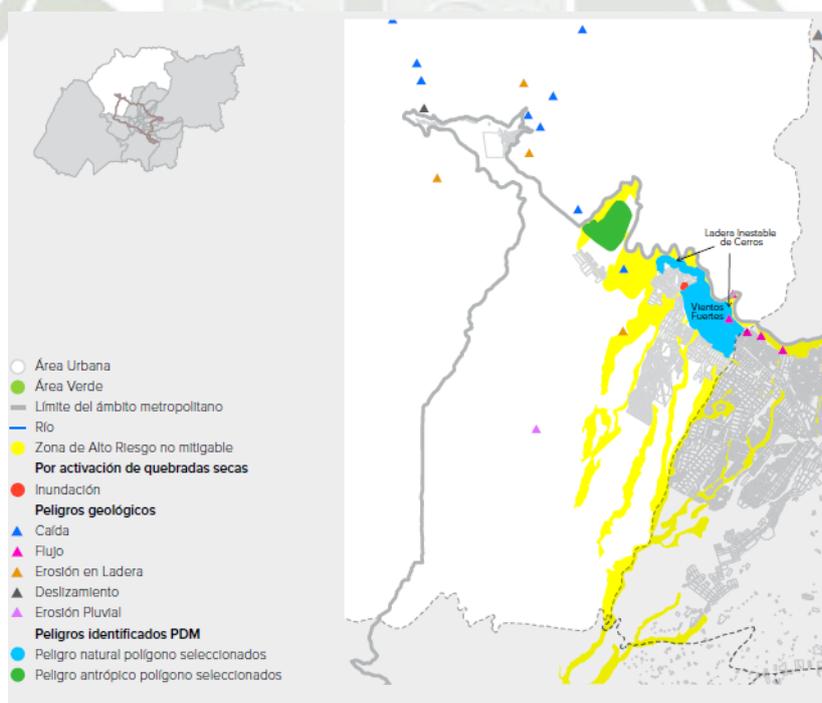
### 3. Cuenca de Estudio

#### 3.1. Ubicación

Yura está ubicado en la zona norte de la ciudad de Arequipa, pero solo el sur del distrito está considerado como parte del área metropolitana. En 2015, contaba con alrededor del 2,62 % de la población de la metrópoli. Alrededor del 20 % del distrito es pobre, teniendo altos índices de desnutrición crónica en niños menores de cinco años y de analfabetismo. Aunque estas cifras vienen mejorando con los años, se trata aún de una población muy sensible a posibles riesgos. Los peligros climáticos principales son las intensas precipitaciones, que pueden causar desprendimientos o derrumbes. En términos de capacidad de adaptación, Yura no considera la gestión del riesgo ni el cambio climático en su PDC como principales ejes u objetivos para su desarrollo. Sin embargo, en la práctica, contó con 204.500 soles<sup>23</sup> en 2015 de presupuesto ligado a la gestión del riesgo (PP0068), ejecutándolo al 100 % durante ese año. (Libélula, 2018)

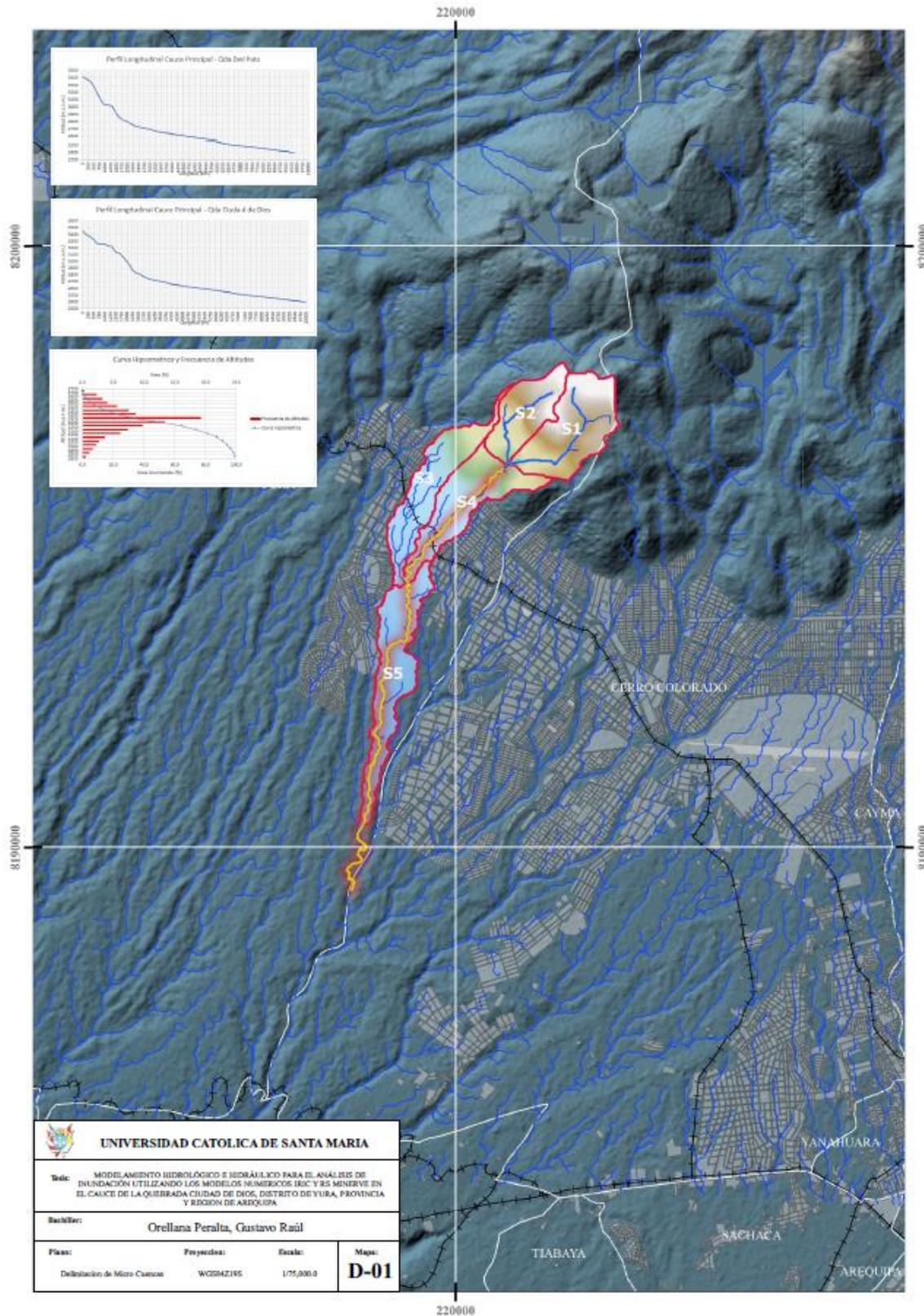
Figura 8

#### Mapa de peligros identificados en el Distrito de Yura



Fuente: Libélula, (2018).

**Figura 9**  
**Mapa Político, Geográfico y Distrital del Área de Estudio**



**Fuente: Elaboración Propia.**

### 3.1.1. Altitud

“Yura se encuentra a 2,950 m.s.n.m. tomando como referencia la estación de Yura. Ubicado entre la latitud Sur 16° 15' 05” y la longitud Oeste 71° 40' 50”, por su altitud se halla encima de Vitor ubicado en la zona Yunga y por debajo de Achoma, Huanca y Lluta” (Distrito, 2023).

### 3.1.2. Vías de acceso

“Su principal vía de acceso es la carretera asfaltada de 28 Km, que une la ciudad de Arequipa con La Calera, pasando Ciudad de Dios, La estación y los Baños, el acceso a los demás anexos es trocha accesible a yura Viejo, Socosani. Uyupampa y Pampa de Arrieros” (Cuba, 2012).

### 3.1.3. Vía terrestre

El distrito de Yura, se halla ubicado al norte del Cercado de Arequipa, aproximadamente a 16.3 Km desde la plaza de Armas de Arequipa. Desde del Cercado de Arequipa, se accede al ámbito de estudio, a través de la calle Puente Grau (Cercado), Av. Ejército, Av. Aviación, Carretera 34 (Avenida Principal Yura) el Km 17. (Cuba, 2012)

### 3.1.4. Aspecto físico

El distrito de yura pertenece a la cuenca del río Chili, su topografía es bastante accidentada, las condiciones climáticas permiten el desarrollo de la agricultura y ganadería a pequeña escala, los manantiales y las aguas del río Yura son los componentes principales para que el distrito mantenga un ambiente natural y albergue diferentes especies de flora y fauna. (Cuba, 2012)

### 3.1.5. Clima

En el distrito se contaba con una estación meteorológica, localizada en el centro poblado de Pampa de Arrieros, de tipo Pluviométrico. Esta estación dejó de funcionar en 1985, por lo tanto, no se dispone de mayor información del comportamiento climatológico del distrito, sin embargo, se dispone de información de la estación meteorológica de Arequipa a cargo de SENAMHI. (Municipalidad Distrital de Yura, 2015)

### **3.1.6. Condiciones Geológicas**

“La zona urbana del distrito de Yura se encuentra asentada entre los depósitos piroclásticos recientes y el volcánico Sencca tomando como referencia regional el cuadrángulo geológico de Arequipa 33-s escala 1/100 000” (Municipalidad Distrital de Yura, 2015).

#### **3.1.6.1. Unidad Añashuayco**

Tobas de color rosáceo claro poco consistentes y y fácilmente desmenuzables al tacto, son de composición dactica o riolítica, distinguiéndose feldespatos biótica, fragmentos de pómez y fragmentos líticos de origen andesítico, que pueden ser redondeados o ángulos y de tamaño variable. La toba rosácea deleznable se encuentra superficialmente abarcando los sectores colindantes de los asentamientos humanos PROFAM y el Altiplano. El miembro Añashuayco es parte del volcánico Sencca. (Municipalidad Distrital de Yura, 2015)

#### **3.1.6.2. Depósitos Aluviales (Qh-al)**

Corresponden a planicies de acumulación del complejo volcánico Chachani, materiales producto de aluviones, que constituyen el suelo de la mayor parte de las llanuras, depresiones y lechos. El material está conformado en su mayoría por gravas, conglomerados poco consolidados, arenas limos y arcillas. El espesor es variable y depende del carácter de la deposición y la configuración topográfica de la superficie sobre la cual se depositaron. (Municipalidad Distrital de Yura, 2015)

#### **3.1.6.3. Depósitos Fluviales (Qh-fl)**

“Estos depósitos inconsolidados son las más jóvenes y cubren los lechos de todas las quebradas. Están constituidos por arenas finas, limo, gravilla, grava y bloques de roca de mediana dimensión” (Municipalidad Distrital de Yura, 2015).



## **CAPITULO IV**

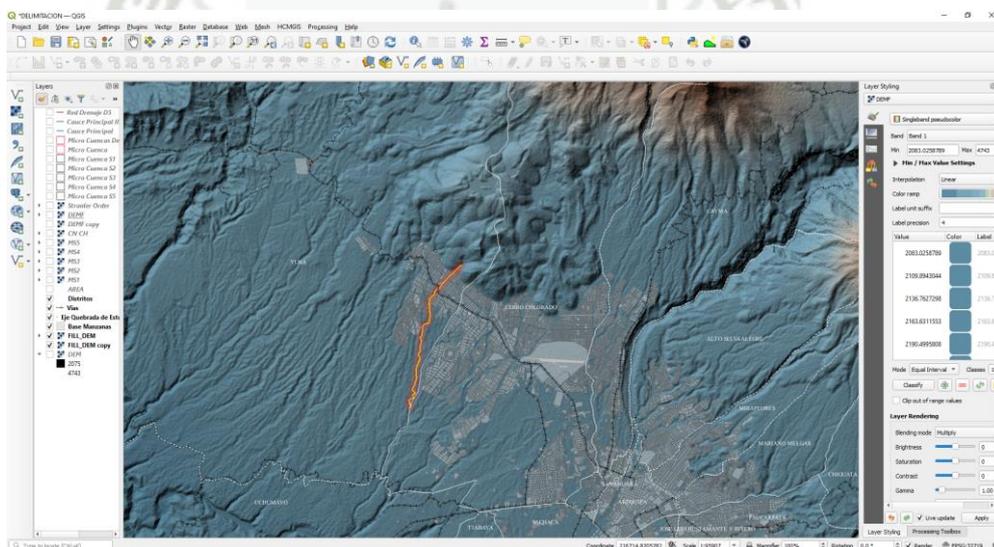
# **PARAMETROS MORFOMETRICOS**

## 4. PARAMETROS MORFOMETRICOS

### 4.1. Sistemas de información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica es, en la definición extremadamente simple pero brillante de Bonham–Carter un sistema informático para la gestión de datos espaciales), entendiéndose el adjetivo espacial como relativo a objetos cuyas coordenadas son conocidas y determinadas. Similar definición propone Star y Estes, para quienes un SIG es un sistema de información que está diseñado para trabajar con datos referenciados por coordenadas espaciales o geográficas, es decir, un SIG es a la vez un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos referenciados espacialmente y un conjunto de operaciones para operar (análisis) con los datos. (Olaya, 2009)

**Figura 10**  
**Sistema de Información Geográfica - QGIS**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 10, muestra el área de ubicación bajo análisis de la quebrada ciudad de Dios con ayuda del Software Qgis.

### 4.2. Los SIG en los modelos hidrológicos

los SIG, desde su misma creación, han marcado una pauta fundamental a seguir en cualquier disciplina relacionada con el manejo de información espacial—la hidrología entre ellas —, por lo que su papel en la evolución de la parte de la hidrología que aquí se estudia es, sin duda alguna, de vital importancia. La manera

en que las aplicaciones más actuales se acercan a esa pauta y se hacen partícipes de los conceptos SIG dentro de sus propias características, define formas diversas de entender la relación entre la cartografía digital, el análisis hidrológico y la utilización de métodos computacionales, pudiendo en base a ello realizarse una división básica de dichas aplicaciones. (Olaya, 2004)

#### **4.3. Delimitación de la cuenca**

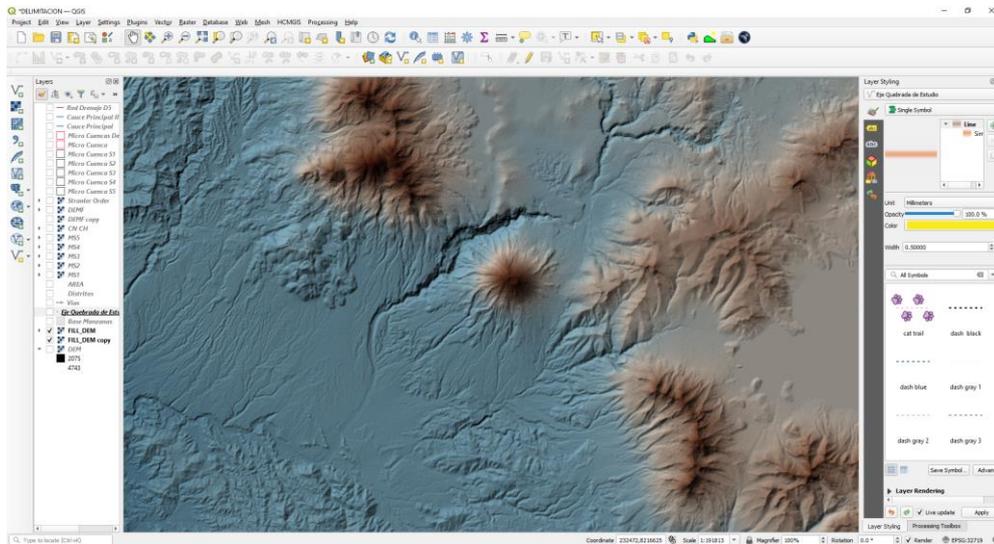
Partiendo de la definición de cuenca hidrográfica, como la región geográfica en la que toda el agua precipitada drena a un punto en común Ordoñez, se pueden establecer algunos criterios para realizar la delimitación manual de cuencas hidrográficas partiendo de un modelo digital de elevación, tales como:

- Definir la red de drenaje, partiendo del cauce principal.
- Ubicar los puntos altos que están definidos por las curvas de nivel. (Ordoñez, 2011)
- Unir los puntos altos definidos anteriormente cortando perpendicularmente las curvas de nivel.
- En cualquier punto del terreno la línea divisoria debe ser el punto de mayor altitud excepto cerros o puntos altos que se encuentran dentro de la cuenca.
- La línea divisoria nunca debe cortar un río, quebrada o arroyo. (Olaya, 2004)

#### **4.4. Información cartográfica**

Delimitar una cuenca hidrográfica requiere contar con información topográfica, la cual ha sido derivada de sensores remotos y está disponible a través de productos satelitales como ASTER o ALOS – PALSAR. Los datos disponibles: DEM ALOS–PALSAR, a resolución de 12.5 m; mapa de ecosistemas de MINAM mapa de cobertura vegetal. (Earth Online, 2020)

**Figura 11**  
**DEM ALOS PALSAR**



**Fuente: Earth Online, (2020).**

La figura 11, muestra la vista del MDT (Modelo Digital de Elevación) en Qgis de la zona de estudio – Cuenca Media Quilca – Chili.

#### **4.5. Parámetros morfométricos**

Denominados por algunos autores como morfométricos, geomorfológicos o fisiográficos. Son aquellos que sirven para caracterizar una cuenca hidrográfica, es decir su estructura física y territorial (o en esencia la forma de la cuenca) con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales, pero también para identificar los problemas presentes y potenciales. A continuación, se describen los principales. (Ordoñez, 2011)

##### **4.5.1. Área (A)**

Representa la proyección horizontal del área de drenaje en la que todo lo precipitado fluye hacia un mismo punto. El área de la cuenca está definida por el espacio delimitado por la curva del perímetro. Es probablemente la característica morfométrica e hidrológica más importante, el tamaño relativo de estos espacios define o determina el nombre que adoptara el lugar según su área. Puede medirse en ha, m, km o cualquier unidad de área. (Ordoñez, 2011)

**Tabla 2**  
**Clasificación en Cuencas según el Área de Drenaje**

Área	Clasificación
< 5	Unidad
5 - 20	Sector
20 - 100	Micro cuenca
100 - 300	Sub cuenca
> 300	Cuenca

**Fuente: Moreno Grande y otros, (2015).**

#### 4.5.2. Perímetro (P)

Este parámetro mide el contorno de la cuenca como una línea continua, es un parámetro importante ya que al igual que el área permite inferir sobre la forma de la cuenca. Su forma incide en el tiempo de respuesta de la cuenca, es decir, en el tiempo de recorrido de las aguas a través de la red de drenaje y, por consiguiente, en la forma del hidrograma resultante de una lluvia dada. Puede medirse en m o km. (Ordoñez, 2011)

Cuenca Delimitada	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)
Cuenca – 01	1.8	7.9
Cuenca – 02	1.1	6.5
Cuenca – 03	1.5	11.8
Cuenca – 04	1.6	10.5
Cuenca – 05	1.8	13.8

**Fuente: Elaboración propia.**

Las cuencas delimitadas son menores a 5 Km<sup>2</sup>, en tal sentido son clasificadas como unidades.

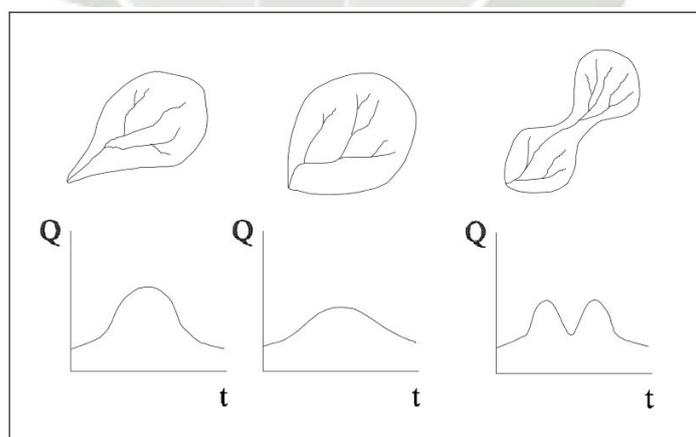
#### 4.5.3. Centro de gravedad (CG)

Este dado por coordenadas  $x$  e  $y$  de la cuenca, basándose en la forma de su perímetro. Si la posición del centro de gravedad es equidistante a la línea del perímetro, este señala cierta simetría y por lo tanto un grado de redondez. Como comentario adicional, basados en Jardí Porqueras, 1985 podemos clasificar algunos de los parámetros descritos anteriormente de la siguiente manera. (Jardí, 1985)

- Parámetros que definen el tamaño de la cuenca, área y perímetro.
- Parámetros que definen la simetría de la cuenca, centro de gravedad.
- Parámetros que definen la elongación de la cuenca, longitud del cauce principal, factor de forma y ancho promedio.
- Parámetros que definen la forma del contorno o perímetro de la cuenca, coeficiente o índice de compacidad.
- Parámetros que definen la relación de confluencias, relación de longitudes y densidad de drenaje. (Ordoñez, 2011)

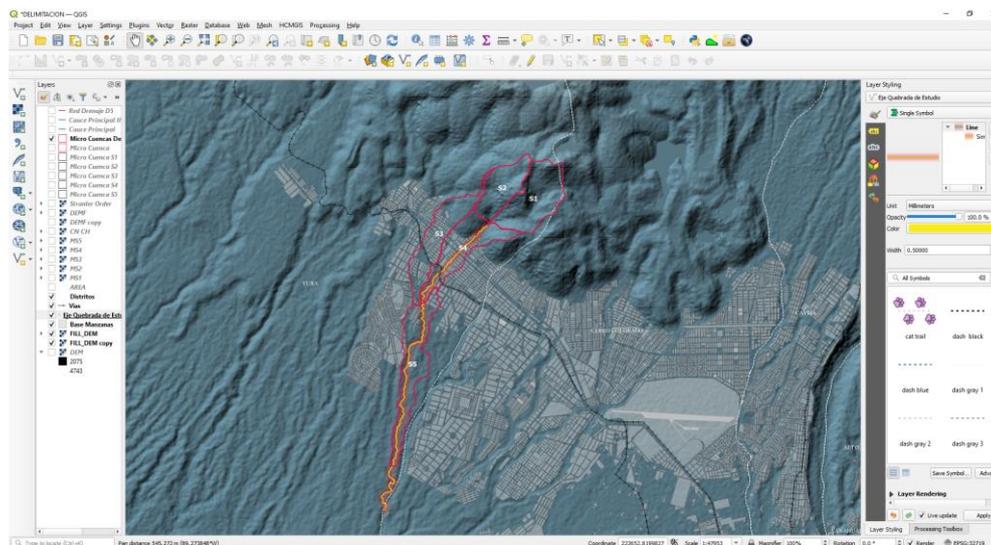
**Figura 12**

**Forma de la Cuenca e Hidrograma Probable**



**Fuente: Ordoñez, (2011).**

**Figura 13**  
**Cuencas Delimitadas con QGIS**

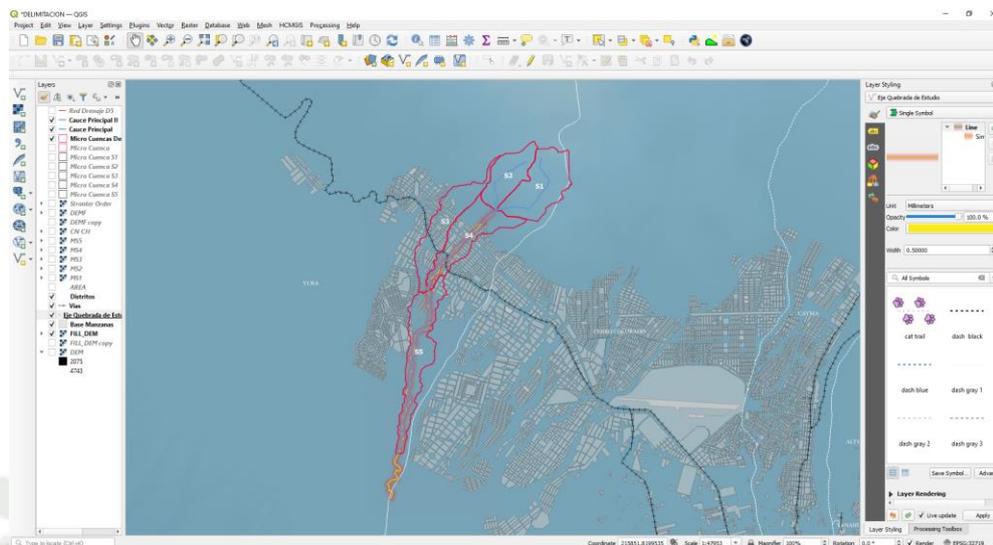


**Fuente: Elaboración Propia**

#### **4.5.4. Longitud del cauce principal (L)**

Este parámetro representa la longitud del río principal de la cuenca, donde van a drenar todos los afluentes y quebradas. En la elección de dicho cauce, se tiene en cuenta en cada caso, tanto la longitud del mismo como su nivel, buscando siempre el curso que representa en lo posible el máximo para ambos valores. Lleva también unidades de longitud, tal como km o m. (Ordoñez, 2011; Fattorelli & Fernández, 2007)

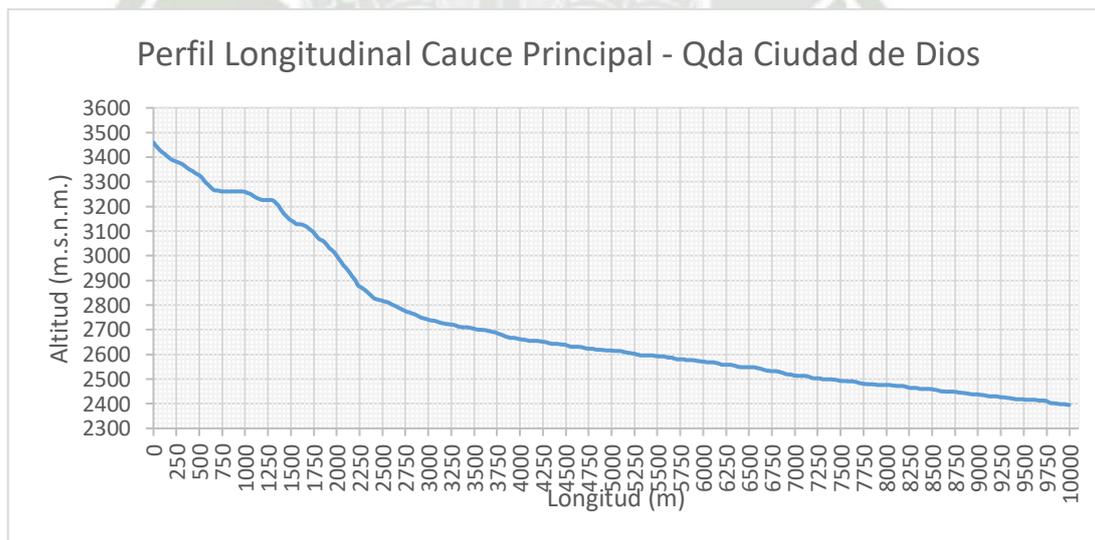
**Figura 14**  
**Longitud de Cauce Principal – Cuenca 01**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 14, muestra las longitudes principales de las microcuencas delimitadas.

**Figura 15**  
**Perfil Longitudinal del Cauce Principal – Cuenca 01**



**Fuente: Elaboración propia.**

Cuenca Delimitada	Longitud del Cauze Principal (km)
Cuenca – 01	3.0
Cuenca – 02	2.5
Cuenca – 03	4.6
Cuenca – 04	3.8
Cuenca – 05	5.3

**Fuente: Elaboración propia.**

Las cuencas delimitadas presentan longitudes de cauce principal menores a 6 Km.

#### 4.5.5. Coeficiente o índice de compacidad (Kc)

“También denominado índice de Gravelius, definido como la relación entre el perímetro P de la cuenca y el perímetro de un círculo de área A de la cuenca hidrográfica” (Vásquez, 2021).

Es decir:

##### Fórmula 1

##### Coeficiente o índice de compacidad

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- Kc: es el coeficiente o índice de compacidad.
- A: Área de la cuenca, Km.
- P: Perímetro de la cuenca, Km.

**Tabla 3**  
**Tipos de Cuenca Según el Valor de Kc**

<b>Kc</b>	<b>Tipo de Cuenca</b>
1.00 - 1.25	Cuenca redonda a oval redonda
1.25 - 1.50	Cuenca oval redonda a oval oblonga
1.50 - 1.75	Cuenca de oval oblonga a rectangular oblonga

**Fuente: Ordoñez, (2011).**

<b>Cuenca Delimitada</b>	<b>Kc</b>
Cuenca – 01	1.7
Cuenca – 02	1.7
Cuenca – 03	2.7
Cuenca – 04	2.3
Cuenca – 05	2.9

**Fuente: Elaboración propia.**

Las cuencas delimitadas presentan un tipo de cuenca oval oblonga a rectangular oblonga.

#### 4.5.6. Factor de forma (Rf)

Horton sugiere un factor adimensional de forma, que puede calcularse de la siguiente expresión:

##### Fórmula 2

##### Factor de forma

$$R_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

- Rf: Factor de forma.
- A: Área de la cuenca, Km.
- L: Longitud del cauce principal, Km.

Cuenca Delimitada	Rf
Cuenca – 01	0.2
Cuenca – 02	0.2
Cuenca – 03	0.1
Cuenca – 04	0.1
Cuenca – 05	0.1

**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.5.7. Pendiente de la cuenca (Sc)

Este parámetro puede brindar un indicio de la velocidad media del flujo en la cuenca y su poder de arrastre y erosión. Puede ser calculado con diversos métodos, aquí se mencionan el criterio de Alvord, el cual consiste en calcular como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que línea máxima de pendiente se mantiene constante. (Ibañez Asensio y otros, 2011)

### Fórmula 3

#### Pendiente de la cuenca

$$S_c = c \frac{\sum L_i}{A}$$

Donde:

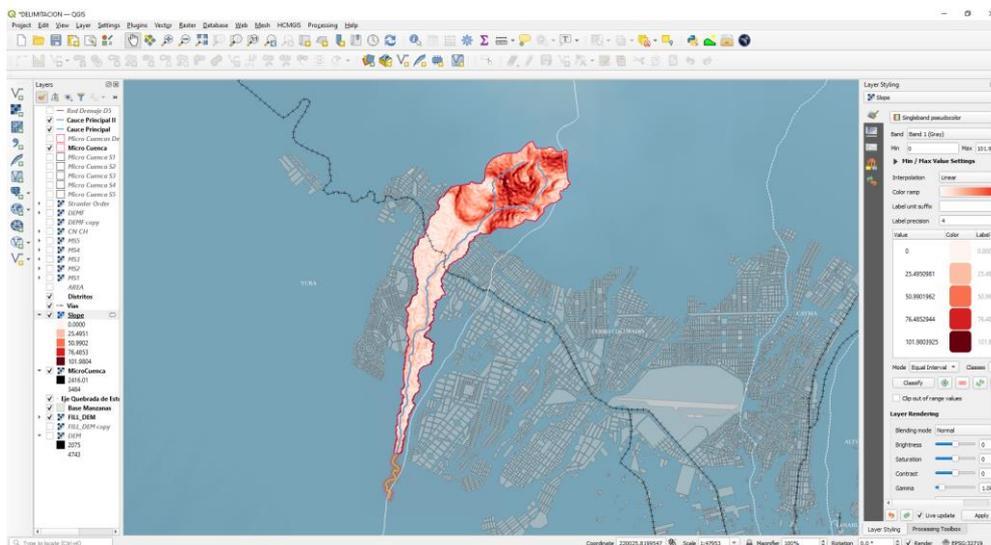
- $S_c$ : Pendiente de la cuenca %, m/m o m/km.
- $L_i$ : Representa la longitud de cada curva de nivel dentro de la cuenca.
- $c$ : Equidistancia entre curvas.
- $A$ : Área de la cuenca, Km.

Cuenca Delimitada	$S_c$ (%)
Cuenca – 01	48.0
Cuenca – 02	46.4
Cuenca – 03	17.7
Cuenca – 04	26.1
Cuenca – 05	14.1

**Fuente: Elaboración propia.**

Las cuencas delimitadas presentan un tipo de terreno que va de accidentado a muy fuertemente accidentado.

**Figura 16**  
**Determinación de la Pendiente Media - cuenca 01**



**Fuente: Elaboración Propia**

La figura 16, muestra la pendiente media de la cuenca delimitada por medio del software Qgis.

Tipos de cuenca según el valor de  $S_c$

Pendiente media en %	Tipo de terreno
0 - 3	Plano
3 - 7	Suave
7 - 12	Medianamente accidentado
12 - 20	Accidentado
20 - 35	Fuertemente Accidentado
35 - 50	Muy fuertemente accidentado
50 - 75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

**Fuente: Moreno Grande y otros, (2015).**

#### 4.5.8. Altitud media (H)

Este parámetro representa la altitud promedio de la cuenca medio en m.s.n.m. y brinda indicios acerca de la climatología y los hábitats de la cuenca, tiene especial interés en zonas montañosas y es de vital importancia en los procesos de transposición de información de una cuenca a otra. Se puede calcular de la curva hipsométrica siendo el valor correspondiente a la ordenada media. En la curva hipsométrica el 50% del área está situada por debajo de ella y el 50% por encima. (Vásquez, 2021)

##### Fórmula 4

##### Altura media

$$H = \frac{\sum H_i A_i}{A}$$

Donde:

- $H_i$ : Es la i-esima altura en m.s.n.m. correspondiente al área parcial  $A_i$
- $A$ : Área de la cuenca, Km.

**Tabla 4**  
**Interpretación de la Altitud Media - H**

<b>Altitud media - H</b>	<b>Interpretación</b>
800 - 1000 m.s.n.m.	Macro térmico, con las temperaturas siempre elevadas y constantes
1000 - 2750 m.s.n.m.	Meso térmico o piso templado
2750 - 4700 m.s.n.m.	Micro térmico o piso paramo
A partir de 4700 m.sn.m.	Gélido o de nieves perpetuas

**Fuente: Moreno Grande et al., 2015**

<b>Cuenca Delimitada</b>	<b>Altitud Media(m.s.n.m.)</b>
Cuenca – 01	3310.5
Cuenca – 02	3231.4
Cuenca – 03	2748.4
Cuenca – 04	2769.3
Cuenca – 05	2530.6

**Fuente: Elaboración propia.**

Las cuencas de estudio presentan una interpretación de la altitud media de micro térmico o piso paramo.

#### 4.5.9. Pendiente del cauce principal (S)

“Representa la relación existente entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud. A medida que la pendiente aumenta, mayor es la probabilidad de crecidas, por lógica, a mayor pendiente, mayores velocidades de escorrentía” (Vásquez, 2021).

Cuenca Delimitada	Pendiente del Cauce (m/m)
Cuenca – 01	0.275
Cuenca – 02	0.292
Cuenca – 03	0.15
Cuenca – 04	0.16
Cuenca – 05	0.05

Las cuencas delimitadas presentan una pendiente del cauce de tipo medio.

#### 4.5.10. Ancho promedio (B)

“Es la razón entre el área de la cuenca y longitud del cauce principal, indicando por lo tanto que valores a 1 presentan formas no alargadas y valores cercanos a 0 el caso opuesto” (Vásquez, 2021).

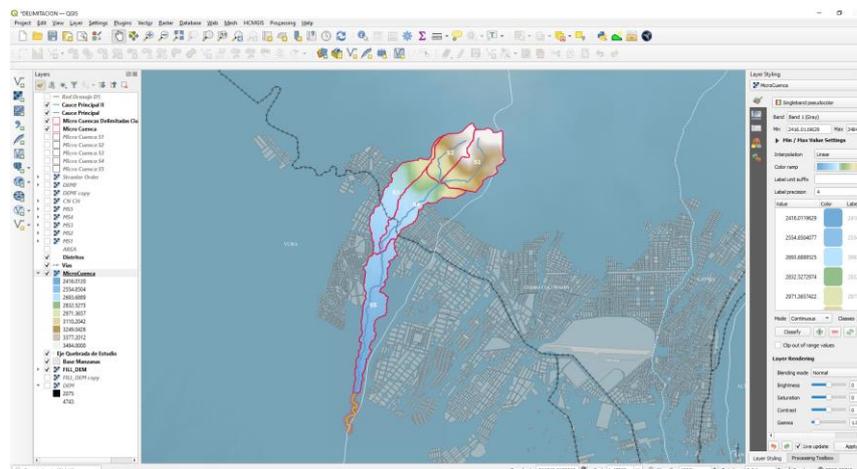
##### Fórmula 5 Ancha promedio

$$B = \frac{A}{L}$$

Donde:

- A: Área de la cuenca, Km.
- L: Es la longitud del cauce principal, Km.

**Figura 17**  
**Determinación del Ancho Promedio con QGIS – Cuenca 01**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 17, muestra la determinación del ancho promedio de las cuencas delimitadas con el software Qgis.

#### 4.5.11. Altitud más frecuente

Esta dada por el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes, de igual manera se presenta en unidades de m.s.n.m. y expresa la altitud que más persiste en la cuenca, esto es, la altitud que representa una mayor área en porcentaje del total de la cuenca. Al igual que la altitud media puede darnos indicios acerca de la climatología de la cuenca. (Ordoñez, 2011)

<b>Cuenca Delimitada</b>	<b>Altitud más frecuente (m.s.n.m.)</b>
Cuenca – 01	3372.0
Cuenca – 02	3071.0
Cuenca – 03	2696.0
Cuenca – 04	2696.0
Cuenca – 05	2545.0

**Fuente: Elaboración propia**

El cuadro muestra la altitud mas frecuente de cada una de las cuencas delimitadas.

#### 4.5.12. Coeficiente de masividad (Cm)

“Es la relación entre la altitud media del relieve y la superficie proyectada” (Ordoñez, 2011).

##### Fórmula 6

##### Coeficiente de masividad

$$C_m = \frac{H}{A}$$

Cuenca Delimitada	Cm
Cuenca – 01	1.8
Cuenca – 02	2.9
Cuenca – 03	1.8
Cuenca – 04	1.7
Cuenca – 05	1.4

**Fuente: Elaboración propia.**

El cuadro muestra el coeficiente de masividad representativa para cada una de las cuencas delimitadas.

#### 4.5.13. Coeficiente Orográfico (Co)

Nos permite estudiar la similitud dinámica de dos cuencas, no depende del tamaño del sistema. Este parámetro es de gran importancia puesto que da indicios del relieve de la cuenca y puede ayudarnos a entender la degradación del suelo en la misma. Combina la altura y el coeficiente de masividad de la cuenca, por lo que influye en la energía potencial del agua, de gran utilidad para evaluar el potencial hidro energético. (Vásquez, 2021)

#### Fórmula 7 Coeficiente Orográfico

$$C_o = \frac{H^2}{A}$$

Cuenca Delimitada	Co
Cuenca – 01	6.1
Cuenca – 02	9.5
Cuenca – 03	5.0
Cuenca – 04	4.8
Cuenca – 05	3.6

**Fuente: Elaboración propia.**

El cuadro muestra el coeficiente orográfico para cada una de las cuencas delimitadas.

#### 4.5.14. Rectángulo equivalente

Consiste en hacer un rectángulo equivalente en área y perímetro a los de la cuenca y por lo tanto con el mismo coeficiente de Gravelius ( $K_c$ ). Sirve para comparar la influencia de las características de la cuenca sobre la escurrentía, las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menor del rectángulo. Para ubicar las curvas de nivel se utiliza una regla de tres, asignando a la mayor área acumulada el valor del lado mayor del rectángulo equivalente y en base a esto se calculan las siguientes longitudes de acuerdo a su correspondiente área. (Vásquez, 2021)

#### Fórmula 8

#### Lado del rectángulo equivalente

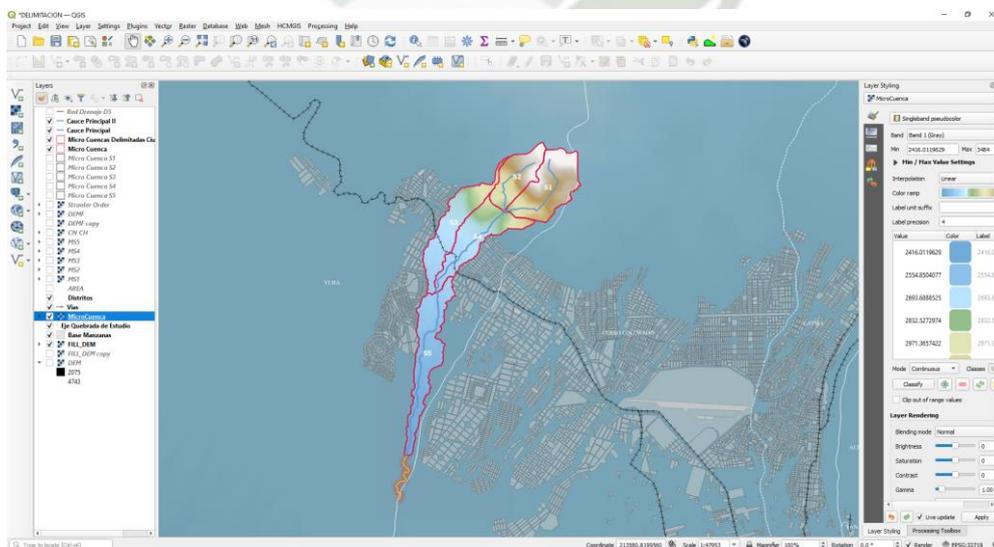
$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K_c^2}} \right]$$

Donde:

- L: Lado mayor del rectángulo equivalente.
- l: Lado menor del rectángulo equivalente.

#### Figura 18

#### Determinación del Rectángulo Equivalente en QGIS



Fuente: Elaboración Propia

La figura 18, muestra la determinación del rectángulo equivalente en cada una de las cuencas delimitadas.

#### **4.5.15. Orden de la cuenca**

“Este parámetro refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de la cuenca. Para determinarlo existen varias metodologías, tales como el criterio de Horton y el criterio de Strahler” (Ordoñez, 2011).

##### **4.5.15.1. Horton**

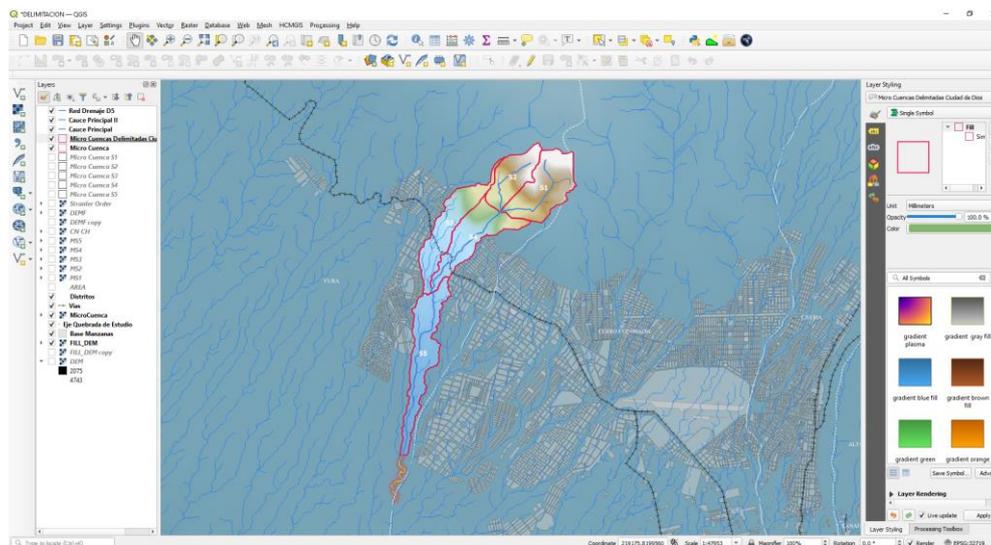
Se realiza las siguientes premisas: los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios, los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y en general, los cauces de orden  $n$  se forman cuando dos cauces de orden  $n-1$  se unen, cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el cauce resultante hacia aguas abajo retiene el mayor orden, el orden de la cuenca es el mismo que el de su cauce de salida. (Ordoñez, 2011)

##### **4.5.15.2. Strahler**

Es muy parecido al de Horton, con la diferencia de que en esquema de Strahler, un mismo río puede tener segmentos de distinto orden a lo largo de su curso, en función de los afluentes que llegan en cada tramo. El orden no se incrementa cuando a un segmento de un determinado orden confluye uno de orden menor. Esta falta no acomoda la distribución de tributarios de más baja orden que desembocan en un río de orden más alta, sin embargo, es el criterio más utilizado. (Ordoñez, 2011)

**Figura 19**

**Determinación del Orden de la cuenca Delimitada en QGIS**



**Fuente: Elaboración Propia**

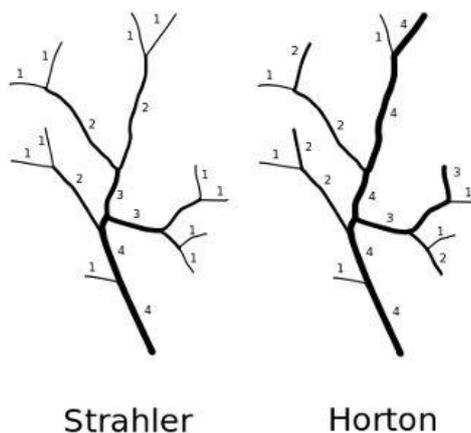
La figura 19, muestra la determinación del Orden de las cuencas delimitadas con ayuda del software Qgis.

**4.5.16. Relación de confluencias (Rc)**

Este parámetro corresponde a la primera ley de Horton. En cada cuenca, los ríos de cada orden forman una serie geométrica inversa cuyo primer término es la unidad y la razón es la relación de confluencias. Señala que la relación de confluencias es un valor representativo de la cuenca y es un indicador de la potencialidad erosiva y de la rapidez de escurrimiento superficial. A mayor capacidad de erosión y de escurrimiento superficial. Cabe resaltar que el mismo autor indica que dos cuencas con la misma relación de confluencias promedio, son cuencas similares en su patrón de flujo y por lo tanto similares cinemáticamente. (Ordoñez, 2011)

**Figura 20**

**Criterios de Strahler y Horton para el Orden de la Cuenca**



**Fuente: Jasiewicz, (2018).**

“La relación de confluencias se obtiene dividiendo el número total de ríos de un orden n por el número total de ríos de orden n+1” (Jasiewicz, 2018).

**Fórmula 9**

**Relación de confluencias**

$$r_c = \frac{n_i}{n_i + 1}$$

Donde:

- $n_i$ : es el número total de ríos de orden “n”.
- $n_{i+1}$ : es el número total de ríos de orden “n+1”.

**4.5.17. Relación de longitudes (RI)**

El parámetro descrito en este ítem corresponde a la segunda ley de Horton y se enuncia: En una cuenca determinada, las longitudes medidas de los ríos de la cuenca forman una serie geométrica directa cuyo primer término es la longitud promedio de los cursos elementales de la cuenca y la razón es la relación de longitudes. (Vásquez, 2021)

**Fórmula 10****Relación de longitudes**

$$r_L = \frac{L_i}{L_i - 1}$$

El promedio de la relación de longitudes es el valor representativo de la cuenca y está relacionado con la potencialidad erosiva y la magnitud de la escorrentía superficial, sin embargo, también tiene influencia directa en la capacidad de almacenamiento momentáneo en la red de drenaje natural, capacidad que se ve reflejada en el piso del hidrograma de escorrentía directa del cauce principal. A mayor capacidad de almacenamiento en la red hidrográfica, menor caudal pico del hidrograma y viceversa. (Ordoñez, 2011)

**4.5.18. Densidad de drenaje (Dd)**

La tercera ley de Horton corresponde a este parámetro y enuncia como: “la red de drenaje de una cuenca puede ser caracterizada frecuentemente por una red suelta o densa, según que estén sueltos o concentrados los cursos de agua”. Con este parámetro se puede tener indicios acerca de las características sobre las cuales se ha desarrollado el sistema de cursos naturales. La densidad de drenaje y la causa de escurrimiento de la cuenca. (Ordoñez, 2011)

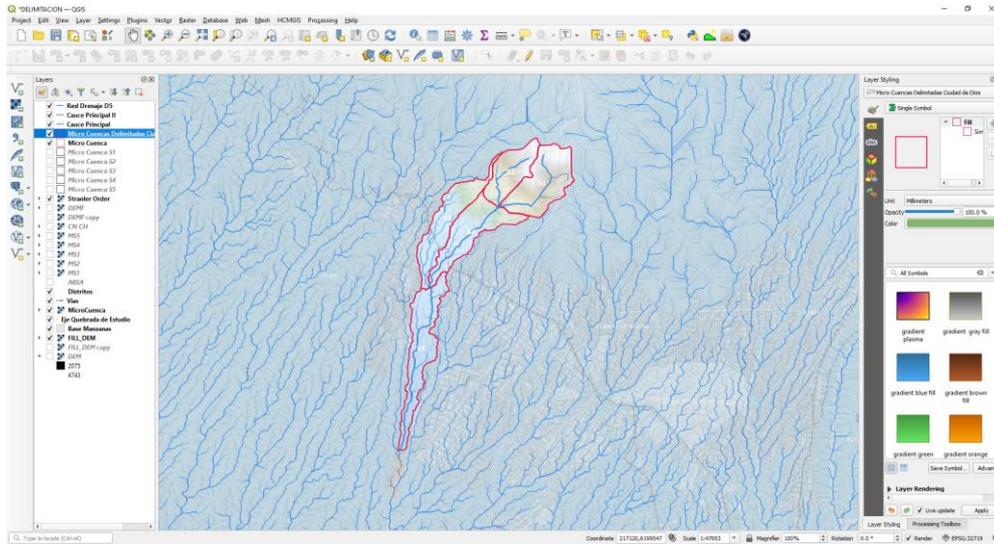
**Fórmula 11****Densidad de drenaje**

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{A}$$

Donde:

- L: Es la longitud del cauce principal, Km.
- A: Área de la cuenca, Km.

**Figura 21**  
**Determinación de la Frecuencia de ríos en QGIS**



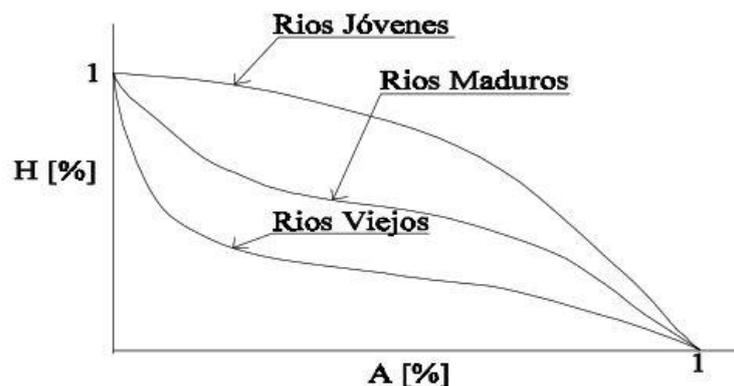
**Fuente: Elaboración Propia**

La figura 21, muestra la determinación de la frecuencia de ríos por medio del software Qgis.

#### 4.5.19. Curva hipsométrica

Es una gráfica que representa algo similar a un perfil longitudinal promedio de la cuenca. Es el resultado de plotear el área acumulada que queda por encima de cada curva de nivel en el eje de las abscisas versus las alturas correspondientes en el eje de las ordenadas. (Ordoñez, 2011)

**Figura 22**  
**Cambio de Forma de la Curva Hipsométrica con la Edad del Río**

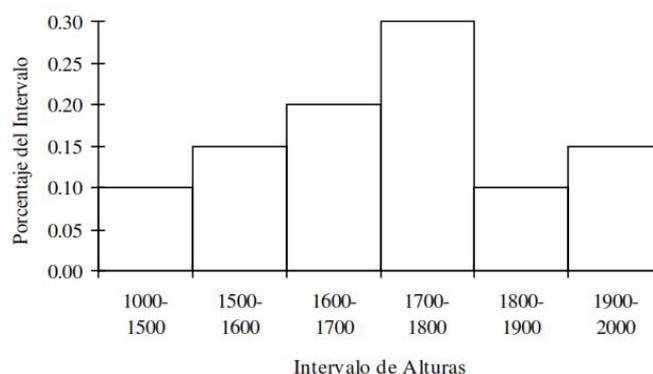


**Fuente: Ibañez Asensio, et al, (2011).**

#### 4.5.20. Frecuencia de altitudes

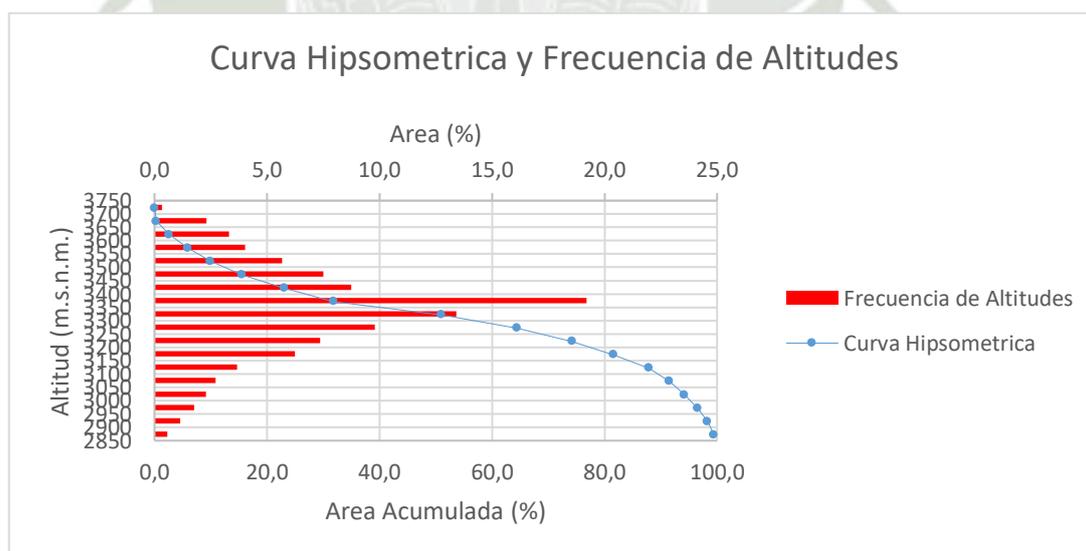
“Es un gráfico que representa el grado de incidencia de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al total del área de la cuenca” (Ordoñez, 2011).

**Figura 23**  
**Frecuencia de Altitudes**



**Fuente: Ibañez Asensio, et al, (2011).**

**Figura 24**  
**Determinación de la Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes**



**Fuente: Elaboración Propia**

La figura 24, muestra la determinación de la curva hipsométrica de la cuenca de estudio en la quebrada Ciudad de Dios, evidenciándose una cuenca en grado de madures.



**CAPÍTULO V**  
**MODELO HIDROLÓGICO**

## 5. Modelo Hidrológico

Típicamente, las redes de monitoreo del tiempo miden la precipitación diaria, la temperatura mínima y la temperatura máxima, y a veces otras variables como la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar, en lugares individuales. La información sobre el clima actual guía las actividades diarias, mientras que el estudio del clima pasado puede dilucidar cómo varía y cómo los seres humanos lo impactan, y ayudar a prepararse para futuras condiciones. Uno de los objetivos de la red de monitoreo del tiempo es anular las variaciones climáticas con el tiempo y servir como fuente de información para las decisiones diarias. Estas observaciones se pueden utilizar para apoyar muchas decisiones de gestión del agua, como predecir consejos meteorológicos diarios para los agricultores; la advertencia de eventos meteorológicos severos; la gestión de recursos hídricos; la ayuda al transporte; y la comprensión de los cambios regionales debidos al cambio climático. (Bowling et al., 2015)

Los datos meteorológicos en Arequipa son recogidos por SENAMHI. Además, el clima es monitoreado en el Aeropuerto Internacional Rodríguez Ballón por la Corporación Peruana de los Aeropuertos y Aviación Comercial.

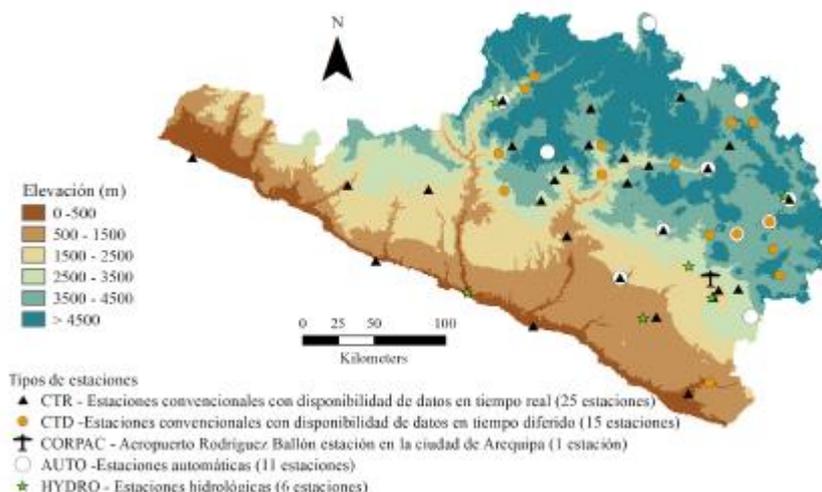
Hay 4 tipos de estaciones disponibles a través de SENAMHI:

- Las estaciones convencionales con disponibilidad de datos en tiempo real CRT.
- Las estaciones convencionales con disponibilidad de datos en tiempo diferido CDT
- Las estaciones automáticas AUTO
- Las estaciones hidrológicas HYRDO. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2020)

Las estaciones CDT y CDR recopilan diariamente Prec, Tmax, Tmin, y la humedad relativa usando los observadores manuales; las estaciones AUTO registran la precipitación por hora, la temperatura, la humedad, y la velocidad y dirección de viento mediante sensores electrónicos; y las estaciones HYDRO registran la precipitación por hora utilizando sensores electrónicos. La estación en el aeropuerto CORPAC informa de la precipitación diaria, la temperatura máxima y mínima del aire, el punto medio del rocío, la ráfaga máxima de viento, la velocidad máxima sostenida del viento, la visibilidad media y la presión atmosférica. (Bowling et al., 2015)

Figura 25

## Densidad de las Estaciones Meteorológicas Activas



Fuente: Bowling et al, (2015).

“La densidad de las estaciones meteorológicas activas que miden al menos la temperatura y las precipitaciones en el Departamento de Arequipa a partir de marzo de 2020 y los tipos de estaciones” (Bowling et al., 2015).

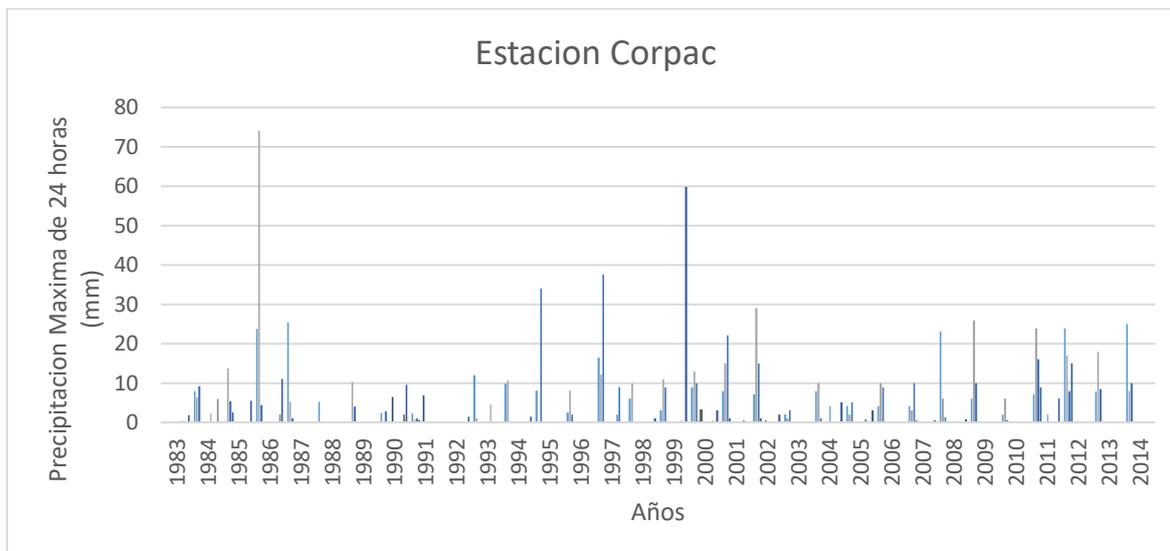
### 5.1. Registro de precipitación máxima de 24 horas

“Arequipa cuenta con una infraestructura aérea a través del Aeropuerto Internacional Rodríguez Ballón, el cual ha sido concesionado y la aeronavegación está bajo la administración de Corporación de Aeropuertos Comerciales” (Bowling et al., 2015).

La Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial, es uno de los centros operativos perteneciente al Gobierno del Perú en la cual administra varios aeropuertos del Perú. Fue creado por el Decreto Legislativo No. 99 - Ley de CORPAC S.A en junio de 1943. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2020)

**Figura 26**

**Histograma de Registro de Precipitación Máxima de 24 horas – Estación Corpac**



**Fuente: Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A, (2015).**

**5.2. Análisis estadístico**

**5.2.1. Parámetros estadísticos**

**5.2.1.1. Media**

“Es el valor esperado de la variable misma. Primer momento respecto al origen. Muestra la tendencia central de la distribución, siendo su fórmula” (Bencardino, 2019).

**Fórmula 12**

**Media**

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Donde:

- n: Numero de datos
- $x_i$ : Valor i de la muestra

### 5.2.1.2. Varianza

“Mide la variabilidad de los datos. Es el segundo momento respecto a la media, siendo su fórmula” (Bencardino, 2019).

#### Fórmula 13

##### Varianza

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Donde:

- n: Numero de datos
- $x_i$ : Valor i de la muestra
- $\bar{x}$ : Media

### 5.2.1.3. Desviación estándar

“Es una medida de la variabilidad que tiene las mismas dimensiones que la media y simplemente es la raíz cuadrada de la varianza, se estima por S” (Bencardino, 2019).

#### Fórmula 14

##### Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

### 5.2.1.4. Coeficiente de variación

Es una medida adimensional de la variabilidad, y su fórmula es:

#### Fórmula 15

##### Coeficiente de variación

$$C_v \frac{S}{\bar{x}}$$

Donde:

- S: Desviación estándar

- $\bar{x}$ : Media

### 5.2.1.5. Coeficiente de asimetría

“La distribución de los valores de una distribución alrededor de la media se mide por la asimetría. Se obtiene a partir del tercer momento alrededor de la media, dividiéndolo por el cubo” (Bencardino, 2019).

### 5.2.1.6. Desviación estándar para que sea adimensional.

#### Fórmula 16

#### Coeficiente de asimetría

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

Donde:

- n: Numero de datos
- $x_i$ : Valor i de la muestra
- S: Desviación estándar
- $\bar{x}$ : Media

### 5.3. 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 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. (Chow, 1994)

Water Resources Council, 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  $\pm 0.4$ , 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. (Council, 1981)

#### Fórmula 17

##### Umbral de datos dudosos altos

$$y_H = \bar{y} + K_n * S_y$$

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.
- $S_y$ : Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones.

Una ecuación similar puede utilizarse para detectar datos dudosos bajos. (Chow, 1994, p. 416)

#### Fórmula 18

##### Umbral de 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. (Council, 1981)

**Tabla 5**  
**Valores de  $K_n$  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: Council, (1981)**

#### 5.4. Precipitación media

- 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 ESTACION CORPAC. (Council, 1981)
- 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 de la cuenca delimitada y para su estimación se ha realizado un estudio con la Estacion Corpac S.A. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)

#### 5.4.1. 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. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)
- “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” (Bowling et al., 2015).

#### Fórmula 19

#### Método de Thiessen

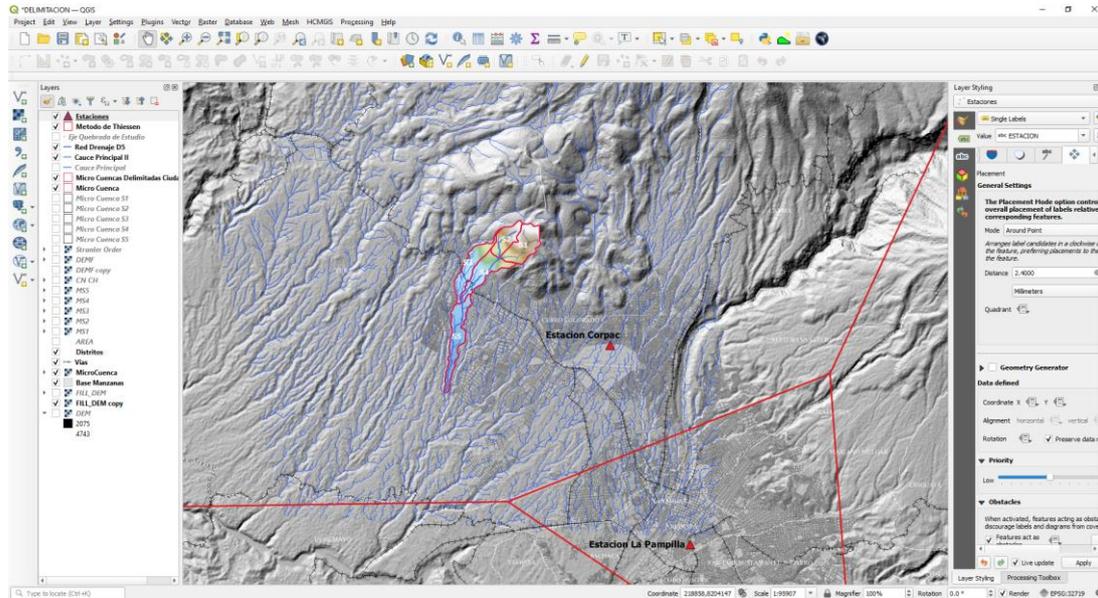
$$P = \frac{P_1 * A_1 + P_2 * A_2 + \dots + P_n * A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dónde:

- $P_n$ : Precipitación
- $A$ : Área

Figura 27

Determinación de la Precipitación Media por el Método de Thiessen



Fuente: Elaboración Propia

La figura 27, muestra la determinación de la precipitación media por medio de los polígonos de thiessen, evidenciándose que el área de estudio es preponderante la estación Corpac.

5.5. Estadística aplicada a la hidrología

5.5.1. 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. 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. (Vásquez, 2021)

**Fórmula 20****Periodo de retorno**

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)}$$

O también puede ser representada por la probabilidad de no excedencia:

**Fórmula 21****Periodo de retorno**

$$T = \frac{1}{1 - P(X \geq x)}$$

**5.5.2. Riesgo de falla**

“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” (Vásquez, 2021).

**Fórmula 22****Riesgo de falla**

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

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

**Tabla 6**  
**Vida Útil de Obras en Función del Riesgo Admisible**

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
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: Moreno Grande y otros, (2015).

## 5.6. Análisis de frecuencia

### 5.6.1. Función de distribución de probabilidad

Para el análisis de las precipitaciones máximas de 24 horas de la ESTACION CORPAC, se han utilizado como ya se ha indicado los últimos 25 registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas completas y consistentes (1993-2017), para ello se ajustaron a nueve distribuciones de probabilidades las cuales se detallan a continuación. (Bencardino, 2019)

- Distribución Normal Estándar.
- 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. (Vásquez, 2021)

### 5.7. Distribución Gumbel

Función de distribución de probabilidad Gumbel

#### Fórmula 23

#### Distribución Gumbel

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad \text{para } -\infty \leq x \leq \infty$$

Dónde:

- X: Representa el valor a asumir por la variable aleatoria
- e: Constante de Neper.

### 5.8. Función Log Pearson Tipo III

Función de distribución de probabilidad Log Pearson Tipo III

#### Fórmula 24

#### Función Log Pearson Tipo III

$$F(x) = \int_{x_0}^x \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{\ln x - x_0}{\beta}}}{x\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Donde:

- $x_0$ : Parámetro de posición
- $\beta$ : Parámetro de escala
- $\gamma$ : Parámetro de forma
- A continuación, se observa el Análisis de Frecuencia con las Funciones de Distribución de Probabilidad más utilizadas en hidrología. (Vásquez, 2021)

### 5.9. Función Pearson Tipo III

Función de distribución de probabilidad Pearson Tipo III

#### Fórmula 25

#### Función Pearson Tipo III

$$F(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)} \left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)^{\beta-1} dx$$

Dónde:

- $\gamma$ : Coeficiente de sesgo
- e: Constante de Neper

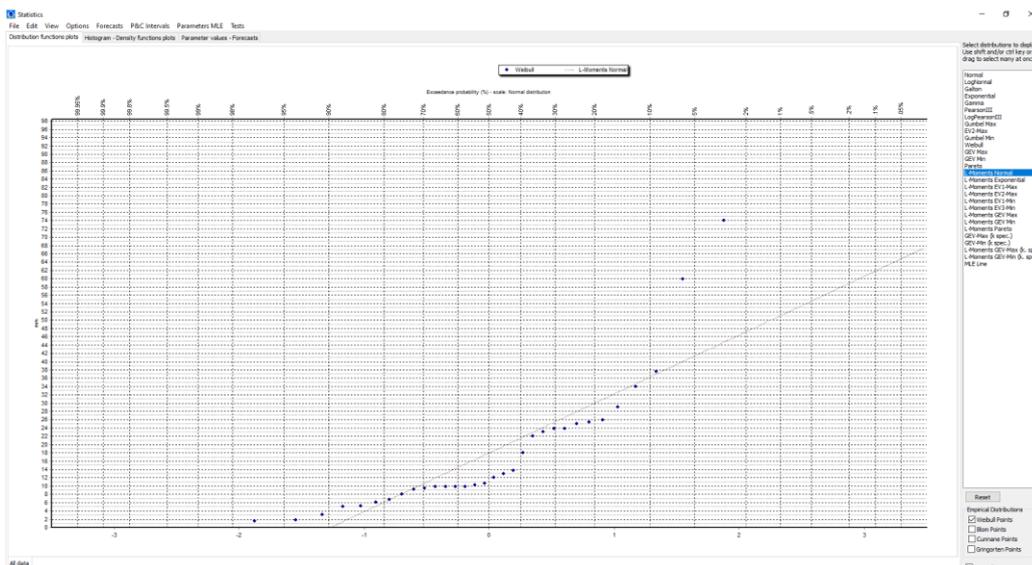
### 5.10. Software HYDROGNOMON

Para analizar estadísticamente las series de series de datos y valorar el ajuste de las funciones de distribución se ha utilizado el programa HYDROGNOMON4. El programa HYDROGNOMON es un software libre para el análisis y procesado de series hidrológicas desarrollado por el ITIA research group de la National Technical University of Athens. Este programa permite la aplicación de muchas funciones de distribución y de muchos métodos de ajuste. (Hidrognomon, 2010)

Las principales funciones del programa son, entre otras:

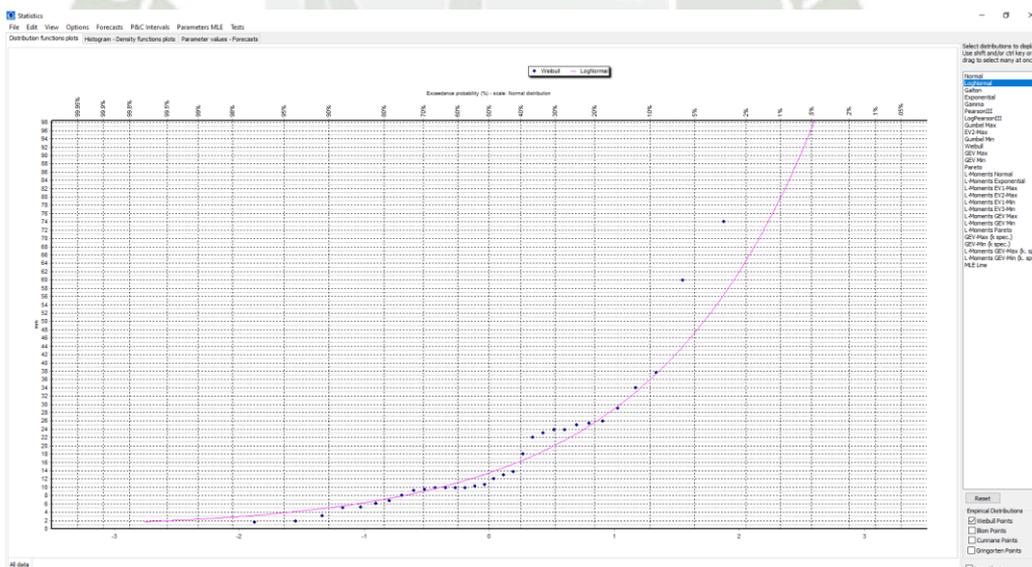
- El análisis y proceso de datos hidrológicos.
- La representación tabular de los datos de diversas formas.
- El análisis de frecuencias, análisis multivariable, predicciones y análisis de curvas IDF mediante herramientas adecuadas.
- El ajuste de funciones de distribución y de variables extremas, con muchas opciones: Normal, LogNormal, Galton, Exponencial, Gamma, Pearson III, LogPearson III, Gumbel Max, EV2-Max, Gumbel Min, Weibull, GEV-Max, GEV-Min, Pareto, GEV-Max (kappa specified), GEV-Min (kappa specified). (Vásquez, 2021)

**Figura 28**  
**Probabilidad de Excedencia - Distribución Normal**



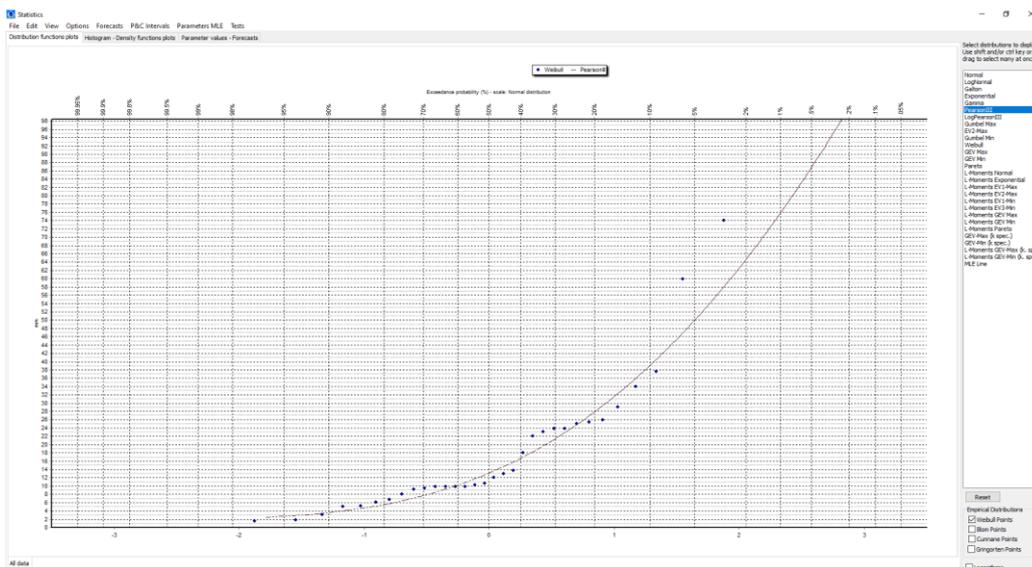
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 29**  
**Probabilidad de Excedencia – Distribución Log Normal**



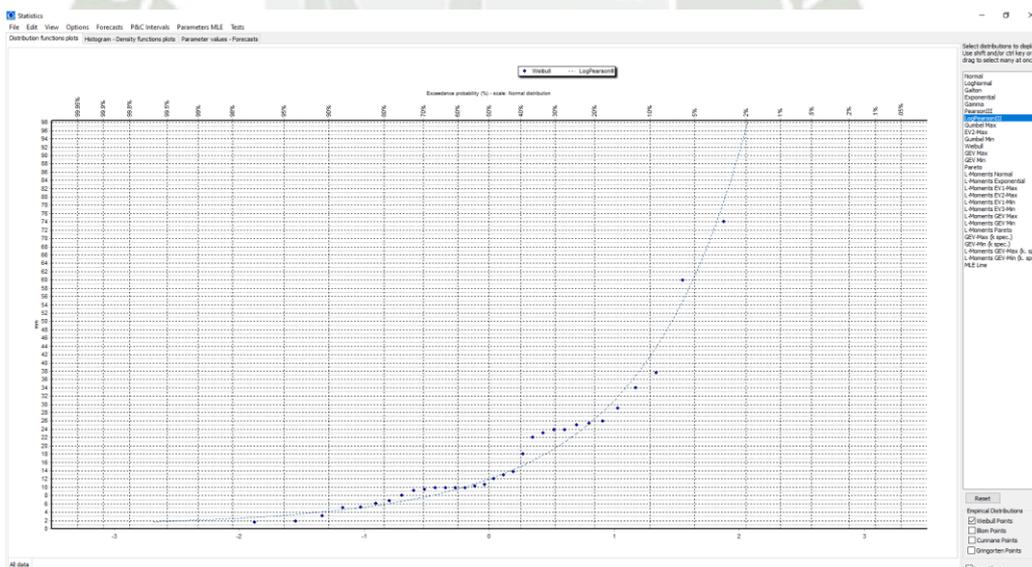
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 30**  
**Probabilidad de Excedencia – Distribución Pearson Tipo III**



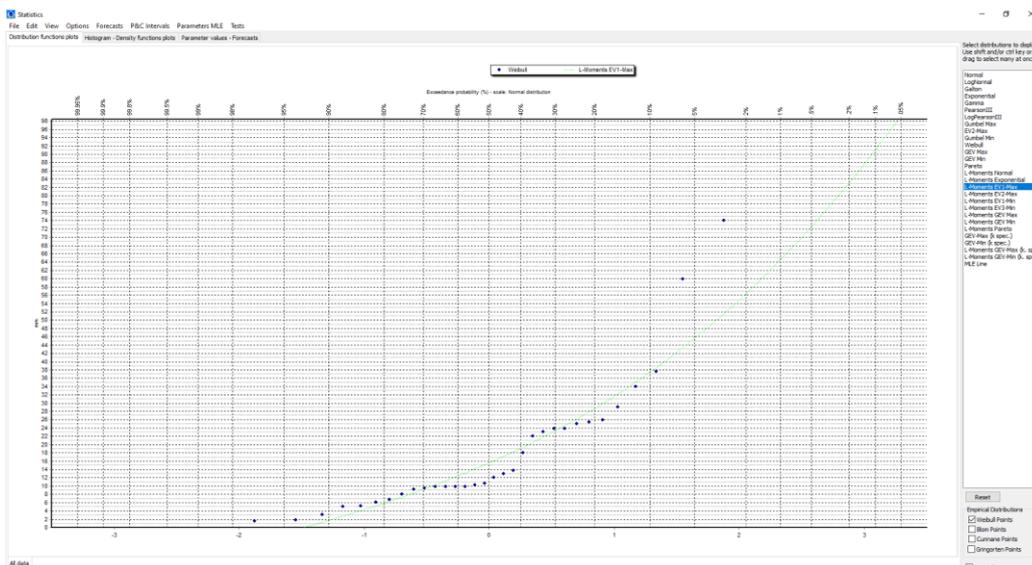
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31**  
**Probabilidad de Excedencia – Distribución Log Pearson Tipo III**



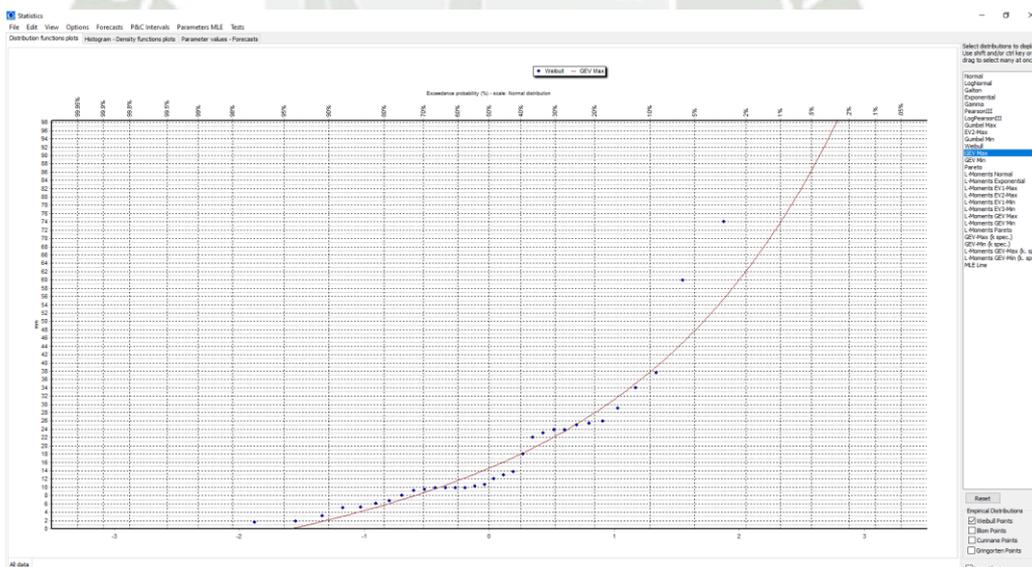
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32**  
**Probabilidad de Excedencia – Distribución EVI MAX (Gumbel)**



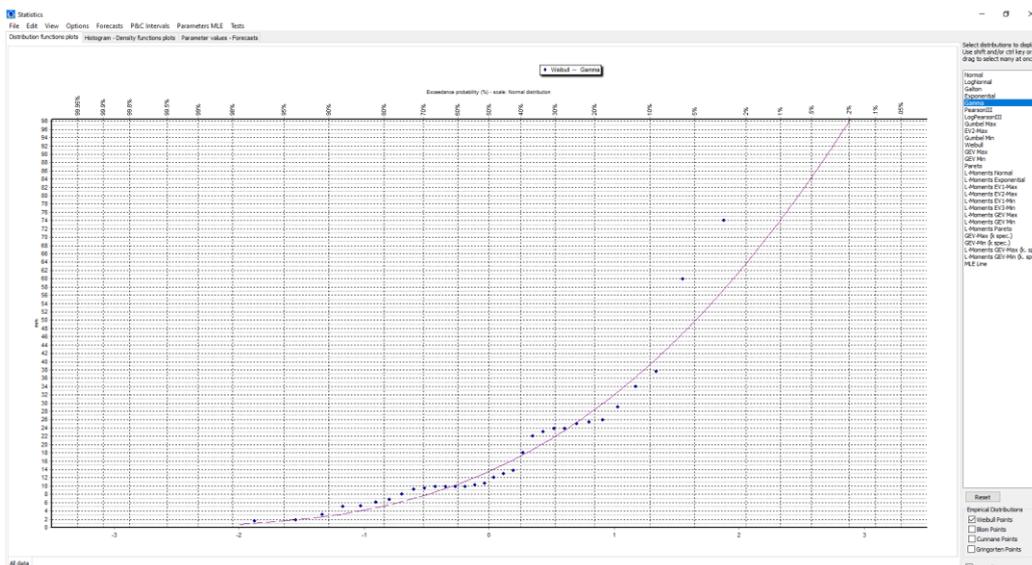
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 33**  
**Probabilidad de Excedencia – Distribución GEV (Valores Extremos Generalizado)**



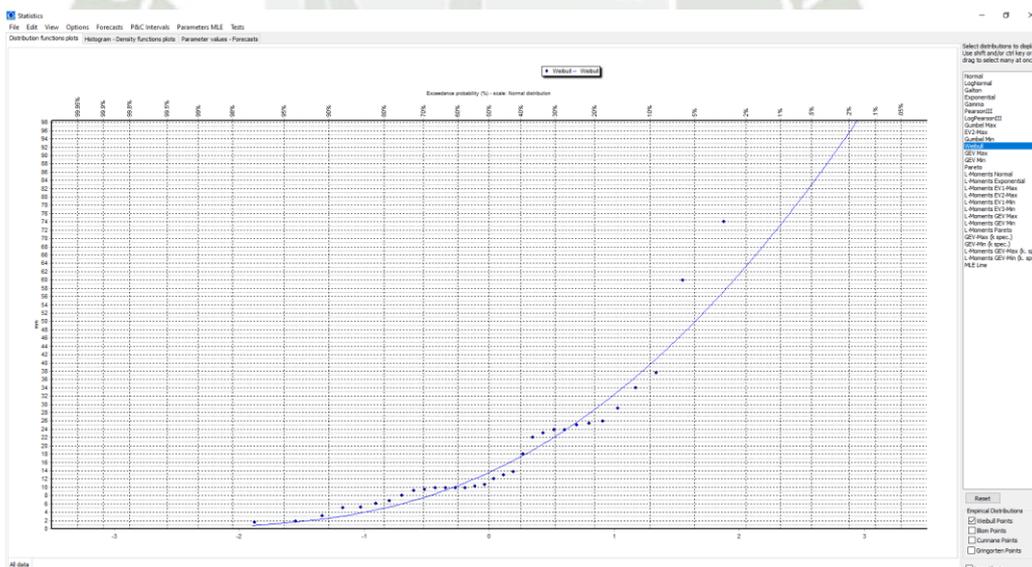
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 34**  
**Probabilidad de Excedencia – Distribución Gamma**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 35**  
**Probabilidad de Excedencia – Distribución Weibul**



Fuente: Elaboración propia.

## 5.11. Pruebas de Bondad y Ajuste

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. (Bencardino, 2019)

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 muestrales. Los ajustes más comunes son:

- Chi cuadrado
- Smirnov – Kolmogorov
- Método del error cuadrático mínimo. (Vásquez, 2021)

### 5.11.1. 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  $F_o(P_m)$  y la estimada  $F(P_m)$ ” (Bencardino, 2019).

$$D = \max|F_o(P_m) - F(P_m)|$$

Con un valor crítico  $d$  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. (Vásquez, 2021)

**Fórmula 26**

**Función de distribución de probabilidad**

$$F_o(P_m) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Dónde:

- *m*: es el número de orden del dato  $X_m$  en una lista de mayor a menor.
- *n*: número total de datos

**Tabla 7**

**Valores Críticos para la Prueba de Smirnov - Kolmogorov**

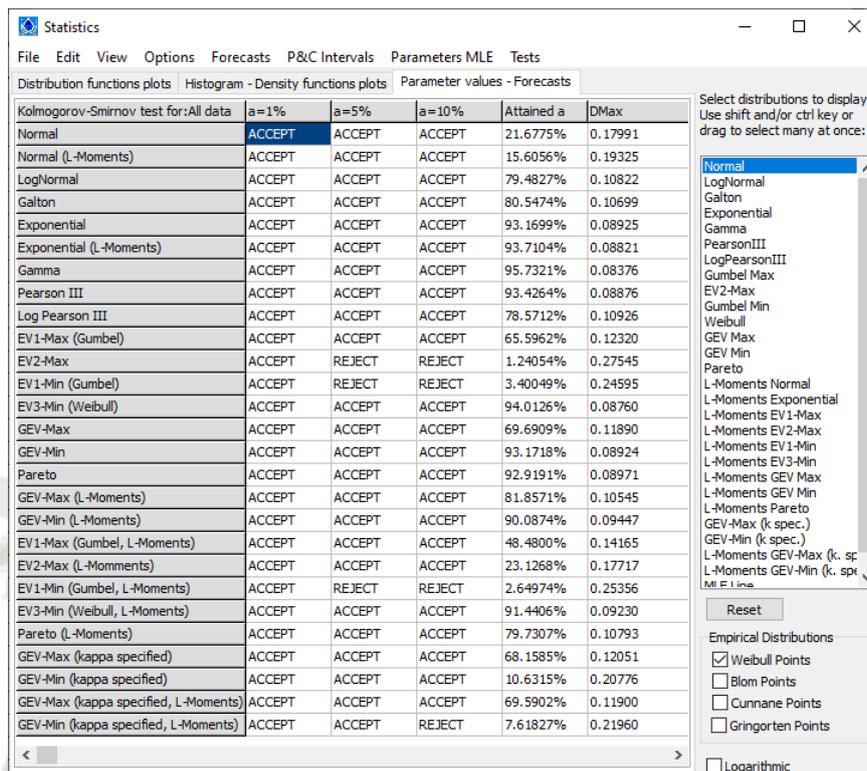
Tamaño de la muestra	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
31	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
N grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

**Fuente: Mijares, (2015).**

En el cuadro siguiente se muestra el procedimiento de cálculo por el método de Smirnov - Kolmogorov, 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  $\alpha = 0,05$ , para el cual el valor crítico de  $d = 0,272$  con  $n = 25$ . (Bencardino, 2019)

**Figura 36**

**Prueba de Smirnov Kolmogorov – Software Hydrognomon**



Kolmogorov-Smirnov test for: All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.6775%	0.17991
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	15.6056%	0.19325
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	79.4827%	0.10822
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.5474%	0.10699
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.1699%	0.08925
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.7104%	0.08821
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.7321%	0.08376
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.4264%	0.08876
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.5712%	0.10926
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	65.5962%	0.12320
EV2-Max	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.24054%	0.27545
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.40049%	0.24595
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.0126%	0.08760
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.6909%	0.11890
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.1718%	0.08924
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.9191%	0.08971
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	81.8571%	0.10545
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.0874%	0.09447
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	48.4800%	0.14165
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	23.1268%	0.17717
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	2.64974%	0.25356
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.4406%	0.09230
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	79.7307%	0.10793
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	68.1585%	0.12051
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	10.6315%	0.20776
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	69.5902%	0.11900
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.61827%	0.21960

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8**

**Prueba de Aceptación – Distribución de Probabilidad**

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.957321	0.08376
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.940126	0.0876
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.937104	0.08821
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.934264	0.08876
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.931718	0.08924
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.931699	0.08925
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.929191	0.08971
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.914406	0.0923
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.900874	0.09447
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.818571	0.10545
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.805474	0.10699
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.797307	0.10793
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.794827	0.10822
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.785712	0.10926
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.696909	0.1189
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.695902	0.119
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.681585	0.12051
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.655962	0.1232
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.4848	0.14165
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.231268	0.17717
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.216775	0.17991
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.156056	0.19325
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.106315	0.20776
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	0.0761827	0.2196
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	0.0340049	0.24595
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	0.0264974	0.25356
EV2-Max	ACCEPT	REJECT	REJECT	0.0124054	0.27545

Fuente: Elaboración propia.

## 5.12. Corrección

“Debido a que las mediciones y reportes de observaciones analizadas son realizadas en intervalos de tiempo fijo se aplicara un factor de corrección de 1.13” (Weiss, 1964).

Tabla 9

**Precipitación Máxima de 24 horas para diferentes Periodos de Retorno**

Precipitación Máxima de 24 horas para T años (mm)							
2	5	10	25	50	100	200	500
13.2	27.9	39.0	53.6	64.7	75.7	86.8	101.4

**Fuente: Elaboración propia.****5.13. Determinación 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. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

**5.13.1. Método de Dick y Peschke**

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, que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente. (Bencardino, 2019)

**Fórmula 27**

**Precipitación**

$$P_d = P_{24horas} * \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

Dónde:

- $P_d$ : Precipitación (mm).
- $d$ : Duración en minutos.
- $P_{24 horas}$ : Precipitación máxima en 24 horas (mm).

**Tabla 10**

**Distribución de las Precipitaciones para una duración de 3 horas**

Duración (min)	Pd (mm/24 h)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
10	6.4	13.5	18.9	26.0	31.4	36.8	42.1	49.2
20	7.6	16.1	22.5	30.9	37.4	43.7	50.1	58.5
30	8.4	17.8	24.9	34.2	41.3	48.4	55.5	64.8
40	9.1	19.2	26.8	36.8	44.4	52.0	59.6	69.6
50	9.6	20.3	28.3	38.9	47.0	55.0	63.0	73.6
60	10.0	21.2	29.6	40.7	49.2	57.5	66.0	77.0
70	10.4	22.0	30.8	42.3	51.1	59.8	68.5	80.1
80	10.8	22.8	31.8	43.8	52.8	61.8	70.9	82.8
90	11.1	23.5	32.8	45.1	54.4	63.7	73.0	85.3
100	11.4	24.1	33.7	46.3	55.9	65.4	74.9	87.5
110	11.7	24.7	34.5	47.4	57.2	66.9	76.7	89.7
120	11.9	25.2	35.2	48.4	58.5	68.4	78.4	91.6
130	12.2	25.7	36.0	49.4	59.6	69.8	80.0	93.5
140	12.4	26.2	36.6	50.3	60.8	71.1	81.5	95.2
150	12.6	26.7	37.3	51.2	61.8	72.3	82.9	96.9
160	12.8	27.1	37.9	52.0	62.8	73.5	84.3	98.5
170	13.0	27.5	38.4	52.8	63.8	74.6	85.6	100.0
180	13.2	27.9	39.0	53.6	64.7	75.7	86.8	101.4

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 11**  
**Intensidades máximas para una duración de 3 horas**

Duración (min)	Intensidad de lluvia (mm/h)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
10	38.5	81.3	113.6	156.1	188.5	220.5	252.8	295.4
20	22.9	48.3	67.5	92.8	112.1	131.1	150.3	175.6
30	16.9	35.7	49.8	68.5	82.7	96.7	110.9	129.6
40	13.6	28.7	40.2	55.2	66.6	78.0	89.4	104.4
50	11.5	24.3	34.0	46.7	56.4	65.9	75.6	88.3
60	10.0	21.2	29.6	40.7	49.2	57.5	66.0	77.0
70	8.9	18.9	26.4	36.3	43.8	51.2	58.8	68.6
80	8.1	17.1	23.9	32.8	39.6	46.4	53.2	62.1
90	7.4	15.6	21.9	30.0	36.3	42.4	48.7	56.8
100	6.8	14.5	20.2	27.8	33.5	39.2	45.0	52.5
110	6.4	13.5	18.8	25.8	31.2	36.5	41.9	48.9
120	6.0	12.6	17.6	24.2	29.2	34.2	39.2	45.8
130	5.6	11.9	16.6	22.8	27.5	32.2	36.9	43.1
140	5.3	11.2	15.7	21.6	26.0	30.5	34.9	40.8
150	5.0	10.7	14.9	20.5	24.7	28.9	33.2	38.8
160	4.8	10.2	14.2	19.5	23.6	27.6	31.6	36.9
170	4.6	9.7	13.6	18.6	22.5	26.3	30.2	35.3
180	4.4	9.3	13.0	17.9	21.6	25.2	28.9	33.8

**Fuente: Elaboración propia.**

#### 5.14. Curva 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. (Vasquez, 2022)

#### Fórmula 28

#### Intensidad promedio

$$i = \frac{P}{T_d}$$

Donde:

- **P**: es la profundidad de lluvia (mm).
- **T<sub>d</sub>**: es la duración, dada usualmente en horas.
- Las curvas de intensidad – duración – frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación.

### Fórmula 29

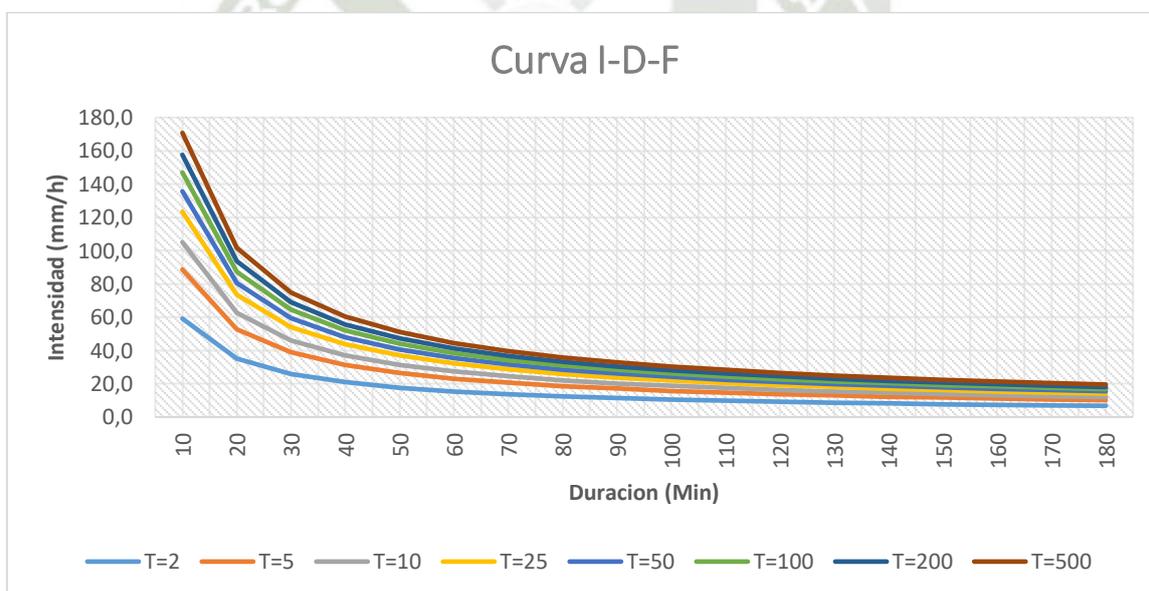
#### Intensidad máxima

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

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).

**Figura 37**  
**Curva – Intensidad - Frecuencia**



**Fuente: Elaboración propia.**

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. (Bowling et al., 2015)

### 5.15. Método de bloque alterno o alternados

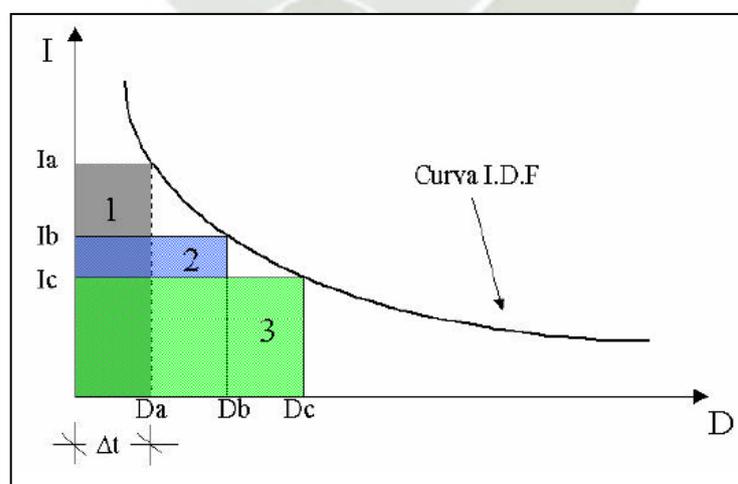
“Este método es una manera simple de desarrollar el hietograma de diseño. El hietograma de diseño generado por este método especifica la profundidad de precipitación en “n” intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$ , sobre una duración total de” (Villón, 2002).

$$T_d = n * \Delta t$$

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  $\Delta t$ . 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  $T_d$  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. (Bencardino, 2019)

**Figura 38**

**Descripción del Método Mediante el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje**

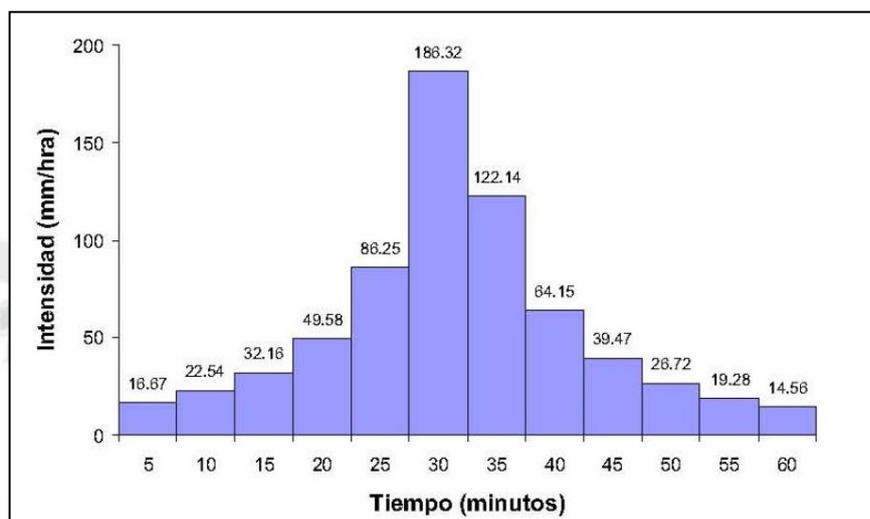


**Fuente: Elaboración propia.**

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. El tiempo estimado de duración de una lluvia en promedio fue de 3 horas, por esta razón los Hietogramas que se obtienen están en un periodo de 180 minutos. (Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe, 2018)

**Figura 39**  
**Hietograma de Diseño**



**Fuente: Elaboración propia.**

“Determinación del hietograma de diseño para un periodo de retorno de  $T=100$  años”  
(Bencardino, 2019).

**Tabla 12**

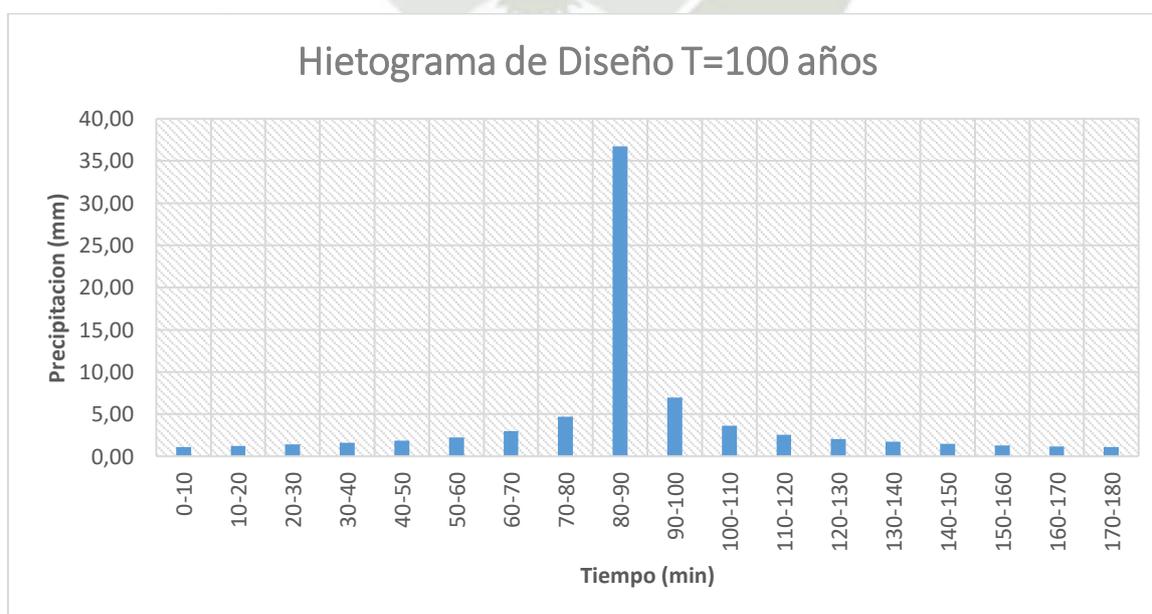
**Determinación del Hietograma de Diseño para un Periodo de Retorno  $T=100$  años**

Duración (Min)	Intensidad (mm/h)	Precip. Acum (mm)	Precip. Increm (mm)	Intens Bloque (mm/h)	Tiempo	Ordenado
10	220.5	36.8	36.75	220.5	0-10	1.12
20	131.1	43.7	6.95	41.7	10-20	1.24
30	96.7	48.4	4.66	28.0	20-30	1.38
40	78.0	52.0	3.61	21.6	30-40	1.58
50	65.9	55.0	2.98	17.9	40-50	1.85
60	57.5	57.5	2.56	15.4	50-60	2.26
70	51.2	59.8	2.26	13.6	60-70	2.98
80	46.4	61.8	2.03	12.2	70-80	4.66
90	42.4	63.7	1.85	11.1	80-90	36.75
100	39.2	65.4	1.70	10.2	90-100	6.95
110	36.5	66.9	1.58	9.5	100-110	3.61
120	34.2	68.4	1.47	8.8	110-120	2.56
130	32.2	69.8	1.38	8.3	120-130	2.03
140	30.5	71.1	1.30	7.8	130-140	1.70
150	28.9	72.3	1.24	7.4	140-150	1.47
160	27.6	73.5	1.18	7.1	150-160	1.30
170	26.3	74.6	1.12	6.7	160-170	1.18
180	25.2	75.7	1.07	-0.4	170-180	1.07

**Fuente: Elaboración propia.**

**Figura 40**

**Hietograma de Diseño para un Periodo de Retorno de  $T=100$  años**



**Fuente: Bencardino, (2019).**

### 5.16. Estimación de caudales máximos

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. 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. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

### 5.17. Tiempo de concentración

También se denomina tiempo de equilibrio o tiempo de viaje. Se define como el tiempo que toma la partícula hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto emisor de la cuenca. Suele asumirse que ocurre una lluvia uniforme sobre toda la cuenca durante un tiempo de por lo menos igual al tiempo de concentración (Ortiz, 2008). Existen muchas fórmulas empíricas las cuales se basan en otros parámetros, sin embargo, por la naturaleza del tiempo de concentración es obvio que será influenciado por la cobertura vegetal e incluso por la intensidad de lluvia, razón por la cual algunos autores no lo consideran un parámetro si no una variable. (Moreno Grande et al., 2015)

#### 5.17.1. Kirpich 1942

##### Fórmula 30

##### Tiempo de concentración Kirpich

$$T_c = 0.066 \left( \frac{L_f}{\sqrt{S_o}} \right)^{0.77}$$

Donde:

- $T_c$ : Es el tiempo de concentración en horas
- $L_f$ : Es la longitud del cauce principal hasta la divisoria de aguas, Km.
- $S_o$ : Es la pendiente promedio del cauce principal en m/m

**5.17.2. Temez 1978****Fórmula 31****Tiempo de concentración Temez**

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L_c}{S_o^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

- $T_c$ : Es el tiempo de concentración en horas
- $L_c$ : Es la longitud del cauce principal, Km.
- $S_o$ : Es la pendiente promedio del cauce principal en %

**5.17.3. Giandotti****Fórmula 32****Tiempo de concentración Giandotti**

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_c}{25.3\sqrt{L_c S_o}}$$

Donde:

- $T_c$ : Es el tiempo de concentración en horas
- $L_c$ : Es la longitud del cauce principal, Km.
- $S_o$ : Es la pendiente promedio del cauce principal en m/m
- $A$ : Área de la cuenca, Km

#### 5.17.4. SCS

##### Fórmula 33

##### Tiempo de concentración SCS

$$T_c = \frac{0.0136L^{0.8} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

Donde:

- $T_c$ : Es el tiempo de concentración en horas
- $L$ : Es la longitud del cauce principal hasta la divisoria de aguas, m.
- $S$ : Es la pendiente promedio del cauce principal en m/m
- $CN$ : Es el número de curva SCS

#### 5.18. Numero de curva

Este método fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos EEUU, utiliza datos de un gran número de cuencas experimentales, y se basa en la siguiente ecuación: También llamado número adimensional de curva o curva de número que corresponde al área específica en estudio, valor que 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. (Vásquez, 2021)

##### 5.18.1. GRUPO A

“Bajo potencial de escorrentía: arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados” (Vásquez, 2021).

##### 5.18.2. GRUPO B

“Moderadamente bajo potencial de escorrentía: suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa” (Vásquez, 2021).

##### 5.18.3. GRUPO C

“Moderadamente alto potencial de escorrentía: margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenido de arcilla” (Vásquez, 2021).

#### 5.18.4. GRUPO D

“Alto potencial de escorrentía: suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos” (Vásquez, 2021).

De acuerdo al libro de Hidrología Aplicada de Ven Te Chow, esta metodología encuentra su utilidad en cuencas naturales no aforadas, en las que se deseen estimar los caudales circulantes por métodos hidrometeorológicos. El modelo parte de dos hipótesis:

- La escorrentía superficial se inicia una vez alcanzado un cierto umbral de escorrentía, denominado  $I_a$ .
- El cociente entre la retención de agua real y la retención máxima, es igual al cociente entre la escorrentía directa y la escorrentía superficial máxima. (Chow, 1994)

$$\frac{\text{retencion real de agua}}{\text{retencion maxima}} = \frac{\text{escorrentia superficial}}{\text{escorretia superficial maxiomaxima}}$$

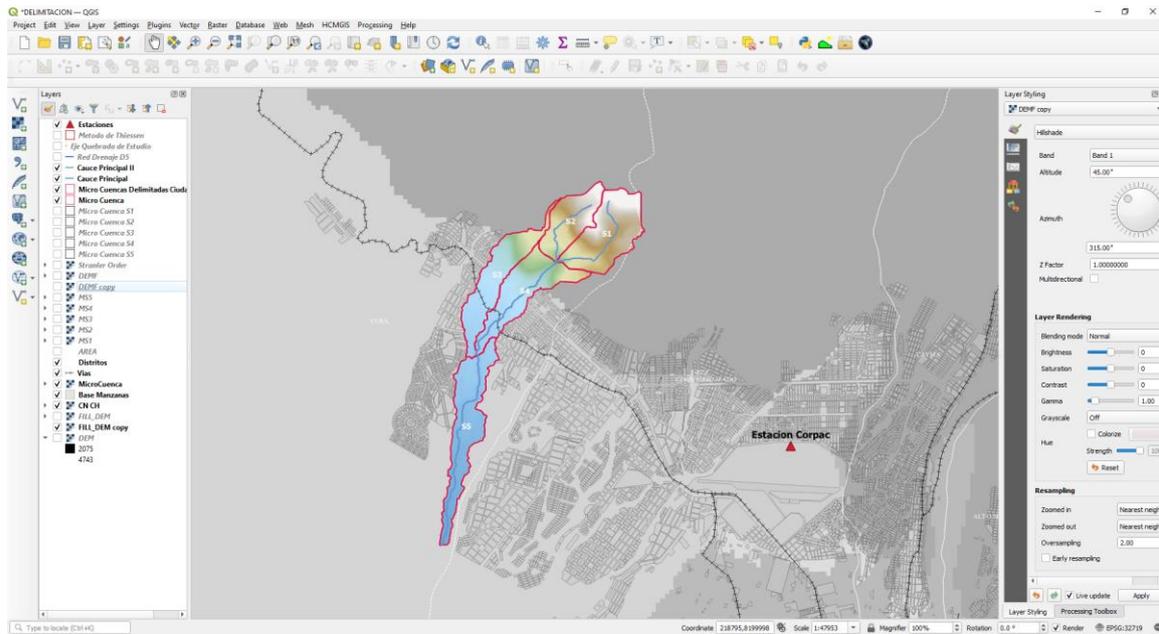
$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad P > I_a$$

$$P_e = 0 \quad P < I_a$$

“Para la generación del número de curva que está presente en el área de estudio, se determinó las capacidades de suelos que ésta presentaba y el tipo de cubierta vegetal que tiene” (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

**Figura 41**

**Determinación del Numero de Curva – Software QGIS**



**Fuente: Elaboración Propia**

La figura 41 muestra la determinación del Numero de curva con ayuda del Software Qgis.

### 5.19. Software HEC – HMS

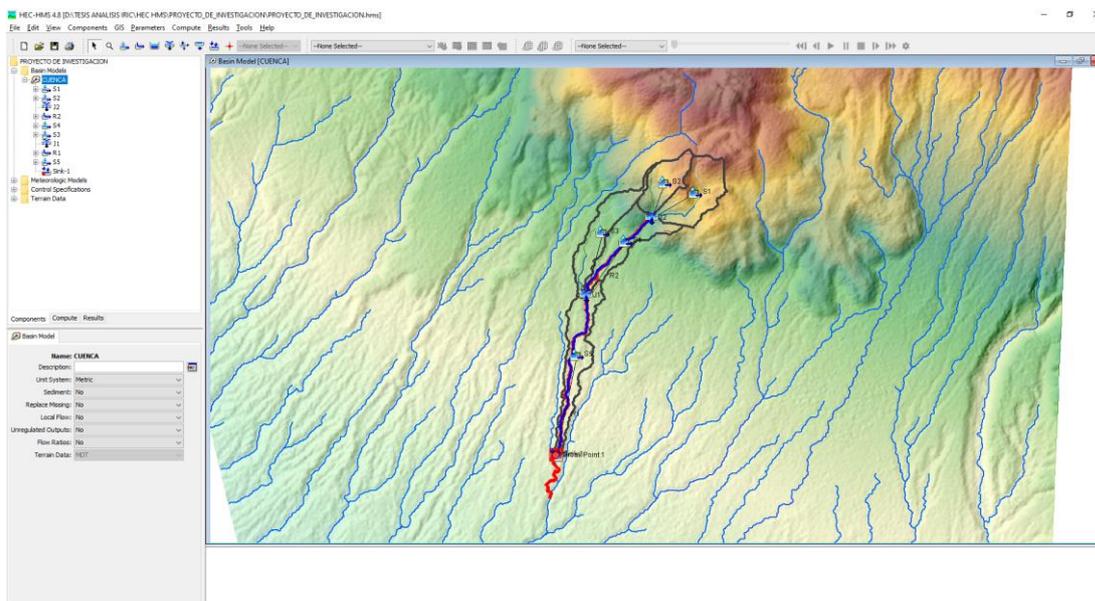
El centro de Ingeniería Hidrológica, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU, diseñó el programa de computación Sistema de Modelamiento Hidrológico (HEC-HMS), este provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación - escorrentía y también tránsito de caudales entre otros. (Vásquez, 2021)

La ejecución de una simulación en el HEC - HMS, requiere las siguientes especificaciones:

- El primer conjunto, llamado Modelo de Cuenca (Basin Model), contiene parámetros y datos conectados para elementos hidrológicos. Los tipos de elementos son: cuenca, tránsito de avenidas, empalme o cruce, reservorio, fuente, retención y distribución.
- El segundo conjunto llamado Modelo Meteorológico, consiste en datos meteorológicos e información requerida para procesarlos.
- El tercer conjunto, llamado Especificaciones de Control, con el cual se especifica información de relación tiempo para efectuar la simulación.
- El cuarto conjunto, llamado datos de series de tiempo, sirve para especificar qué tipo de dato meteorológico se va a ejecutar en el modelamiento y como ésta irá variando en el tiempo. (Astorayme Valenzuela et al., 2015)

**Figura 42**

**Composición de los Componentes con el Modelo HEC -HMS**

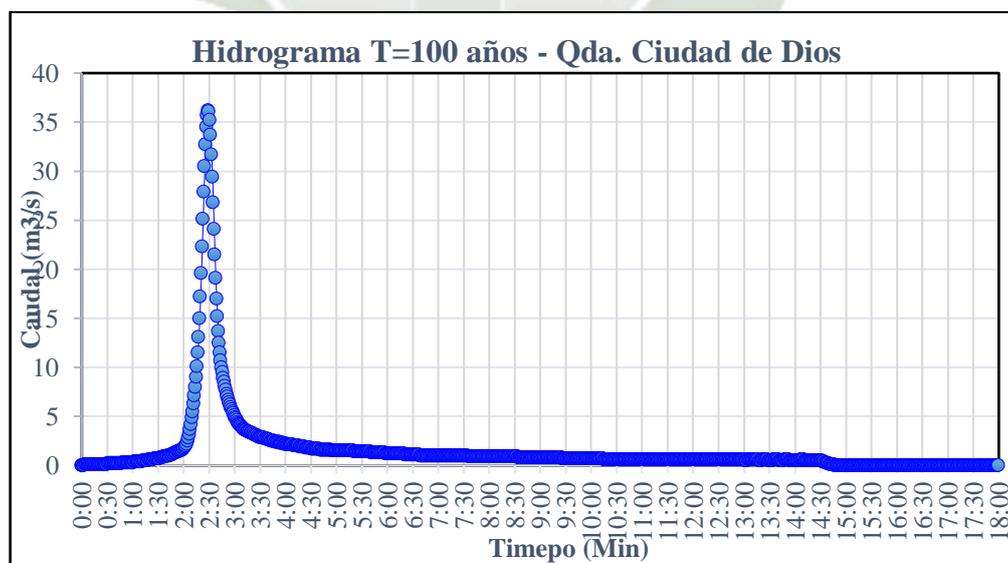


**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 42, muestra los componentes del modelo HEC-HMS, con el cual se realizó el análisis hidrológico.

**Figura 43**

**Hidrograma para un Periodo de Retorno T=100 años – Punto A**

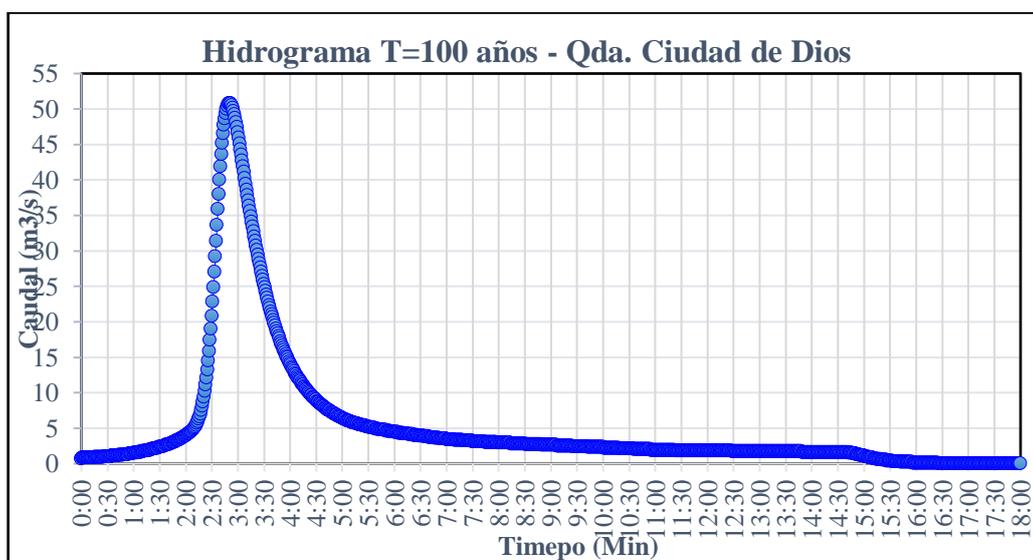


**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 43, muestra el hidrograma de salida del modelo hidrológico para un periodo de 100 años

**Figura 44**

**Hidrograma para un Periodo de Retorno T=100 años – Punto B**

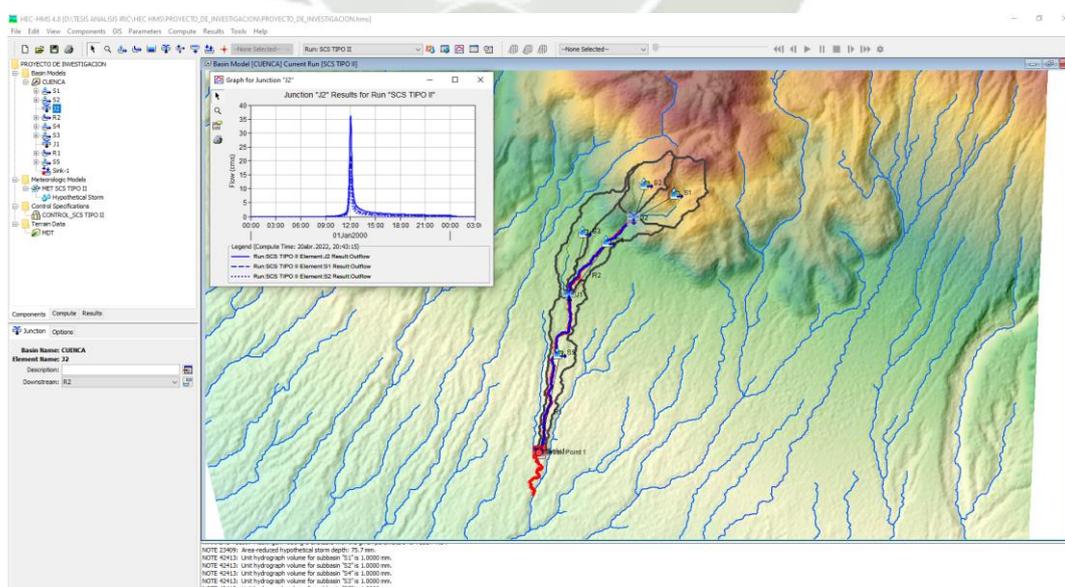


**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 44, muestra el hidrograma de salida del modelo hidrológico para un periodo de 100 años

**Figura 45**

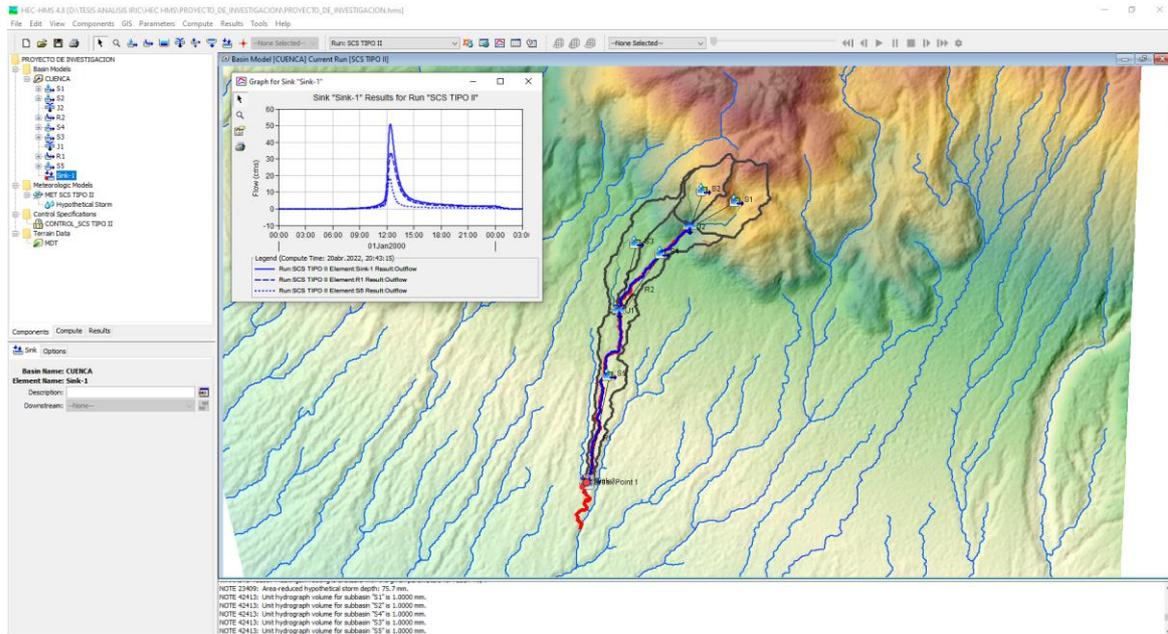
**Resultados Obtenidos del Modelo Numérico HEC - HMS**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 45, muestra el hidrograma de salida obtenido por el modelo HEC-HMS.

**Figura 46**  
**Hidrograma de Salida para un Periodo de Retorno T=100 años**



**Fuente: Elaboración propia.**

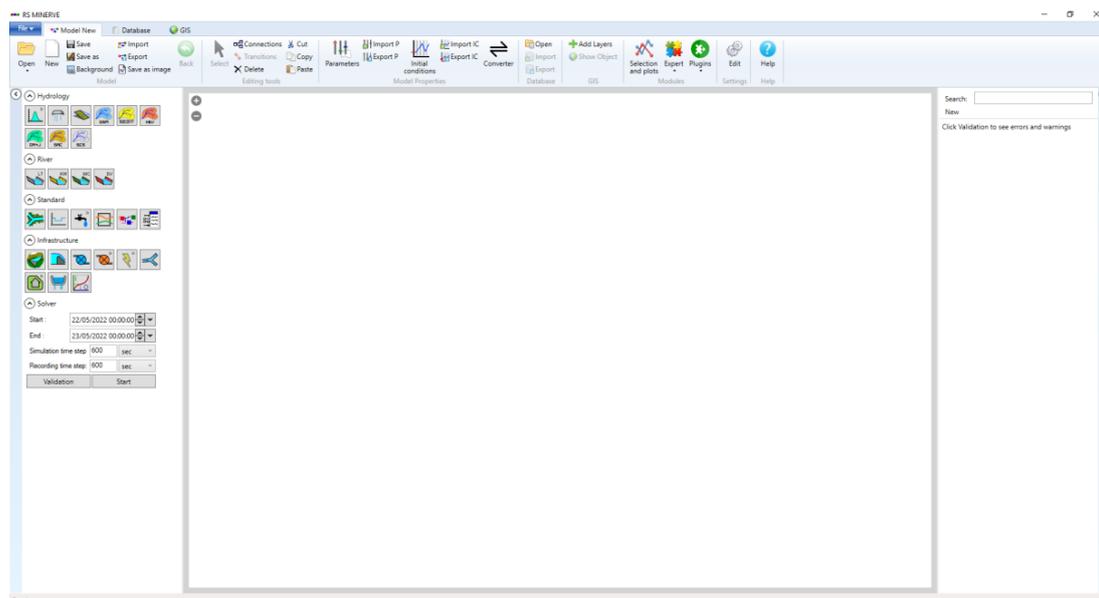
La figura 46, muestra el hidrograma de salida obtenido por el modelo HEC-HMS.

## 5.20. Software RS MINERVE

RS MINERVE es un software de modelado hidrológico e hidráulico que simula transformaciones lluvia-escorrentía y flujos superficiales libres. El software es capaz de representar no solo los principales procesos hidrológicos como el deshielo, el deshielo y los flujos superficiales y subterráneos, sino también estructuras reguladas como embalses, válvulas, aliviaderos, tomas de agua, turbinas o bombas, y otras estructuras hidráulicas. El análisis global de una red hidrológico-hidráulica es imprescindible en muchos casos, como la planificación o gestión de recursos hídricos, la optimización de operaciones de centrales hidroeléctricas, el diseño y regulación de presas o el desarrollo de conceptos de protección contra inundaciones. RS MINERVE hace que este tipo de análisis sea accesible a una amplia audiencia, gracias a su arquitectura de software modular, su interfaz fácil de usar y sus múltiples funcionalidades. (GestCruces, 2020)

**Figura 47**

**Ventana de Principal de la Plataforma de RS-MINERVE**



**Fuente: Elaboración propia.**

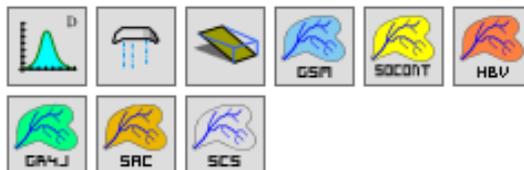
**5.20.1. Principales características**

- Integración de diferentes modelos hidrológicos de flujo de lluvia (GSM, SOCONT, SACSMA, GR4J y HBV)
- Integración de diferentes estructuras hidráulicas (embalses, turbinas, presas, etc.)
- Capacidad para crear automáticamente modelos hidrológicos completos a partir de capas vectoriales (módulo GIS - archivos de forma)
- Capacidad para insertar imágenes en la GUI de plantillas
- Calibración automática mediante diferentes algoritmos (SCE-UA, ...) con función objetivo definida por el usuario
- Simulación de escenarios meteorológicos o de gestión hidráulica
- Posibilidad de trabajar en línea de comandos para la automatización de simulaciones
- Posibilidad de implementar diferentes complementos externos para ampliar la funcionalidad del software en el contexto de necesidades específicas. (GestCruces, 2020)

## 5.20.2. Objetos bases para las características hidrológicas

### Ilustración 1

#### Objetos bases para las características hidrológicas



Fuente: Elaboración propia.

#### 5.20.2.1. Virtual Weather Station

“Calcula las condiciones meteorológicas locales (precipitación (P), temperatura (T) y evapotranspiración potencial (ETP)) basado en datos observados o pronosticados de la base de datos y basados en Thiessen o Interpolaciones de Shepard” (Naupari Asencios, 2020).

#### 5.20.2.2. Snow – GSM

Simula la evolución temporal de la capa de nieve en función de la temperatura (T) y precipitación (P). La salida es una precipitación equivalente (Peq) y la Altura de nieve (H) propuesta como entrada a otros modelos como SAC-SMA o GR4J.

#### 5.20.2.3. Runoff (SWMM)

El hidrograma basado en la escorrentía se calcula con este objeto a partir de una lluvia neta

#### 5.20.2.4. GSM (Glacial Snow Melt)

El objeto GSM combina los modelos Snow y Glacier.

#### 5.20.2.5. SOCONT (SOil CONTtribution)

El objeto SOCONT combina la nieve, la infiltración (GR3) y Escorrentía (SWMM).

#### 5.20.2.6. HBV

Este modelo integrado lluvia-escorrentía se basa en el modelo HBV. Usando una precipitación (P), una temperatura (T) y una evapotranspiración potencial (ETP) como entradas, produce un caudal total ( $Q_{tot}$ ) compuesto por un caudal de escorrentía ( $Q_r$ ), un flujo intermedio ( $Q_u$ ) y un flujo base ( $Q_l$ ). (Vásquez, 2021)

#### 5.20.2.7. GR4J

“Este objeto se basa en el modelo GR4J, que contiene 4 parámetros. Usando una precipitación equivalente ( $P_{eq}$ ) y una evapotranspiración potencial (ETO) como entradas, se calcula una salida” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

#### 5.20.2.8. SAC-The SAC-SMA (Sacramento-Soil Moisture Account)

“Objeto utiliza un equivalente de precipitación ( $P_{eq}$ ) y una evapotranspiración potencial (ETP) como entradas y proporciona un desagüe a la salida de la subcuenca” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

#### 5.20.3. Ríos

Diferentes objetos Rivers son propuestos por RS MINERVE:

**Ilustración 2**  
**Ríos, RS MINERVE**



**Fuente: Elaboración propia.**

#### 5.20.3.1. Lag-Time

Calcula una transición de río basada en un tiempo de retraso, pero no produce ninguna atenuación del caudal.

#### 5.20.3.2. Kinematic Wave

“El flujo se transfiere en base a las ecuaciones de onda cinemática” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

### 5.20.3.3. Muskingum-Cunge

El flujo se transfiere en base a Muskingum – Cunge, ecuaciones.

### 5.20.3.4. St-Venmant

“El flujo se transfiere en base a las ecuaciones de St - Venant. Los objetos estándar son complementarios, pero generalmente necesarios para alimentar, estructurar y calibrar el modelo” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

### Ilustración 3 Objetos estándar



Fuente: Elaboración propia.

### 5.20.3.5. Juntion

“Este objeto permite calcular la suma de diferentes entradas de flujo (también procedentes de infraestructuras hidráulicas)” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

### 5.20.3.6. Time Series

“Los datos se pueden proporcionar al modelo como series de tiempo (tiempo en segundos). Los datos de cualquier tipo (Caudal, Temperatura, Precipitación, Etc.) pueden transferirse directamente a otros objetos” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

### 5.20.3.7. Source

“Los datos también se pueden cargar desde una base de datos. Las fuentes se utilizan principalmente para definir series temporales de caudal para caudal de turbina o bomba y como caudal de referencia para calibración con un objeto Comparador” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

### 5.20.3.8. Comparator

“Este objeto se utiliza para comparar los resultados de una simulación con un dato de referencia provenientes de otro objeto, generalmente una Fuente” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

### 5.20.3.9. Submodel

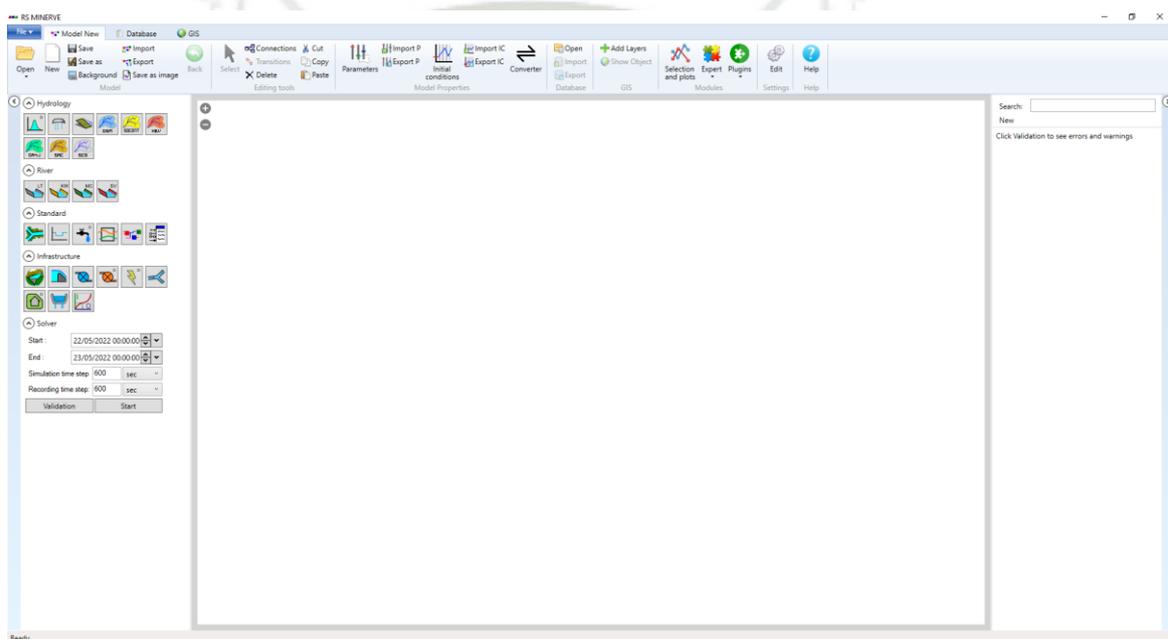
“Una combinación de objetos se puede guardar como un submodelo e integrar como tal en un modelo” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

### 5.20.3.10. Group interface

“Permite transferir las variables de entrada o salida entre diferentes niveles jerárquicos” (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017).

**Figura 48**

### Esquema de Máximas Avenidas con RS-MINERVE



**Fuente: Elaboración propia.**



**CAPITULO VI**  
**MODELO HIDRAULICO**

## 6. Modelo Hidraulico

### 6.1. Software HEC – RAS

EL Modelo HEC-RAS 2D, es un software libre para realizar la modelación hidráulica de cauces, puede determinar el tirante de agua y velocidad en cualquier punto del cauce de un río y áreas de probable inundación. 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 río y áreas de probable inundación. (Brunner & Gary, 2010)

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 puede realizar actualmente el transporte de sedimentos en áreas de flujo bidimensional. (Lluén, 2015)

#### 6.1.1. Ecuación gobernante de 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. (Lluén, 2015)

Las ecuaciones conservativas de continuidad y cantidad de movimiento de Saint-Venant Bidimensional considera lo siguiente:

- Flujo newtoniano ( $\nu_{agua} = 10^{-3} Pa.s$ )
- Distribución de la velocidad en toda profundidad
- Velocidad y aceleración vertical son despreciables ( $w=0$  m/s &  $a_z=0$  m/s<sup>2</sup>)
- Flujo incompresible ( $\rho_{agua} = 1000$  Kg/m<sup>3</sup>)
- Flujo no permanente (variación de caudal en el tiempo)
- Efecto de Coriolis

## 6.1.2. Capacidades y ventajas de HEC – RAS 2D

### 6.1.2.1. 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” (Lluén, 2015).

### 6.1.2.2. 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. (Lluén, 2015)

### 6.1.2.3. 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 crítico Súper crítico y Mixto” (Lluén, 2015).

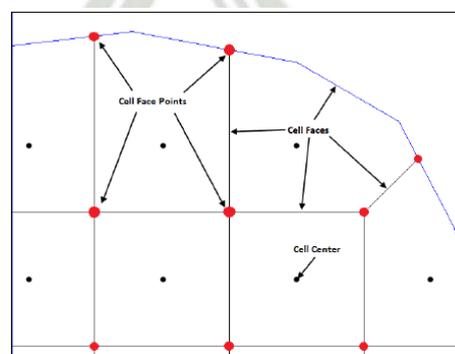
### 6.1.2.4. Algoritmo de solución para el acoplamiento de modelos 1D y 2D

“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 flujo 1D y 2D” (Lluén, 2015).

### 6.1.2.5. Mallas computacionales estructuradas y no estructuradas

**Figura 49**

**Elementos que Componen la Malla en HEC - RAS**



**Fuente: Lluén, (2015).**

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. (Brunner & Gary, 2010)

#### 6.1.2.5.1. 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” (Brunner & Gary, 2010).

#### 6.1.2.5.2. 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. (Brunner & Gary, 2010)

#### 6.1.2.5.3. Ecuación de continuidad 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. (Brunner & Gary, 2010)

Ecuación de cantidad de movimiento en el eje x

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + \mu_t \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f_v$$

Ecuación de cantidad de movimiento en el eje y

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + \mu_t \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v + f_u$$

Donde.

- Cf: Coeficiente de fricción de fondo del lecho

#### 6.1.2.5.4. 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” (Brunner & Gary, 2010).

#### Fórmula 34

#### Coeficiente de viscosidad de turbulencia

$$\mu_t = Dh \left[ \frac{n \sqrt{g(u^2 + v^2)}}{R^{1/6}} \right]$$

Donde:

- $\mu_t$ : 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

**Tabla 13**  
**Valores de la Constante Adimensional “D”**

<b>Grado de Turbulencia</b>	
Pequeño	Superficies de lecho de fondo suaves
Moderado	Superficies de lecho de fondo moderadamente irregulares
Fuerte	Superficie de lecho de fondo muy rugosos

**Fuente: Brunner & Gary, (2010).**

La constante gravitatoria “g”:

**Fórmula 35**

**Constante gravitatoria**

$$g = 9.780326 \left( \frac{1 + k \sin^2 \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \right)$$

Donde:

- **k**: Constante gravitatoria normal ( $k = 0.0019318$ )
- **e**: Excentricidad de la tierra ( $e = 0.00669438$ )
- **$\varphi$** : Latitud del centro del área de flujo 2D en grados decimales

#### 6.1.2.5.5. Efecto Coriolis

“Hec Ras considera un efecto de coriolis que al multiplicar con la velocidad al eje x y y ajustan al modelo hidráulico” (Brunner & Gary, 2010).

**Fórmula 36**

**Efecto Coriolis**

$$f = 2\omega \sin \varphi$$

Donde:

- **$\omega$** : velocidad angular sideral del terreno,  $\omega = 0.000072911/s$

- $\varphi$ : Latitud del centro del área de flujo 2D en grados decimales

### 6.1.2.5.6. Coeficiente de fricción de fondo de lecho

“Hec Ras 2D se basa en la formulación de Chezy, Manning – Strickler”  
(Brunner & Gary, 2010).

#### Fórmula 37

Coeficiente de fricción de fondo de lecho

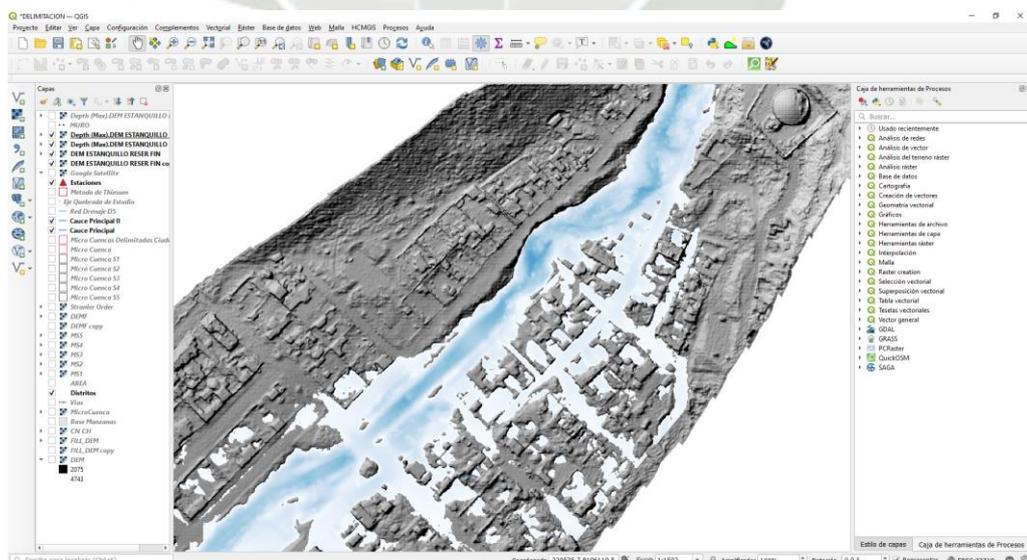
$$C_f = \frac{n^2 g \sqrt{u^2 + v^2}}{R^{4/3}}$$

Donde:

- n: Coeficiente de rugosidad de Manning
- g: Aceleración de la gravedad
- $u, v$ : Velocidad de flujo en las direcciones x y y
- h: Radio Hidráulico

Figura 50

Presentación de la inundación con Qgis en la quebrada Ciudad de Dios – agua arriba  
– HEC RAS

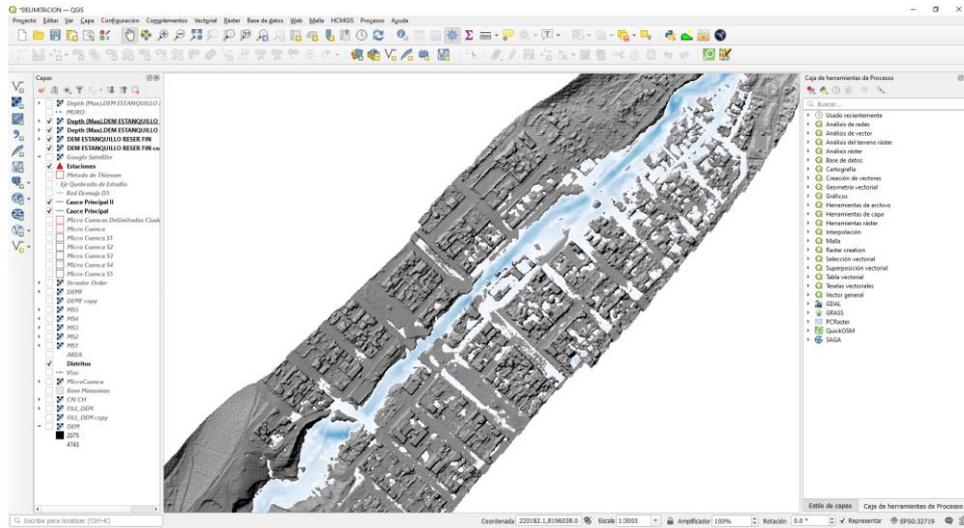


Fuente: Elaboración propia.

La figura 50 muestra la inundación aguas arriba con el software hec ras.

**Figura 51**

**Presentación de la inundación con Qgis en la quebrada Ciudad de Dios – agua abajo  
– HEC RAS**



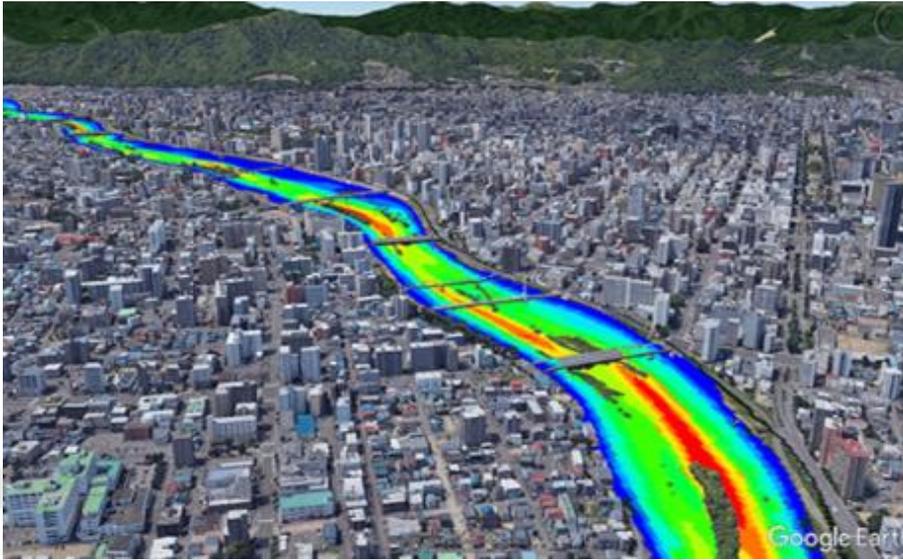
**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 51 muestra la modelación hidráulica con el software hec ras para un periodo de retorno de  $T=100$  años

## 6.2. Software IRIC

El software iRIC es una plataforma de simulación numérica gratuita que admite una amplia variedad de solucionadores computacionales para problemas en la ciencia y la ingeniería del agua. El software comenzó como una herramienta de análisis de flujo de río y morfodinámica, pero ahora se ha expandido para tratar un conjunto mucho más amplio de problemas que incluyen predicciones de inundaciones, generación de escorrentía de lluvia, propagación de tsunamis, flujos de escombros, evaluación de hábitat y más. (IRIC Software, 2020)

#### Ilustración 4 Software IRIC



Fuente: IRIC Software, (2020).

##### 6.2.1. Ecuación de gobernante bidimensional 2D de Navier-Stokes

En general, la ecuación gobernante de un fluido depende del tipo de modelo hidráulico; un modelo bidimensional 2D (Modelo Hidráulico IRIC) necesita el campo de velocidades, y obtener la variación espacial y temporal del tirante hidráulico de flujo de avenida. Las ecuaciones conservativas de continuidad y cantidad de movimiento de Navier-Stokes Bidimensional considera lo siguiente. (IRIC Software, 2020)

- Flujo newtoniano
- Distribución de la velocidad en toda la profundidad
- Velocidad y aceleración vertical son despreciables
- Flujo incompresible
- Flujo No permanente

Ecuaciones de continuidad de lámina libre bidimensional

Esta ecuación representa la expresión del principio físico de conservación de la masa líquida en un fluido, en su forma conservativa (volumen de control fijo) y diferencial según:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0$$

Donde:

- h: Tirante de agua
- u: Velocidad en el eje “x”
- v: Velocidad en el eje “y”
- T: tiempo

### 6.2.2. Modelo de diferencias finitas de flujo con IRIC

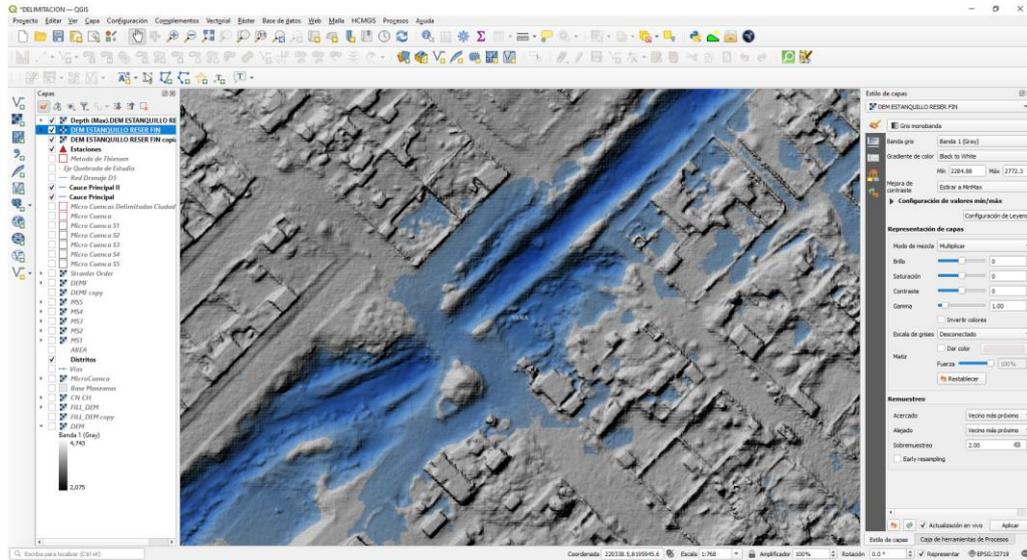
El solucionador Nays2DFlood (Navier y Stokes Flujo en 2D), utiliza el método de diferencias finitas de McCormack para el desarrollo matemático de la ecuación de Navier-Stokes, para el cálculo de las distintas magnitudes vectoriales y escalares hidráulicas, para un tránsito de cauce. Las ecuaciones básicas de flujo en coordenadas rectangulares por motivos de una mejor aproximación en el proceso de cálculo, deberán ser transformados, en sistemas de coordenadas curvilíneas covariantes, en el proceso de discretización del dominio (topografía de terreno). (IRIC Software, 2020)

#### 6.2.2.1. Método de McCormack en las ecuaciones de Navier-Stokes del Modelo IRIC por series de Taylor

Ya que el modelo IRIC trabaja en coordenadas curvilíneas, las ecuaciones diferenciales parciales no lineales de diferencias finitas según el procedimiento planteado por McCormack son invariantes (no cambian) en el espacio y tiempo.

**Figura 52**

**Configuración Geométrica de la introducción de las Alcantarillas (Culvert) - 01**

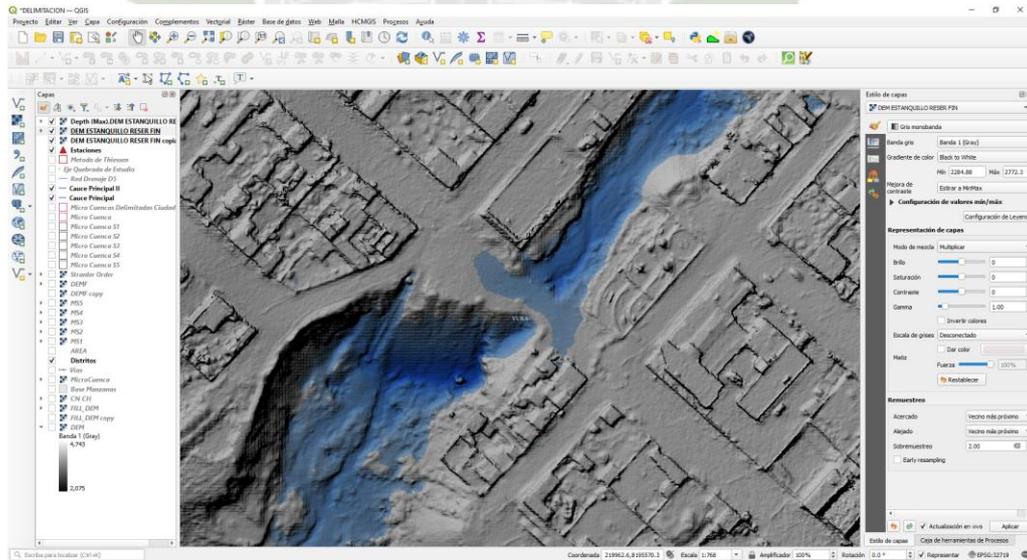


**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 52, presenta la mancha de inundación en la quebrada ciudad de Dios.

**Figura 53**

**Configuración Geométrica de la introducción de las Alcantarillas (Culvert) - 02**

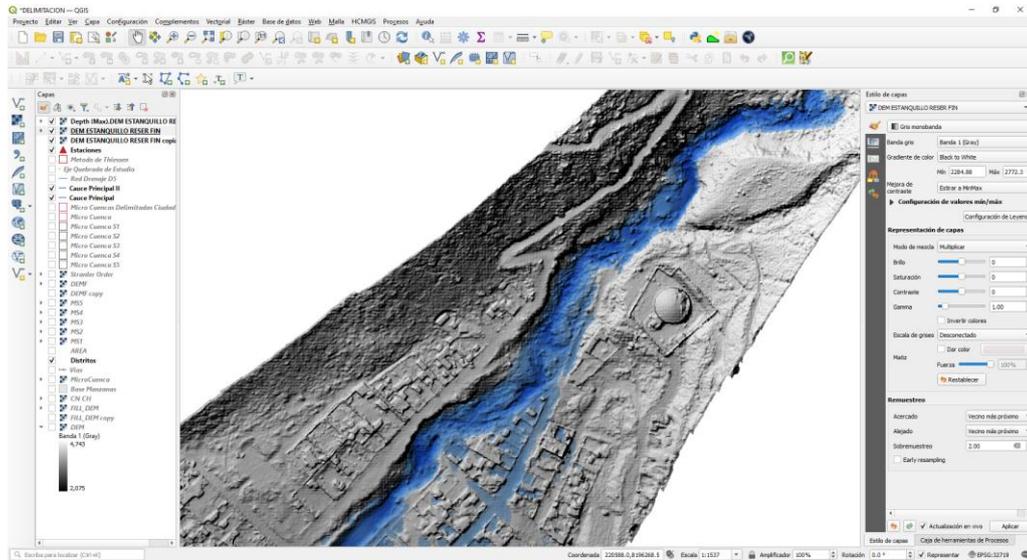


**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 53, muestra la mancha de inundación en la parte aguas debajo de la quebrada ciudad de Dios.

**Figura 54**

**Presentación de la inundación con Qgis en la quebrada Ciudad de Dios – agua arriba  
- IRIC**

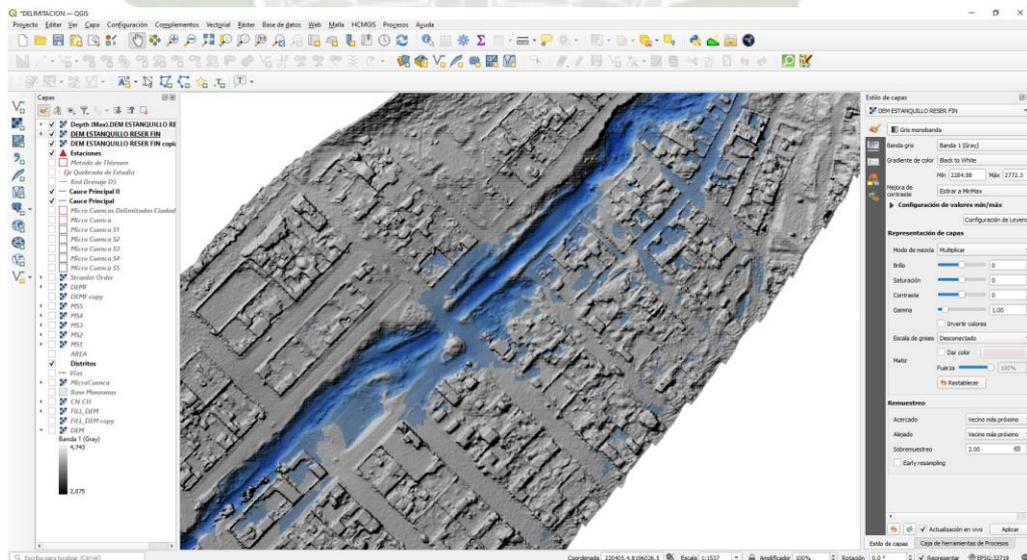


**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 54, muestra el ráster de tirantes en la quebrada ciudad de Dios.

**Figura 55**

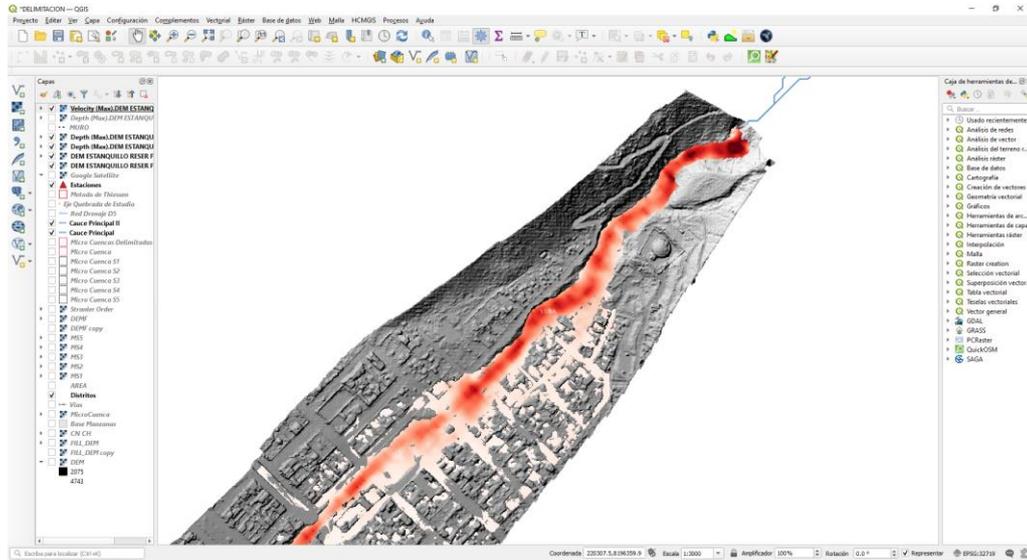
**Presentación de la inundación con Qgis en la quebrada Ciudad de Dios – aguas abajo**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 55, presenta la mancha de inundación aguas debajo de la quebrada Ciudad de Dios.

**Figura 56**  
**Presentación de la inundación con Qgis (Velocidades máximas en la quebrada Ciudad de Dios)**



**Fuente: Elaboración propia.**

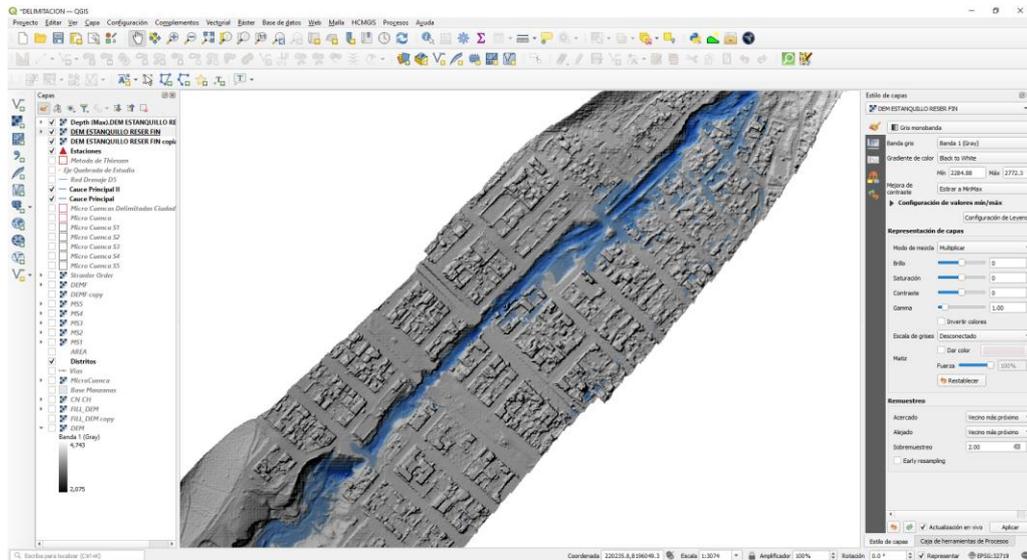


## **CAPITULO VII**

### **QUEBRADA CIUDAD DE DIOS**

## 7. Quebrada Ciudad de Dios

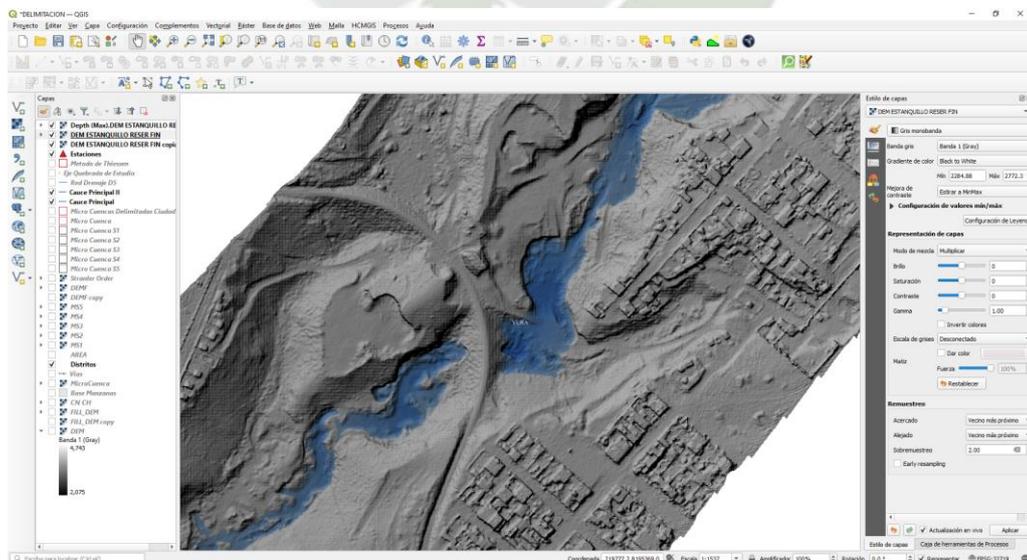
**Figura 57**  
**Modelo Digital de Terreno – Vista QGIS**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 56, muestra los niveles de tirantes y manchas de inundación en la quebrada Ciudad de Dios.

**Figura 58**  
**Modelo Digital del Terreno con HEC - RAS**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 57, muestra los niveles de tirantes y manchas de inundación en la quebrada Ciudad de Dios aguas abajo.

### 7.1. Flujos hiperconcentrados, flujos de barro y flujos de huayco

Las conocidas características pulsantes de los flujos hiperconcentrados y huaicos, están asociadas a la respuesta hidrológica que las lluvias de alta intensidad y corta duración. En este sentido, para fines de diseño de ingeniería, es razonable el procedimiento de construir un hidrograma de evento de huaico a partir del hidrograma de agua. (Ibañez Asensio et al., 2011)

### 7.2. Caracterización reológica y dinámica de los flujos en las torrenteras

Se establece la necesidad de determinar la probabilidad de que se produzcan o no los flujos de huaicos en cuencas de quebradas y torrentes, y para ello demanda verificar la existencia de pendientes pronunciadas, disponibilidad suficiente de materiales detríticos y facilidad de movilización, así como la suficiencia de agua para desencadenar el flujo de huaicos. (Ibañez Asensio et al., 2011)

### 7.3. Estimación de los caudales picos de flujos de huaycos en las torrenteras

“Para los estimados de la concentración volumétrica de sólidos (piedras, gravas, arenas y finos), se aplicó las fórmulas propuestas por Takahashi, suponiendo un flujo estable en movimiento” (Ibañez Asensio et al., 2011).

#### Fórmula 38

#### Estimación de los caudales picos de flujos

$$C_v = \frac{\gamma_b S}{(\gamma_s - \gamma_b)(tg\phi - S)}$$

Donde:

- $\gamma_b$  : Peso específico del barro
- $\gamma_s$  : Peso específico del material solido
- S: Pendiente media del cauce de la quebrada
- $\phi$  Angulo de fricción interna del material solido

**7.3.1. El caudal máximo de flujo de barro respecto al caudal de agua y material en suspensión es:**

**Fórmula 39**

**caudal máximo de barro**

$$Q_b = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s - \gamma_b} Q_i$$

Donde:

- $\gamma$  : Peso específico del agua
- $Q_i$  : caudal máximo del agua
- $Q_b$  : caudal máximo de barro

**7.3.2. El caudal máximo del flujo de huayco en condición saturada resulta:**

**Fórmula 40**

**caudal máximo del flujo de huayco**

$$Q_h = \frac{C^*}{C^* - C_v} Q_i$$

Donde:

- $C^*$  : Concentración máxima de material sólido en reposo

## **7.4. Análisis de Vulnerabilidad para la lluvia histórica**

### **7.4.1. Problemática de la torrentera Chullo**

La torrentera Chullo es una quebrada que se forma por la confluencia de las quebradas Gamarra, Quesquemania y Pastoraiz las cuales tienen su origen en el flanco sur del Complejo Volcánico Chachani, a una altitud de 4300 ms.n.m. Tiene un recorrido aproximado de 20 km desde sus inicios hasta su desembocadura en el río Chili. Generalmente es una quebrada con poca afluencia de agua, pero, puede transportar grandes volúmenes de agua durante el periodo de lluvias. (Arenas Neira, 2019)

Con Oficio N° 106-2020-DDCPD-GPSC-MDY, el jefe de la División de Defensa Civil y Prevención de la Municipalidad Distrital de Yanahuara-Arequipa, solicitó una inspección técnica de la torrentera Chullo, en el tramo entre la Calle Grande hasta el cruce de la Av. Metropolitana con Víctor Andrés Belaunde, del distrito de Yanahuara. (Municipalidad Distrital de Yura, 2015)

“El director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, asignó a los ingenieros Rigoberto Aguilar y David Valdivia, para realizar dicha opinión técnica con base en una inspección de campo, realizada del 29 de octubre del 2020” (Arenas Neira, 2019).

## **7.5. Antecedentes**

El informe técnico N° A7040 “Inspección geológica y evaluación de daño en los distritos de Paucarpata, Socabaya, Jacobo Hunter, Cerro Colorado y Yanahuara afectados por huaicos del 23 al 25 de febrero del 2020”, realizado en el año 2020. Considerando las características geodinámicas de la quebrada Chullo, se concluye que esta quebrada es afectada por flujos de detritos y lahares que descienden en temporadas de lluvia y generan socavamiento de las laderas, bases de muros de contención, así como bases de las viviendas. (Aguilar & Valdivia, 2020)

Figura 56

## Torretera Chullo – Vulnerabilidad Lluvia Histórica



Fuente: Elaboración propia.

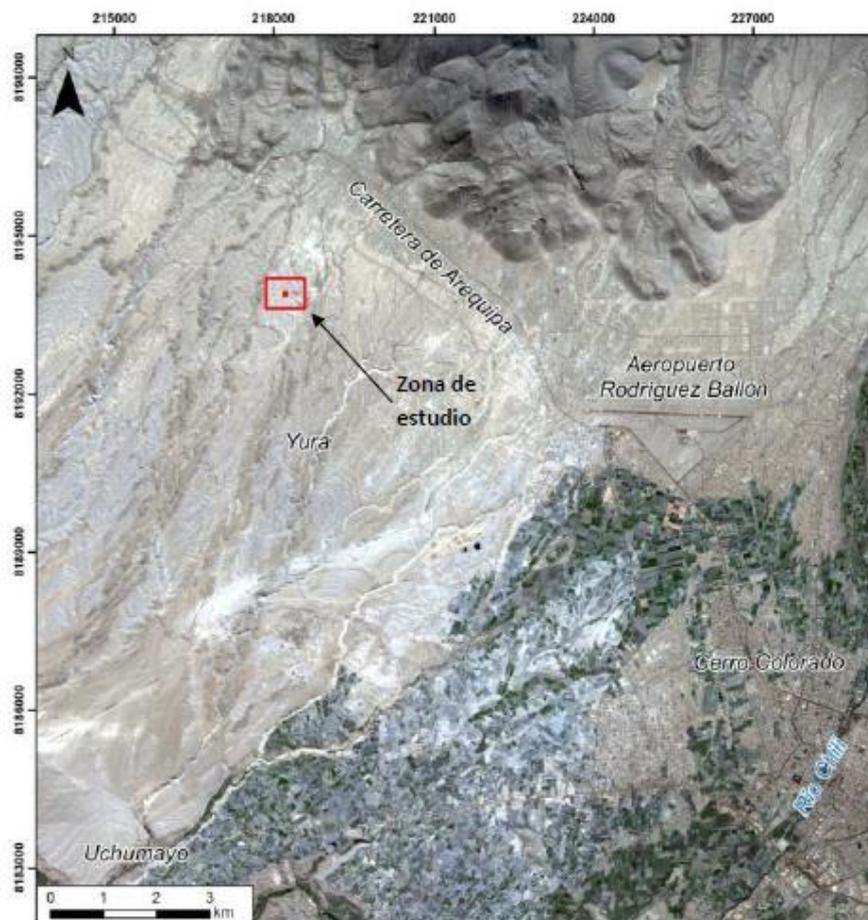
Sector Puente Primavera, distrito Yanahuara. a) muro de contención antiguo y debilitado por la erosión de los huaicos. b) pared socavada por los huaicos. c) fracturas en las paredes de las casas a causa de los asentamientos producidos por la socavación en el lecho de la quebrada. d) depósitos de lahares dentro de la quebrada. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2020)

#### 7.6. Evaluación de los peligros Geológicos en el sector Yura

Se realizó una inspección de campo el 6 de abril en el predio y alrededores, ubicado en el distrito de Yura, provincia y departamento de Arequipa. En los trabajos de campo se reconocieron variados depósitos volcánicos relacionados a eventos volcánicos pasados y se evaluaron probables impactos que pudiera generar una eventual erupción del volcán Misti. Todo ello a fin de realizar la estimación del riesgo y evaluación de peligros de la zona en estudio. (Manrique, 2015)

Figura 57

## Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio - INGEMMET



Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, (2020).

### 7.7. Geomorfología

Geomorfológicamente, el predio se encuentra localizado sobre una extensa planicie (Figura 4) de pendiente baja ( $\sim 15^\circ$ ), que corresponde a depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza (ignimbrita), el cual se extiende entre los 2500 y 2550 msnm. Esta unidad en su extremo este y oeste, a 150 m y 620 m, respectivamente, está surcada por dos quebradas S/N que provienen del volcán Chachani. La quebrada del oeste tiene entre 10 a 15 m de ancho y de 20 a 30 m de profundidad, mientras que la del sector este tiene aproximadamente 10 m de profundidad, y con anchos variables de 7 y 11 m. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2020)

### **7.8. Tipo de Suelo**

El sector mencionado presenta un suelo con espesor muy pobre en materia orgánica, y de muy pocos centímetros de espesor. Incluso en algunos sectores en inmediaciones del predio no hay presencia de suelo. Dicho suelo, en el mencionado predio y sus alrededores es areno-limoso, color marrón, poco consolidado, y por consiguiente fácilmente erosionable. Este suelo recubre depósitos de flujos piroclásticos de pómez y ceniza (ignimbrita salmón o sillar), englobados en una matriz de ceniza fina a media. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2020)

### **7.9. Peligro por lahares o flujos de lodo (huayco) y desbordes**

Los flujos de lodo son mezclas de partículas volcánicas de tamaños diversos movilizados por el agua. En caso de la ocurrencia de lluvias intensas durante erupciones, e incluso en periodos no eruptivos, pueden generarse lahares o flujos de lodo que podrían descender preferentemente por las quebradas o torrenteras, como San Lázaro, Huarangal, Pastores, Agua Salada, Honda, entre otras, que drenan por el flanco sur del volcán Misti, ya que existe un importante volumen de depósitos de cenizas sueltas y material aluvial en los cauces de las quebradas y en los flancos del volcán Misti. La frecuencia de ocurrencia de este tipo de eventos es alta, cada 100 a 200 años, aproximadamente. El predio se encuentra localizado a 11 km de los depósitos de lahares originados por el volcán Misti, por lo cual no se vería afectado por lahares del volcán Misti en una futura reactivación. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2020)

**Figura 58**

**Población asentada cerca al domo del Aeropuerto**



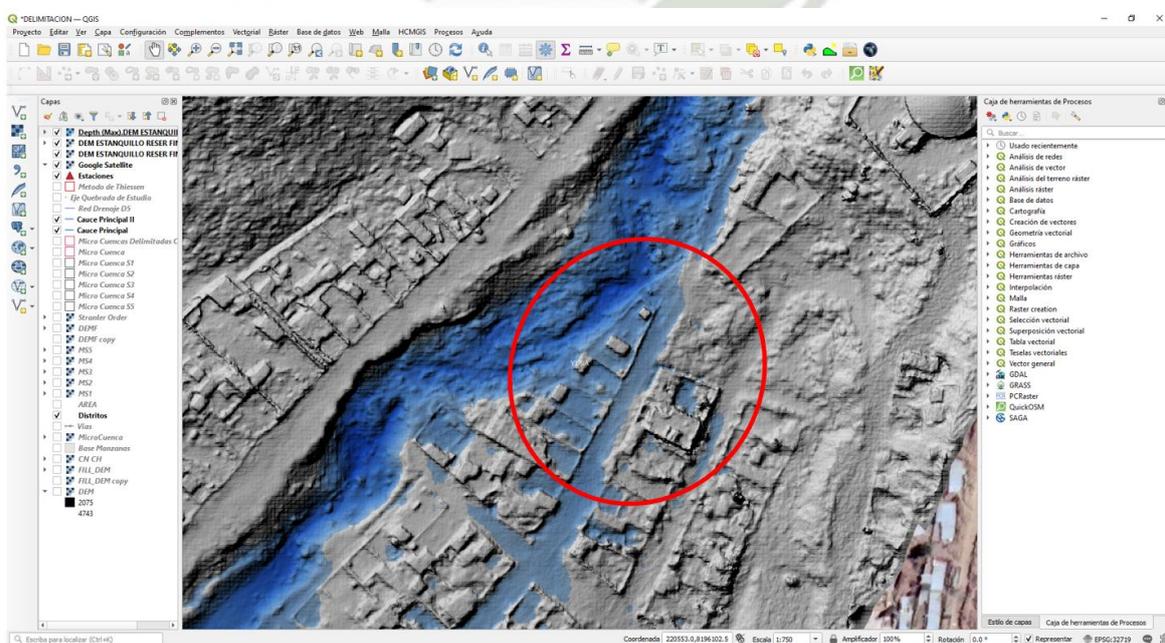
Fuente: Manrique, (2015).

**7.10. Calibración por huella hídrica**

La calibración se desarrolló teniendo en cuenta la visita a campo a la zona de estudio (Fig. 59), teniendo en cuenta fechas de máximas avenidas como el año 2013. Se verifico la mancha de inundación con el modelo numérico IRIC y representada con el Software Qgis para representar dicho evento como: niveles de tirante y zonas de inundación como parte de entrevistas realizadas en campo y pobladores.

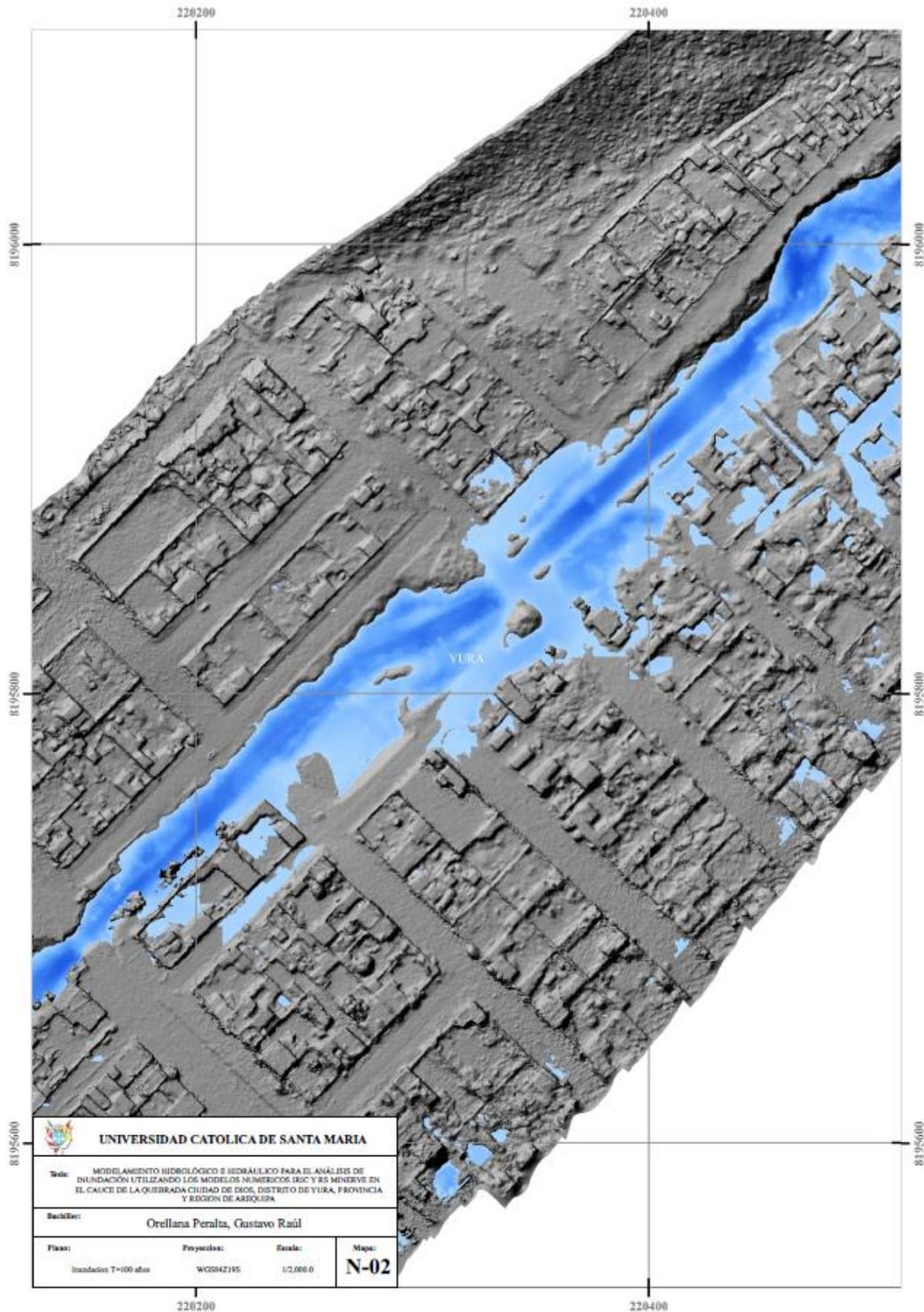
**Figura 59**

**Calibración con Huella Hídrica**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 60**  
**Mapa de Inundación – Quebrada Ciudad de Dios**



**Fuente: Elaboración Propia**



**CAPITULO VIII**  
**MUROS DE GRAVEDAD**

## 8. MUROS DE GRAVEDAD

### 8.1. Propuesta técnica de solución

- 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 resultante de las cargas debe caer dentro del tercio medio de la base. (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017)

Generalmente las fuerzas de empuje lateral o presión activa pueden ser calculadas por 2 métodos conocidos:

- Método de Coulomb
- Método de Rankine. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)

### 8.2. Verificación de estabilidad y resistencia

- Ubicar puntos críticos
- Cálculo 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. (Carvajal Pérez & Galindo García, 2017)

### 8.3. 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” (Chávez, Peralta, 2015).

### 8.4. Diseño – Redimensionamiento

Para conocer las características geotécnicas del área de estudio se utilizó el estudio de Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Arequipa. El diseño del muro de gravedad para sostener un relleno de 4.0 m, ya que la altura a proteger es de 3m. Y cuya inclinación con la horizontal es de  $\beta=10$ .

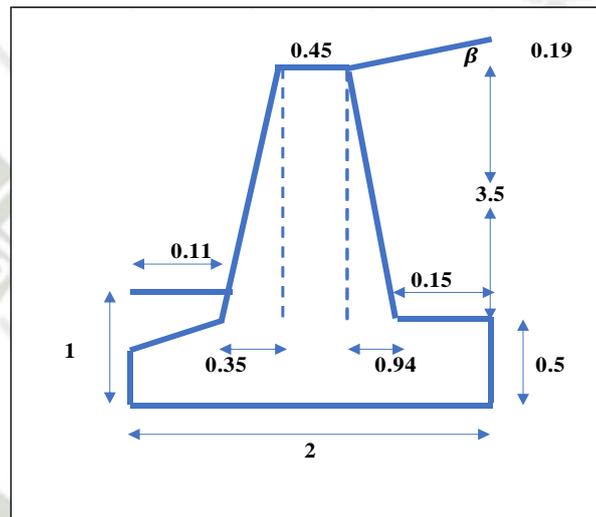
La base del muro tiene un Angulo de fricción de  $\phi=32^\circ$  y peso unitario  $1.6.0 \text{ Tn/m}^3$ , la capacidad portante  $\sigma=1.0 \text{ Kg/cm}^2$

El relleno es de un material propio de  $\gamma=1.47 \text{ Tn/m}^3$  y  $\phi=32^\circ$

El peso unitario del concreto es de  $\gamma_c=2.3 \text{ Tn/m}^3$  y cuya resistencia a la compresión es de  $f_c=140 \text{ Kg/cm}^2$ . (Chávez, Peralta, 2015)

**Figura 61**

**Diseño de Muro de Gravedad**



**Fuente: Elaboración Propia**

**8.4.1. Coeficientes de presiones activas y pasivas**

**8.4.1.1. Coeficiente de presión activa: RANKINE**

**Fórmula 41**

**Coeficiente de presión activa**

$$K_a = \cos \beta * \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$

$$K_a = \cos 10 * \frac{\cos 10 - \sqrt{\cos^2 10 - \cos^2 32}}{\cos 10 + \sqrt{\cos^2 10 - \cos^2 32}}$$

$$K_a = 0.321$$

**8.4.1.2. Coeficiente de presión pasiva:**

**Fórmula 42**

**Coeficiente de presión pasiva**

$$K_p = \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)^2$$

$$K_p = \tan\left(45 + \frac{32}{2}\right)^2$$

$$K_p = 3.255$$

**8.4.1.3. Empuje activo**

**Fórmula 43**

**Empuje activo**

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} 1.60 * 4.0^2 * 0.321$$

$$E_a = 4.51 \text{ Tn/m}$$

Empuje horizontal = 4.44 Tn/m

Empuje Vertical = 0.78 Tn/m

**8.4.1.4. Momento actuante:**

**Fórmula 44**

**Momento actuante**

$$M_O = E_H \left(\frac{H}{3}\right)$$

$$M_O = 4.44 * \left(\frac{4.0}{3}\right)$$

$$M_O = 6.21 \text{ Tn} - \text{m}$$



#### 8.4.2.1. Seguridad por volteo

##### Fórmula 45

Seguridad por volteo

$$F_S = \frac{\sum M_R}{M_O}$$

$$F_S = \frac{15.49}{6.21 - 0.80}$$

$$F_S = 3.16 > 1.75 \quad \text{OK!}$$

#### 8.4.2.2. Seguridad por deslizamiento

##### Fórmula 46

Factor de fricción

$$f = \tan \frac{2}{3} * \phi$$

$$f = \tan \frac{2}{3} * 32$$

$$f = 0.396$$

##### Fórmula 47

Fuerza resistente

$$F_r = f * \sum F_v$$

$$F_r = 0.396 * 15.49$$

$$F_r = 6.05 \text{ Tn}$$

##### Fórmula 48

Factor de seguridad al deslizamiento

$$F_S = \frac{F_r + P_p}{F_h}$$

$$F_S = \frac{6.05 + 2.39}{4.44}$$

$$F_s = 1.90 > 1.5 \quad OK!$$

#### 8.4.3. Las presiones que actúan en la base del muro

##### Fórmula 49

##### Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_r - \sum M_o}{\sum W}$$

$$e = \frac{2.0}{2} - \frac{16.98 - 5.69}{15.49}$$

$$e = 0.27 < \frac{B}{6} \quad OK!$$

##### Fórmula 50

##### Presión en el terreno

$$q_u = \frac{\sum W}{B} \left( 1 + \frac{6e}{B} \right)$$

$$q_u = \frac{15.49}{2.0} \left( 1 + \frac{6 * 0.27}{2.0} \right)$$

$$q_u = 14.66 \text{ Tn/m}^2$$

$$q_u = 0.83 \text{ Tn/m}^2$$

#### 8.4.3.1. Localización de la resultante en la base

$$Q_u = \frac{(q_1 + q_2)}{2} * B$$

$$Q_u = \frac{(16.66 + 0.83)}{2} * 2.0$$

$$Q_u = 15.49 \text{ Tn/m}$$

$$x = \frac{1}{3} \left( \frac{2 * q_2 + q_1}{q_1 + q_1} \right) B$$

$$x = \frac{1}{3} \left( \frac{2 * 1.51 + 13.92}{13.92 + 1.51} \right) B$$

$$x = 0.702 \text{ m}$$

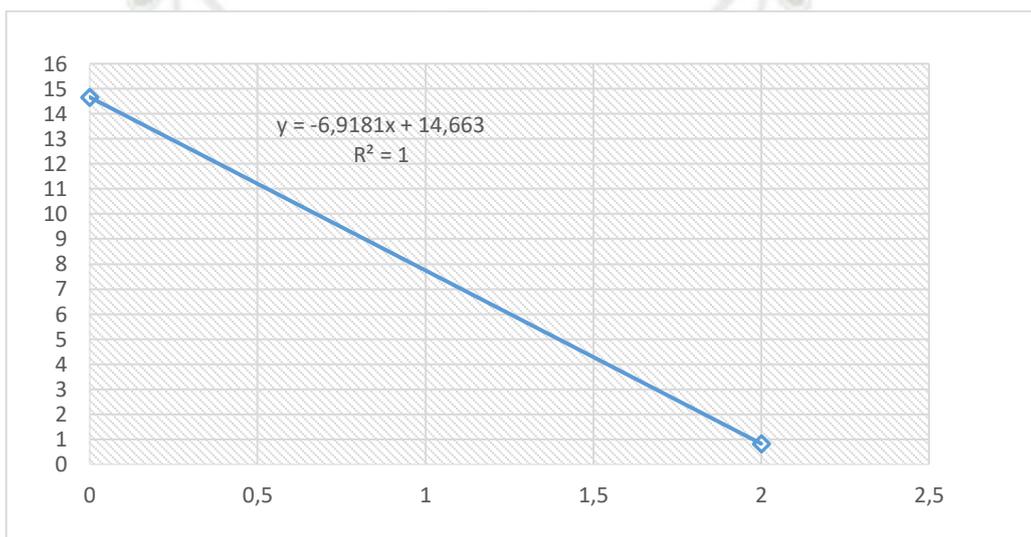
#### 8.4.4. Verificamos las tensiones

Se producen en el concreto en el punto “A” a una distancia de  $X=0.11$  del punto de intersección. 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. (Astorayme Valenzuela et al., 2015)

$$q_x = -6.918x + 14.663$$

#### Ilustración 5

#### Tensiones



Fuente: Elaboración propia.

Por consiguiente:

$$dV_x = q_x dx \rightarrow \text{Ecuación para hallar cortes}$$

$$dM_x = V_x dx \rightarrow \text{Ecuación para hallar Momentos}$$

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)

$$\int_0^{V_x} dV_x = \int_0^x (-6.9181x + 14.663) dx \rightarrow V_x = -6.9181 \frac{x^2}{2} + 14.663x$$

$$\int_0^{M_x} dM_x = \int_0^x \left( -6.9181 \frac{x^2}{2} + 14.663x \right) dx \rightarrow -6.9181 \frac{x^3}{6} + 14.633 \frac{x^2}{2}$$

Entonces, si  $x=0.11 \rightarrow V=1.60 \text{ Tn/m}$ ,  $M=0.1 \text{ Tn-m}$

8.4.4.1. El esfuerzo del concreto admisible del concreto es:

**Fórmula 51**

**Esfuerzo del concreto admisible**

$$f_c = 0.53\phi\sqrt{f_c} \quad \phi = 0.85, \quad f_c = 140Kg/cm^2$$

$$f_c = 5.33 Kg/cm^2$$

8.4.4.2. El esfuerzo de corte producido por el concreto en el muro es:

**Fórmula 52**

**Esfuerzo de corte**

$$V = \frac{v}{bh}$$

$$V = 0.30 Kg/cm^2$$

Se tiene que verificar que:  $V_c > V \rightarrow OK!$

8.4.4.3. El esfuerzo de tracción que se produce en la intersección:

**Fórmula 53**

**Esfuerzo de tracción**

$$f_t = \frac{6M}{bh^2}$$

$$f_t = 3.62 Kg/cm^2$$

8.4.4.4. El admisible es: (tracción permisible)

**Fórmula 54**

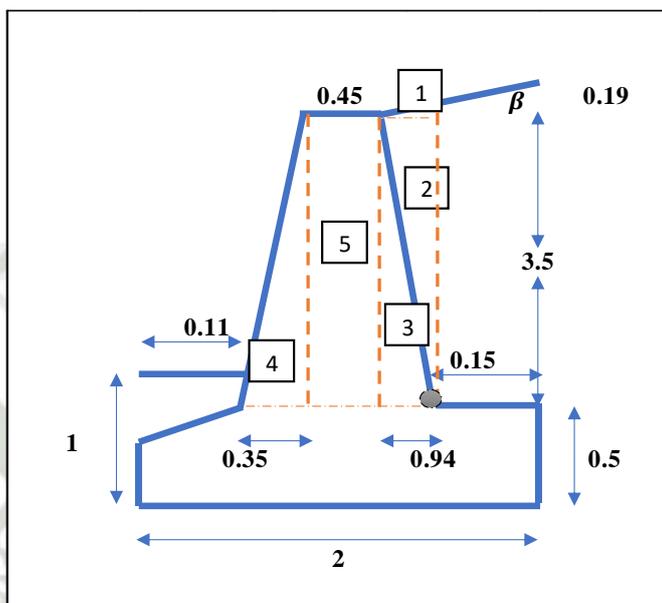
**Esfuerzo de tracción permisible**

$$f_{tp} = 1.33\phi\sqrt{f_c}$$

$$f_{tp} = 10.23Kg/cm^2$$

Figura 63

Diseño para Obra de Protección en el Sector de la Quebrada Ciudad de Dios – Muro de Gravedad



Fuente: Elaboración Propia

Se tiene que verificar que:  $f_{tp} > f_t \rightarrow OK!$

8.4.5. Verificamos los esfuerzos en la intersección del muro con la base

$$T = 0.35 + 0.94 + 0.45 = 1.74 \text{ m}$$

Se debe de cumplir que:

$$f_{cp} > f_c$$

Donde:

$f_{cp}$ : Esfuerzo de compresión admisible

Fórmula 55

Esfuerzo de compresión admisible

$$f_c = 0.85 \phi \sqrt{f_c}$$

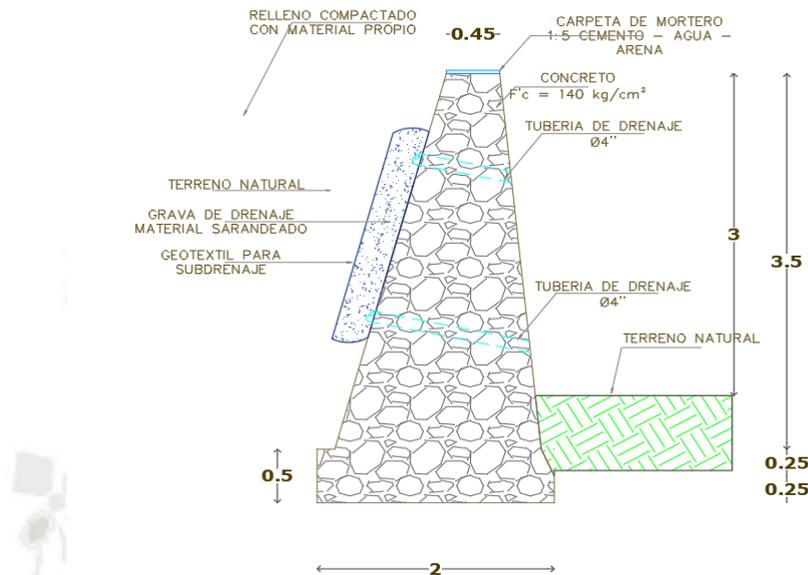
Donde:

$f_c$ : Compresión en la base "t"  $\phi = 0.7$

$$f_c = 7.04 \text{ Kg/cm}^2$$

**Figura 64**

**Obra de Protección en el Sector de la Quebrada Ciudad de Dios – Muro de Gravedad**



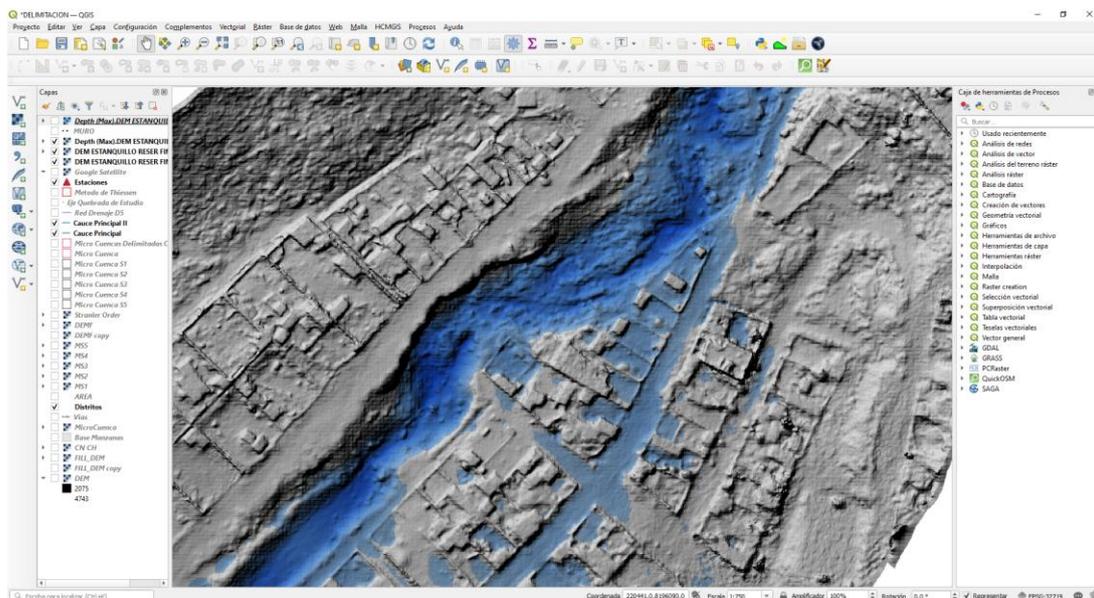
**Fuente: Elaboración Propia**

**8.5. Modelamiento con y sin proyecto**

El modelamiento del cauce quebrada Ciudad de Dios permitió conocer el nivel de inundación presente en la zona de estudio, como se puede observar en la Figura 62 se muestra que llega a calles y bermas afectando así a la población existente. Se tomo en cuenta el tirante y velocidades que van de 1 – 1.5 m y 2.0 – 3.5 m/s. de esta forma se diseñó muros de gravedad para realizar el encauzamiento como se evidencia en el modelamiento (Fig. 63) y de esta manera apaciguar el riesgo que lleva las máximas avenidas en la quebrada Ciudad de Dios.

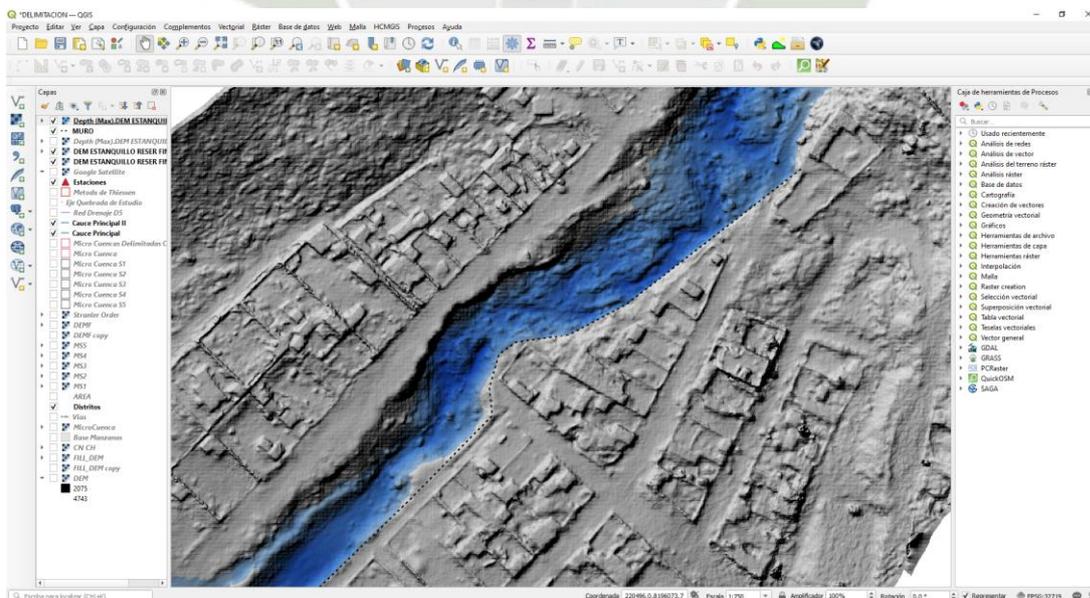
La presentación de la figura 64, se realizó en Qgis para la toma de decisiones frente a máximas avenidas en la zona de estudio para un periodo de retorno de 100 años.

**Figura 65**  
**Modelamiento de Inundación sin proyecto de obra de Tipo Rígido**



La figura 65, muestra la zona de inundación de la quebrada Ciudad de Dios y de esta manera puntos críticos para la realización de una obra de protección.

**Figura 66**  
**Modelamiento de Inundación con proyecto de obra de Tipo Rígido – Muro de Gravedad**



La figura 66, muestra la zona de inundación (puntos críticos) con la estructura de muros de gravedad en la zona de estudio (quebrada ciudad de Dios).



**CAPITULO IX**  
**COSTO, PRESUPUESTO Y**  
**PROGRAMACIÓN**

## 9. Costo, presupuesto y programación

### 9.1. Presupuesto

En el presente proyecto se analizó el costo de la Alternativa seleccionada de Obras de Tipo Rígido (Muro de Gravedad) y el tiempo de su respectivo tiempo de ejecución, utilizando el Software PowerCost Presupuestos V4 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. (Mijares, 2015)

### 9.2. 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. Con respecto a los volúmenes de tierra se presenta el metrado con la ayuda del Software Civil 3D. (Mijares, 2015)

**Ilustración 6**  
**Metrados**

Item	Descripción	Unidad	Metrado
<b>01</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>		
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 m	UND	1.00
01.02	CERCO CON MALLA ARPILLERA, H=2M	M	426.00
01.03	OFICINA, ALMACEN Y CASETA DE GUARDANIA PROVISIONAL	M2	116.00
01.04	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	UND	25.00
01.05	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	GLB	1.00
<b>02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS /TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA	GLB	1.00
02.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	410.00
02.03	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	410.00
02.04	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	M2	410.00
<b>03</b>	<b>MUROS DE CONTENCION</b>		
<b>03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
03.01.01	EXCAVACION MECANICA EN MURO DE CONTENCION CON RETROEXCAVADOR HASTA	m3	1,006.51
03.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO C/MAQUINARIA	m3	403.07
03.01.03	COMPACTACION DE TERRENO EN FONDO DE ZANJA DE ZAPATA C/EQUIPO	m2	410.00
<b>03.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE - MURO CICLOPEO</b>		
<b>03.02.01</b>	<b>CONCRETO EN MURO CICLOPEO</b>		
03.02.01.01	ZAPATAS EN MUROS DE CONTENCION: CONCRETO $f_c=140$ Kg/cm <sup>2</sup> C/EQUIPO	m3	202.13
03.02.01.02	MURO DE CONTENCION CICLOPEO $FC=140$ KG/CM <sup>2</sup> C/EQUIPO	m3	785.77
03.02.01.03	MURO DE CONTENCION CICLOPEO ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MURO	m2	1,679.19

Item	Descripción	Unidad	Metrado
<b>03.03</b>	<b>DRENAJES</b>		
03.03.01	GEOTEXTIL PARA SUBDRENES	m2	533.00
03.03.02	FILTRO DRENANTE	M3	61.50
03.03.03	TUBERIA CORRUGADA HDPE D=4"	M	180.40
<b>04</b>	<b>VARIOS</b>		
04.01	JUNTA DE DILATACION Y CONSTRUCCION CON TEKNOPORT	m	140.00
04.02	CURADO DE CONCRETO CON AGUA	M2	1,679.19
04.03	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	410.00

Partida	Descripción	Und	N°			Medidas			Parcial	Total
			Veces	Area	Largo	Ancho	Alto			
<b>01</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>									
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 m	UND							1.00	
	cartel de obra		1					1.00		
01.02	CERCO CON MALLA ARPILLERA, H=2M	M							426.00	
	Cerco Perimetrico		2		205.00			410.00		
	Cerco Perimetrico		2			8.00		16.00		
01.03	OFICINA, ALMACEN Y CASETA DE GUARDANIA PROVISIONAL	M2							116.00	
	Oficina Tecnica				4.00	5.00		20.00		
	Almacen				6.00	15.00		90.00		
	Caseta de Guardian				3.00	2.00		6.00		
01.04	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	UND							25.00	
	Personal de Obra		25					25.00		
01.05	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	GLB							1.00	
	Señalización		1					1.00		
<b>02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>									
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS /TRANSPORTE	GLB							1.00	
	Movilización y Desmovilización		1					1.00		
02.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2							410.00	
	Area de Trabajo				205	2.00		410.00		
02.03	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2							410.00	
	Area de Trabajo				205	2.00		410.00		
02.04	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	M2							410.00	
	Area de Trabajo				205	2.00		410.00		
<b>03</b>	<b>MUROS DE CONTENCIÓN</b>									
03.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>									
03.01.01	EXCAVACION MECANICA EN MURO DE CONTENCIÓN CON RETRO	m3							1006.51	
	Progresivas									
	0+355				4.91					
	0+360				4.30	5.00		23.03		
	0+365				4.97	5.00		23.18		
	0+370				4.83	5.00		24.49		
	0+375				2.71	5.00		18.85		
	0+380				3.05	5.00		14.40		
	0+385				6.77	5.00		24.54		
	0+390				5.06	5.00		29.56		
	0+395				4.23	5.00		23.23		
	0+400				4.19	5.00		21.07		
	0+405				4.41	5.00		21.51		
	0+410				5.03	5.00		23.60		
	0+415				3.98	5.00		22.52		
	0+420				5.08	5.00		22.63		
	0+425				6.32	5.00		28.48		
	0+430				4.75	5.00		27.66		
	0+435				5.93	5.00		26.71		

Partida	Descripción	Und	N°		Medidas			Parcial	Total
			Veces	Area	Largo	Ancho	Alto		
	0+440			8.63	5.00			36.41	
	0+445			5.73	5.00			35.89	
	0+450			5.85	5.00			28.94	
	0+455			4.83	5.00			26.69	
	0+460			4.03	5.00			22.14	
	0+465			3.14	5.00			17.92	
	0+470			4.38	5.00			18.81	
	0+475			3.05	5.00			18.58	
	0+480			3.59	5.00			16.60	
	0+485			4.95	5.00			21.35	
	0+490			4.76	5.00			24.27	
	0+495			6.34	5.00			27.76	
	0+500			6.67	5.00			32.54	
	0+505			5.00	5.00			29.17	
	0+510			3.00	5.00			19.99	
	0+515			6.08	5.00			22.69	
	0+520			5.73	5.00			29.51	
	0+525			5.03	5.00			26.90	
	0+530			4.15	5.00			22.93	
	0+535			3.77	5.00			19.79	
	0+540			4.85	5.00			21.54	
	0+545			4.51	5.00			23.40	
	0+550			5.20	5.00			24.28	
	0+555			6.60	5.00			29.50	
	0+560			6.80	5.00			33.50	
<b>03.01.02</b>	<b>RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO C/MAQUINARIA</b>	<b>m3</b>							<b>403.07</b>
	Progresivas								
	0+355			1.248					
	0+360		1.3	0.961	5.00			7.18	
	0+365		1.3	1.234	5.00			7.13	
	0+370		1.3	1.225	5.00			7.99	
	0+375		1.3	0.417	5.00			5.34	
	0+380		1.3	0.47	5.00			2.88	
	0+385		1.3	2.32	5.00			9.07	
	0+390		1.3	1.307	5.00			11.79	
	0+395		1.3	1.023	5.00			7.57	
	0+400		1.3	0.91	5.00			6.28	
	0+405		1.3	0.993	5.00			6.18	
	0+410		1.3	1.273	5.00			7.36	
	0+415		1.3	0.828	5.00			6.83	
	0+420		1.3	1.302	5.00			6.92	
	0+425		1.3	2.013	5.00			10.77	
	0+430		1.3	9.901	5.00			38.72	
	0+435		1.3	1.884	5.00			38.30	
	0+440		1.3	3.797	5.00			18.46	
	0+445		1.3	1.705	5.00			17.88	
	0+450		1.3	1.712	5.00			11.11	
	0+455		1.3	1.178	5.00			9.39	
	0+460		1.3	0.833	5.00			6.54	
	0+465		1.3	0.525	5.00			4.41	
	0+470		1.3	0.991	5.00			4.93	
	0+475		1.3	0.47	5.00			4.75	
	0+480		1.3	0.679	5.00			3.73	
	0+485		1.3	1.225	5.00			6.19	
	0+490		1.3	1.234	5.00			7.99	
	0+495		1.3	2.102	5.00			10.84	
	0+500		1.3	2.27	5.00			14.21	
	0+505		1.3	1.277	5.00			11.53	
	0+510		1.3	0.457	5.00			5.64	
	0+515		1.3	1.858	5.00			7.52	
	0+520		1.3	1.664	5.00			11.45	
	0+525		1.3	1.284	5.00			9.58	
	0+530		1.3	0.876	5.00			7.02	
	0+535		1.3	0.672	5.00			5.03	
	0+540		1.3	1.068	5.00			5.66	
	0+545		1.3	0.944	5.00			6.54	

Partida	Descripción	Und	N° Veces	Area	Medidas			Parcial	Total
					Largo	Ancho	Alto		
	0+550		1.3	1.319	5.00			7.35	
	0+555		1.3	2.078	5.00			11.04	
	0+560		1.3	2.217	5.00			13.96	
<b>03.01.03</b>	<b>COMPACTACION DE TERRENO EN FONDO DE ZANJA DE ZAPATA</b>	<b>m2</b>							<b>410.00</b>
	Area de fondo de zanja				205.00	2.00		410.00	
<b>03.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE - MURO CICLOPEO</b>								
<b>03.02.01</b>	<b>CONCRETO EN MURO CICLOPEO</b>								
<b>03.02.01.01</b>	<b>ZAPATAS EN MUROS DE CONTENCIÓN: CONCRETO <math>f_c=140</math> Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>m3</b>							<b>202.13</b>
	zapata para muro			0.99	205.00			202.13	
<b>03.02.01.02</b>	<b>MURO DE CONTENCIÓN CICLOPEO <math>f_c=140</math> KG/CM<sup>2</sup> C/EQUIPO</b>	<b>m3</b>							<b>785.77</b>
	Muro de contención			3.83	205.00			785.77	
<b>03.02.01.03</b>	<b>MURO DE CONTENCIÓN CICLOPEO ENCOFRADO Y DESENCOFR</b>	<b>m2</b>							<b>1679.19</b>
	Zapata de Muro		2		205		0.50	205.00	
	Cara de Zapata		2		2		0.50	2.00	
	Cara 1 Muro				205.00		3.52	721.60	
	Cara 2 de Muro				205.00		3.62	742.92	
	Lado de Muro		2	3.83				7.67	
<b>03.03</b>	<b>DRENAJES</b>								
<b>03.03.01</b>	<b>GEOTEXTIL PARA SUBDRENES</b>	<b>m2</b>							<b>533.00</b>
	Area Geotextil				205	2.60		533.00	
<b>03.03.02</b>	<b>FILTRO DRENANTE</b>	<b>M3</b>							<b>61.50</b>
	Volumen de Grava Drenante			0.3	205			61.50	
<b>03.03.03</b>	<b>TUBERIA CORRUGADA HDPE D=4"</b>	<b>M</b>							<b>180.40</b>
	Tubería de 4" sup		82		1.4			114.80	
	Tubería de 4" inf		82		0.8			65.60	
<b>04</b>	<b>VARIOS</b>								
<b>04.01</b>	<b>JUNTA DE DILATACION Y CONSTRUCCION CON TEKNOPORT</b>	<b>m</b>							<b>140.00</b>
	Juntas		40				3.50	140.00	
<b>04.02</b>	<b>CURADO DE CONCRETO CON AGUA</b>	<b>M2</b>							<b>1679.19</b>
	Area de curado								
	Zapata de Muro		2		205		0.50	205.00	
	Cara de Zapata		2		2		0.50	2.00	
	Cara 1 Muro				205.00		3.52	721.60	
	Cara 2 de Muro				205.00		3.62	742.92	
	Lado de Muro		2	3.83				7.67	
<b>04.03</b>	<b>LIMPIEZA FINAL DE OBRA</b>	<b>m2</b>							<b>410.00</b>
	Area de Trabajo				205	2.00		410.00	

Fuente: Elaboración propia.

### 9.3. Análisis de precios unitarios

La ejecución de los análisis de precios unitarios (APU) del presente proyecto, se han desarrollado conforme a los precios actuales del mercado local y rendimientos reales. Los mismos que se presentan en el programa de presupuestos PowerCost V4, adjuntos en este capítulo. (Vásquez, 2021)

#### **9.4. Gastos Generales.**

“En todo proyecto se considera los gastos generales para el personal que llevara y ejecutara el proyecto, como también gastos de mobiliario, seguridad de obra, etc” (Vásquez, 2021).

#### **9.5. Gastos de Supervisión.**

“En todo proyecto se considera los gastos de supervisión para el personal que controlara y supervisara el proyecto, como también gastos de mobiliario, etc” (Vásquez, 2021).

#### **9.6. Gastos de liquidación.**

“Se considera los gastos de liquidación para el personal que llevara la liquidación físico financiera del proyecto, como también gastos de mobiliario, etc” (Vásquez, 2021).

#### **9.7. Presupuesto General**

Con toda la información ya establecida anteriormente en este capítulo se procedió a realizar el presupuesto del muro de gravedad. Cuyo monto total asciende a la suma de: S/. 599,847.08 QUINIENTOS NOVENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y SIETE CON 08/100 NUEVOS SOLES. (Vásquez, 2021)

## Ilustración 7 Presupuesto

### Presupuesto

**Proyecto** PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"  
**Cliente** UCSM  
**Ubicación** YURA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a :** **Junio - 2022**

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
<b><u>MURO DE CONTENCIÓN</u></b>							
<b>01</b>	<b>INSTALACIONES PROVISIONALES</b>						45,345.05
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60 X 2.4	UND	1.00	971.33	971.33		
01.02	CERCO CON MALLA ARPILLERA, H=2M	M	426.00	16.83	7,169.58		
01.03	OFICINA, ALMACEN Y CASETA DE GUARDANIA PROVIS	M2	116.00	153.64	17,822.24		
01.04	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	UND	25.00	596.40	14,910.00		
01.05	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	GLB	1.00	4,471.90	4,471.90		
<b>02</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>						8,480.90
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS /TRAI	GLB	1.00	5,000.00	5,000.00		
02.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	410.00	0.73	299.30		
02.03	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	410.00	2.27	930.70		
02.04	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE LA OBR	M2	410.00	5.49	2,250.90		
<b>03</b>	<b>MUROS DE CONTENCIÓN</b>						470,926.16
03.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					17,275.20	
03.01.01	EXCAVACION MECANICA EN MURO DE CONTENCI	m3	1,006.51	9.29	9,350.48		
03.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO C	m3	403.07	16.65	6,711.12		
03.01.03	COMPACTACION DE TERRENO EN FONDO DE ZAN	m2	410.00	2.96	1,213.60		
03.02	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE - MURO CICLOPEO</b>					436,478.80	
03.02.01	<b>CONCRETO EN MURO CICLOPEO</b>					436,478.80	
03.02.01.01	ZAPATAS EN MUROS DE CONTENCIÓN: CONC	m3	202.13	344.93	69,720.70		
03.02.01.02	MURO DE CONTENCIÓN CICLOPEO FC=140 KG	m3	785.77	366.14	287,701.83		
03.02.01.03	MURO DE CONTENCIÓN CICLOPEO ENCOFRA	m2	1,679.19	47.08	79,056.27		
03.03	<b>DRENAJES</b>					17,172.16	
03.03.01	GEOTEXTIL PARA SUBDRENES	m2	533.00	9.85	5,250.05		
03.03.02	FILTRO DRENANTE	M3	61.50	75.29	4,630.34		
03.03.03	TUBERIA CORRUGADA HDPE D=4"	M	180.40	40.42	7,291.77		
<b>04</b>	<b>VARIOS</b>						6,086.02
04.01	JUNTA DE DILATACION Y CONSTRUCCION CON TEKN	m	140.00	25.14	3,519.60		
04.02	CURADO DE CONCRETO CON AGUA	M2	1,679.19	1.46	2,451.62		
04.03	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	410.00	0.28	114.80		
	<b>COSTO DIRECTO</b>						530,838.13
	Gastos Generales					8 %	42,467.05
	Supervision					3 %	15,925.14
	Liquidacion					2 %	10,616.76
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>						<b>599,847.08</b>

**Son :** QUINIENTOS NOVENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y SIETE CON 08/100 NUEVOS SOLES

### Análisis de Costos Unitarios

**Proyecto** PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"  
**Elaborado Por** GUSTAVO ORELLANA PERALTA  
**Ubicación** YURA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a :** Junio - 2022

Partida	01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60 X 2.40 m				Rend:	1.0000 UN/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.8000	23.08	18.46	
47 00005	OPERARIO	HH	1.000	8.0000	20.93	167.44	
47 00003	PEON	HH	2.000	16.0000	15.44	247.04	
							<b>432.94</b>
<b>Materiales</b>							
02 00007	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	KG		1.0000	5.90	5.90	
02 00232	PERNO ASTM A325 3/4"x8"	UND		9.0000	3.00	27.00	
30 00234	BANNER GIGANTOGRAFIA DIGITAL DE 3.60M X 2.40M	UND		1.0000	240.00	240.00	
43 00006	MADERA TORNILLO	P2		36.0000	5.50	192.50	
43 00233	PALOS DE EUCALIPTO 4"x4"x6M	UND		2.0000	30.00	60.00	
							<b>525.40</b>
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	432.94	12.99	
							<b>12.99</b>
						<b>Costo Unitario por UND :</b>	<b>971.33</b>

Partida	01.02	CERCO CON MALLA ARPILLERA, H=2M				Rend:	200.0000 M/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0040	23.08	0.09	
47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.0400	20.93	0.84	
47 00003	PEON	HH	1.000	0.0400	15.44	0.62	
							<b>1.55</b>
<b>Materiales</b>							
02 00122	ALAMBRE NEGRO N°16	KG		0.0500	5.60	0.28	
30 00231	MALLA ARPILLERA, A=2M	M		1.0500	9.90	10.40	
43 00230	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 3"x2.50M	UND		0.3500	13.00	4.55	
							<b>15.23</b>
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.55	0.05	
							<b>0.05</b>
						<b>Costo Unitario por M :</b>	<b>16.83</b>

Partida	01.03	OFICINA, ALMACEN Y CASETA DE GUARDANIA PROVISIONAL				Rend:	8.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.1000	23.08	2.31	
47 00005	OPERARIO	HH	1.000	1.0000	20.93	20.93	
47 00016	OFICIAL	HH	1.000	1.0000	17.18	17.18	
47 00003	PEON	HH	2.000	2.0000	15.44	30.88	
							<b>71.30</b>
<b>Materiales</b>							
02 00007	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	KG		0.1000	5.90	0.59	
02 00222	CLAVOS PARA CALAMINA 2 1/2"	KG		1.0000	5.90	5.90	
26 00043	BISAGRA ALUMINIZADA 4" X 4"	PAR		0.1000	7.90	0.79	
43 00006	MADERA TORNILLO	P2		5.0000	5.50	27.50	
43 00133	TRIPLAY LUPUNA 1.20X2.40 X 18MM	PLN		0.3500	95.00	33.25	
56 00223	CALAMINA GALVANIZADA 0.80X3.60M X 0.22MM	PLN		0.3700	32.90	12.17	
							<b>80.20</b>
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	71.30	2.14	
							<b>2.14</b>
						<b>Costo Unitario por M2 :</b>	<b>153.64</b>

### Análisis de Costos Unitarios

**Proyecto** PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"  
**Elaborado Por** GUSTAVO ORELLANA PERALTA  
**Ubicación** YURA - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a : **Junio - 2022**

Partida	01.04	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL				Rend:	1.0000 UND/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Materiales</b>							
30 00146	GUANTES DE CUERO REFORZADO	PAR		4.0000	9.90	39.60	
30 00145	LENTE DE SEGURIDAD LUNA OSCURA	UND		3.0000	4.90	14.70	
39 00147	BOTA DE JEBE COLOR NEGRO CANA ALTA UNISEX CON PLANTA AI	PAR		0.2000	30.00	6.00	
39 00148	CASCO JOCKEY COLOR ROJO CON SLOT FAS-TRAK	UND		1.0000	15.90	15.90	
39 00149	CHALECO DRILL NARANJA CON CINTA REFLECTIVA DE 2"	UND		1.0000	31.40	31.40	
39 00150	CORTAVIENTO ADAPTABLE AL CASCO DRILL NARANJA	UND		1.0000	5.80	5.80	
39 00151	FILTROS, PARTICULAS, P100, 7093	PAR		8.0000	29.00	232.00	
39 00152	GUANTES BADANA STD MOD G14 BLANCO SIN REFUERZO CON EL	PAR		4.0000	7.50	30.00	
39 00153	GUANTES DE JEBE CAÑA ALTA	PAR		2.0000	12.00	24.00	
39 00154	LENTE DE SEGURIDAD LUNA CLARA	UND		3.0000	4.90	14.70	
39 00155	OVEROL TRAJE TYVEK COMPLETO CON CAPUCHA	UND		2.0000	14.20	28.40	
39 00156	PONCHO IMPERMEABLE PVC LIVIANO 0.32MM AMARILLO MANGA L	UND		1.0000	16.00	16.00	
39 00159	TAPONES AUDITIVOS 1291 CICJA - 3M	PAR		8.0000	2.00	16.00	
39 00160	UNIFORME DRILL (CAMISA/PANTALON) COLOR NARANJA CON CINT	UND		1.0000	74.00	74.00	
39 00161	ZAPATO DE SEGURIDAD CON PUNTA DE ACERO	PAR		1.0000	47.90	47.90	
						<b>596.40</b>	
<b>Costo Unitario por UND :</b>						<b>596.40</b>	

Partida	01.05	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD				Rend:	1.0000 GLB/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Materiales</b>							
39 00173	CINTA DE SEÑALIZACION AMARILLA "HOMBRES TRABAJANDO" (5"X	RL		5.0000	67.90	339.50	
39 00174	CINTA DE SEÑALIZACION ROJA "PELIGRO OBRAS" (5"X400MT)	RL		5.0000	67.90	339.50	
39 00175	CINTA DE SEÑALIZACION ROJO PELIGRO "PROHIBIDO EL INGRESO	RL		5.0000	67.90	339.50	
39 00182	CONOS DE SEGURIDAD 28" VIAL DE JEBE FLEXIBLE CON CINTA RE	UND		15.0000	24.90	373.50	
39 00176	LETRERO BANER AL INGRESO PRINCIPAL 240 X 160 CM USO DE EF	UND		1.0000	79.90	79.90	
39 00177	LETREROS ADVERTENCIA METALICOS DE 160X 80 CM	UND		5.0000	120.00	600.00	
39 00178	LETREROS INFORMATIVOS METALICOS DE 160X 80 CM	UND		5.0000	120.00	600.00	
39 00179	LETREROS OBLIGATORIOS METALICOS DE 160X 80 CM	UND		5.0000	120.00	600.00	
39 00180	LETREROS PREVENTIVOS METALICOS DE 160X 80 CM	UND		5.0000	120.00	600.00	
39 00181	LETREROS PROHIBITIVOS METALICOS DE 160X 80 CM	UND		5.0000	120.00	600.00	
						<b>4,471.90</b>	
<b>Costo Unitario por GLB :</b>						<b>4,471.90</b>	

Partida	02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS /TRANSPORTE DE MATERIALES A OBRA				Rend:	1.0000 GLB/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Equipo</b>							
30 00237	TRANSPORTE DE MATERIALES E INSUMOS A OBRA	GLB		1.0000	5,000.00	5,000.00	
						<b>5,000.00</b>	
<b>Costo Unitario por GLB :</b>						<b>5,000.00</b>	

### Análisis de Costos Unitarios

**Proyecto** PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"  
**Elaborado Por** GUSTAVO ORELLANA PERALTA  
**Ubicación** YURA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a :** Junio - 2022

Partida	02.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL					Rend:	200.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
<b>Mano de Obra</b>								
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0040	23.08	0.09		
47 00003	PEON	HH	1.000	0.0400	15.44	0.62		
						0.71		
<b>Equipo</b>								
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.71	0.02		
						0.02		
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>0.73</b>		

Partida	02.03	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR					Rend:	400.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
<b>Mano de Obra</b>								
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0020	23.08	0.05		
47 00115	TOPOGRAFO	HH	1.000	0.0200	17.27	0.35		
47 00016	OFICIAL	HH	1.000	0.0200	17.18	0.34		
47 00003	PEON	HH	3.000	0.0600	15.44	0.93		
						1.67		
<b>Materiales</b>								
02 00007	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	KG		0.0025	5.90	0.01		
30 00117	OCRE ROJO	KG		0.0025	8.00	0.02		
30 00119	YESO (BOLSA DE 18 Kg)	BOL		0.0025	15.50	0.04		
43 00006	MADERA TORNILLO	P2		0.0025	5.50	0.01		
						0.08		
<b>Equipo</b>								
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.67	0.05		
37 00116	MIRAS Y JALONES	HM	3.000	0.0600	1.80	0.11		
49 00118	ESTACION TOTAL TOPOGRAFIA	HM	1.000	0.0200	18.00	0.36		
						0.52		
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>2.27</b>		

Partida	02.04	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA					Rend:	400.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
<b>Mano de Obra</b>								
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0020	23.08	0.05		
47 00115	TOPOGRAFO	HH	1.000	0.0200	17.27	0.35		
47 00016	OFICIAL	HH	1.000	0.0200	17.18	0.34		
47 00003	PEON	HH	4.000	0.0800	15.44	1.24		
						1.98		
<b>Materiales</b>								
02 00007	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	KG		0.0200	5.90	0.12		
30 00117	OCRE ROJO	KG		0.0500	8.00	0.40		
30 00119	YESO (BOLSA DE 18 Kg)	BOL		0.0500	15.50	0.78		
43 00006	MADERA TORNILLO	P2		0.0500	5.50	0.28		
54 00036	PINTURA ESMALTE	GLN		0.0200	58.50	1.17		
						2.75		
<b>Equipo</b>								
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.98	0.06		
37 00116	MIRAS Y JALONES	HM	3.000	0.0600	1.80	0.11		
49 00118	ESTACION TOTAL TOPOGRAFIA	HM	1.000	0.0200	18.00	0.36		
49 00120	NIVEL TOPOGRAFICO INCMIRA	HM	1.000	0.0200	11.50	0.23		
						0.76		
<b>Costo Unitario por M2 :</b>						<b>5.49</b>		

## Análisis de Costos Unitarios

**Proyecto** PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"

**Elaborado Por** GUSTAVO ORELLANA PERALTA

**Cliente** UCSM

**Ubicación** YURA - AREQUIPA - AREQUIPA

**Costo a :** Junio - 2022

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>03.01.01</b>		EXCAVACION MECANICA EN MURO DE CONTENCIÓN CON RETROEXCAVADOR H/				<b>Rend:</b>	160.0000 m3/DIA
		<b>Mano de Obra</b>					
	47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0050	23.08	0.12
	47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.0500	20.93	1.05
	47 00003	PEON	HH	2.000	0.1000	15.44	1.54
							<b>2.71</b>
		<b>Equipo</b>					
	37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.71	0.08
	49 00131	RETROEXCAVADOR S/LLANTAS 58 HP 1 YD3.	HM	1.000	0.0500	130.00	6.50
							<b>6.58</b>
		<b>Costo Unitario por m3 :</b>					<b>9.29</b>
<b>03.01.02</b>		RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO C/MAQUINARIA				<b>Rend:</b>	50.0000 m3/DIA
		<b>Mano de Obra</b>					
	47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.1600	20.93	3.35
	47 00016	OFICIAL	HH	1.000	0.1600	17.18	2.75
	47 00003	PEON	HH	3.000	0.4800	15.44	7.41
							<b>13.51</b>
		<b>Materiales</b>					
	00 00635	AGUA	m3		0.0150	5.00	0.08
	00 00634	GASOLINA 84	gal		0.0500	13.00	0.65
							<b>0.73</b>
		<b>Equipo</b>					
	00 00636	PLANCHA COMPACTADORA VIBRATORIA 4 HP	hm	1.000	0.1600	12.50	2.00
	37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	13.51	0.41
							<b>2.41</b>
		<b>Costo Unitario por m3 :</b>					<b>16.65</b>
<b>03.01.03</b>		COMPACTACION DE TERRENO EN FONDO DE ZANJA DE ZAPATA C/EQUIPO				<b>Rend:</b>	300.0000 m2/DIA
		<b>Mano de Obra</b>					
	47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.0267	20.93	0.56
	47 00016	OFICIAL	HH	1.000	0.0267	17.18	0.46
	47 00003	PEON	HH	2.000	0.0533	15.44	0.82
							<b>1.84</b>
		<b>Materiales</b>					
	00 00635	AGUA	m3		0.0150	5.00	0.08
	00 00634	GASOLINA 84	gal		0.0500	13.00	0.65
							<b>0.73</b>
		<b>Equipo</b>					
	00 00636	PLANCHA COMPACTADORA VIBRATORIA 4 HP	hm	1.000	0.0267	12.50	0.33
	37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.84	0.06
							<b>0.39</b>
		<b>Costo Unitario por m2 :</b>					<b>2.96</b>

### Análisis de Costos Unitarios

**Proyecto** PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"

**Elaborado Por** GUSTAVO ORELLANA PERALTA

**Ubicación** YURA - AREQUIPA - AREQUIPA

**Costo a :** Junio - 2022

Partida	03.02.01.01	ZAPATAS EN MUROS DE CONTENCIÓN: CONCRETO f=140 Kg/cm <sup>2</sup> C/ EQUIPO	Rend:	12.0000	m <sup>3</sup> /DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	23.08	1.54
47 00005	OPERARIO	HH	2.000	1.3333	20.93	27.91
47 00016	OFICIAL	HH	2.000	1.3333	17.18	22.91
47 00003	PEON	HH	10.000	6.6667	15.44	102.93
						155.29
<b>Materiales</b>						
00 00635	AGUA	m <sup>3</sup>		0.2000	5.00	1.00
00 00637	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		4.5000	22.00	99.00
00 00638	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.7644	65.00	49.69
05 00017	ARENA GRUESA	M3		0.5420	45.00	24.39
						174.08
<b>Equipo</b>						
00 00640	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	0.500	0.3333	15.00	5.00
00 00639	VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	hm	0.500	0.3333	17.70	5.90
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	155.29	4.66
						15.56
<b>Costo Unitario por m<sup>3</sup> :</b>						<b>344.93</b>

Partida	03.02.01.02	MURO DE CONTENCIÓN CICLOPEO FC=140 KG/CM <sup>2</sup> C/ EQUIPO	Rend:	12.0000	m <sup>3</sup> /DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	23.08	1.54
47 00005	OPERARIO	HH	2.000	1.3333	20.93	27.91
47 00016	OFICIAL	HH	2.000	1.3333	17.18	22.91
47 00003	PEON	HH	12.000	8.0000	15.44	123.52
						175.88
<b>Materiales</b>						
00 00635	AGUA	m <sup>3</sup>		0.2000	5.00	1.00
00 00637	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		4.5000	22.00	99.00
00 00638	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m <sup>3</sup>		0.7644	65.00	49.69
05 00017	ARENA GRUESA	M3		0.5420	45.00	24.39
						174.08
<b>Equipo</b>						
00 00640	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3	hm	0.500	0.3333	15.00	5.00
00 00639	VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	hm	0.500	0.3333	17.70	5.90
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	175.88	5.28
						16.18
<b>Costo Unitario por m<sup>3</sup> :</b>						<b>366.14</b>

Partida	03.02.01.03	MURO DE CONTENCIÓN CICLOPEO ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MURO	Rend:	18.0000	m <sup>2</sup> /DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0444	23.08	1.02
47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.4444	20.93	9.30
47 00016	OFICIAL	HH	1.000	0.4444	17.18	7.63
						17.95
<b>Materiales</b>						
00 00641	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.6200	4.50	2.79
00 00642	CLAVOS C/ CABEZA P/ MADERA PROMEDIO	kg		0.1700	4.50	0.77
43 00006	MADERA TORNILLO	P2		4.5500	5.50	25.03
						28.59
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	17.95	0.54
						0.54
<b>Costo Unitario por m<sup>2</sup> :</b>						<b>47.08</b>

### Análisis de Costos Unitarios

**Proyecto** PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"  
**Elaborado Por** GUSTAVO ORELLANA PERALTA  
**Ubicación** YURA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a :** Junio - 2022

Partida	03.03.01	GEOTEXTIL PARA SUBDRENES		Rend:	250.0000 m2/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0032	23.08	0.07	
47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.0320	20.93	0.67	
47 00003	PEON	HH	2.000	0.0640	15.44	0.99	
							1.73
<b>Materiales</b>							
72 00670	GEOTEXTIL CLASE 2	m2		1.0000	8.03	8.03	
							8.03
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.73	0.09	
							0.09
<b>Costo Unitario por m2 :</b>							<b>9.85</b>
Partida	03.03.02	FILTRO DRENANTE		Rend:	250.0000 M3/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0032	23.08	0.07	
47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.0320	20.93	0.67	
47 00003	PEON	HH	6.000	0.1920	15.44	2.96	
							3.70
<b>Materiales</b>							
05 00671	PIEDRA MEDIANA	M3		1.0200	70.00	71.40	
							71.40
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.70	0.19	
							0.19
<b>Costo Unitario por M3 :</b>							<b>75.29</b>
Partida	03.03.03	TUBERIA CORRUGADA HDPE D=4"		Rend:	160.0000 M/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0050	23.08	0.12	
47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.0500	20.93	1.05	
47 00003	PEON	HH	1.000	0.0500	15.44	0.77	
							1.94
<b>Materiales</b>							
72 00672	TUBERIA CORRUGADA HDPE 4", CON ACCESORIOS	M		1.0500	36.99	38.42	
							38.42
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.94	0.06	
							0.06
<b>Costo Unitario por M :</b>							<b>40.42</b>

### Análisis de Costos Unitarios

*Proyecto* PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"

*Elaborado Por* GUSTAVO ORELLANA PERALTA

*Ubicación* YURA - AREQUIPA - AREQUIPA

*Costo a :* Junio - 2022

Partida	04.01	JUNTA DE DILATACION Y CONSTRUCCION CON TEKNOPORT				Rend:	40.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00005	OPERARIO	HH	1.000	0.2000	20.93	4.19	
47 00016	OFICIAL	HH	1.000	0.2000	17.18	3.44	
47 00003	PEON	HH	0.500	0.1000	15.44	1.54	
							9.17
<b>Materiales</b>							
00 00646	ESPUMA DE POLIURETANO DE 1 1/2" X 1.20 m X 2.4 m	und		0.0800	26.00	2.08	
00 00645	IMPRIMANTE DE APLICACION A SELLO ELASTOMERICO	gls		0.0330	64.00	2.11	
00 00644	SELLADOR ELASTICO DE POLIURETANO DE ALTO DESEMPEÑO	und		0.2500	22.00	5.50	
00 00643	TEKNOPORT DE 1"	pln		0.3000	20.00	6.00	
							15.69
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	9.17	0.28	
							0.28
<b>Costo Unitario por m :</b>							<b>25.14</b>

Partida	04.02	CURADO DE CONCRETO CON AGUA				Rend:	100.0000 M2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00002	CAPATAZ	HH	0.100	0.0800	23.08	0.18	
47 00003	PEON	HH	1.000	0.0800	15.44	1.24	
							1.42
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.42	0.04	
							0.04
<b>Costo Unitario por M2 :</b>							<b>1.46</b>

Partida	04.03	LIMPIEZA FINAL DE OBRA				Rend:	1,000.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00003	PEON	HH	2.000	0.0160	15.44	0.25	
							0.25
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		10.0000	0.25	0.03	
							0.03
<b>Costo Unitario por m2 :</b>							<b>0.28</b>

### Listado Total de Insumos

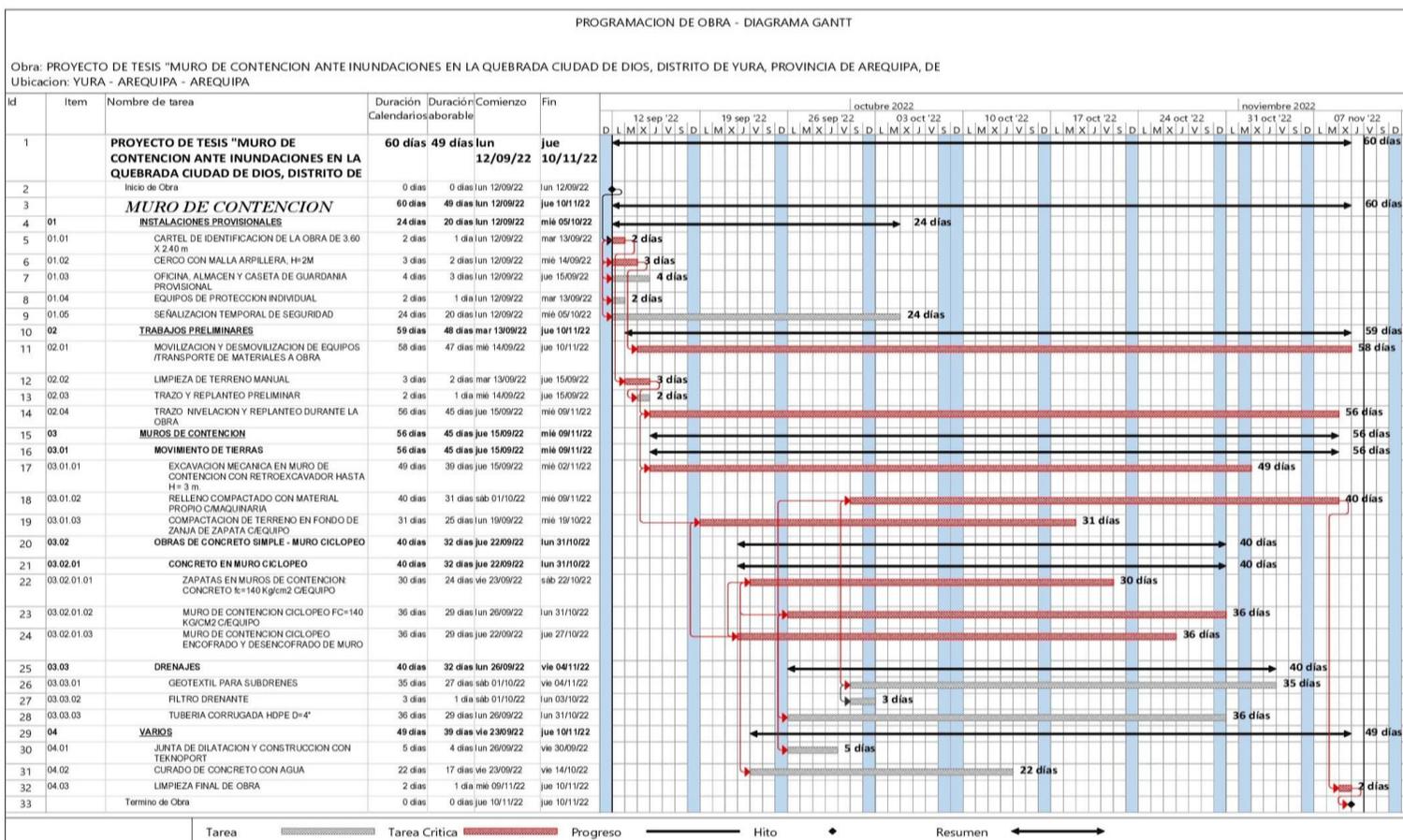
**Proyecto** PROYECTO DE TESIS "MURO DE CONTENCIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA DE AREQUIPA, DEPARTAMENTO AREQUIPA"  
**Cliente** UCSM  
**Ubicación** YURA - AREQUIPA - AREQUIPA **Costo a : Junio - 2022**

IU Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
<b>MANO DE OBRA</b>					
47 00002	CAPATAZ	HH	179.24	23.08	4,136.86
47 00115	TOPOGRAFO	HH	16.45	17.27	284.09
47 00005	OPERARIO	HH	2,386.37	20.93	49,946.72
47 00016	OFICIAL	HH	2,299.37	17.18	39,503.18
47 00003	PEON	HH	8,498.64	15.44	131,219.00
					<b>225,089.85</b>
<b>MATERIALES</b>					
00 00635	AGUA	m3	210.09	5.00	1,050.45
00 00641	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg	1,041.05	4.50	4,684.73
00 00637	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	4,445.60	22.00	97,803.20
00 00642	CLAVOS C/CABEZA P/MADERA PROMEDIO	kg	285.42	4.50	1,284.39
00 00646	ESPUMA DE POLIURETANO DE 1 1/2" X 1.20 m X 2.4 m	und	11.20	26.00	291.20
00 00634	GASOLINA 84	gal	40.68	13.00	528.84
00 00645	IMPRIMANTE DE APLICACION A SELLO ELASTOMERICO	glb	4.62	64.00	295.68
00 00638	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	755.17	65.00	49,086.05
00 00644	SELLADOR ELASTICO DE POLIURETANO DE ALTO DESEMPEÑO	und	35.00	22.00	770.00
00 00643	TECKNOPORT DE 1"	pln	42.00	20.00	840.00
02 00122	ALAMBRE NEGRO N°16	KG	21.39	5.60	119.78
02 00007	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	KG	21.97	5.90	129.62
02 00222	CLAVOS PARA CALAMINA 2 1/2"	KG	116.00	5.90	684.40
02 00232	PERNO ASTM A325 3/4"X8"	UND	9.00	3.00	27.00
05 00017	ARENA GRUESA	M3	535.47	45.00	24,096.15
05 00671	PIEDRA MEDIANA	M3	62.73	70.00	4,391.10
26 00043	BISAGRA ALUMINIZADA 4" X 4"	PAR	11.60	7.90	91.64
30 00234	BANNER GIGANTOGRAFIA DIGITAL DE 3.60M X 2.40M	UND	1.00	240.00	240.00
30 00146	GUANTES DE CUERO REFORZADO	PAR	100.00	9.90	990.00
30 00145	LENTES DE SEGURIDAD LUNA OSCURA	UND	75.00	4.90	367.50
30 00231	MALLA ARPILLERA, A=2M	M	447.35	9.90	4,428.77
30 00117	OCRE ROJO	KG	21.63	8.00	173.04
30 00119	YESO (BOLSA DE 18 Kg)	BOL	21.58	15.50	334.49
39 00147	BOTA DE JEBE COLOR NEGRO CAÑA ALTA UNISEX CON PLANT.	PAR	5.00	30.00	150.00
39 00148	CASCO JOCKEY COLOR ROJO CON SLOT FAS-TRAK	UND	25.00	15.90	397.50
39 00149	CHALECO DRILL NARANJA CON CINTA REFLECTIVA DE 2"	UND	25.00	31.40	785.00
39 00173	CINTA DE SEÑALIZACION AMARILLA "HOMBRES TRABAJANDO" (	RLL	5.00	67.90	339.50
39 00174	CINTA DE SEÑALIZACION ROJA "PELIGRO OBRAS" (5"X400MT)	RLL	5.00	67.90	339.50
39 00175	CINTA DE SEÑALIZACION ROJO PELIGRO "PROHIBIDO EL INGRES	RLL	5.00	67.90	339.50
39 00182	CONOS DE SEGURIDAD 28" VIAL DE JEBE FLEXIBLE CON CINTA F	UND	15.00	24.90	373.50
39 00150	CORTAVIENTO ADAPTABLE AL CASCO DRILL NARANJA	UND	25.00	5.80	145.00
39 00151	FILTROS, PARTICULAS, P100, 7093	PAR	200.00	29.00	5,800.00
39 00152	GUANTES BADANA STD MOD G14 BLANCO SIN REFUERZO CON	PAR	100.00	7.50	750.00
39 00153	GUANTES DE JEBE CAÑA ALTA	PAR	50.00	12.00	600.00
39 00154	LENTES DE SEGURIDAD LUNA CLARA	UND	75.00	4.90	367.50
39 00176	LETRERO BANER AL INGRESO PRINCIPAL 240 X 160 CM USO DE	UND	1.00	79.90	79.90
39 00177	LETREROS ADVERTENCIA METALICOS DE 160X 80 CM	UND	5.00	120.00	600.00
39 00178	LETREROS INFORMATIVOS METALICOS DE 160X 80 CM	UND	5.00	120.00	600.00
39 00179	LETREROS OBLIGATORIOS METALICOS DE 160X 80 CM	UND	5.00	120.00	600.00
39 00180	LETREROS PREVENTIVOS METALICOS DE 160X 80 CM	UND	5.00	120.00	600.00
39 00181	LETREROS PROHIBITIVOS METALICOS DE 160X 80 CM	UND	5.00	120.00	600.00
39 00155	OVEROL TRAJE TYVEK COMPLETO CON CAPUCHA	UND	50.00	14.20	710.00
39 00156	PONCHO IMPERMEABLE PVC LIVIANO 0.32MM AMARILLO MANG/	UND	25.00	16.00	400.00
39 00159	TAPONES AUDITIVOS 1291 C/CJA - 3M	PAR	200.00	2.00	400.00
39 00160	UNIFORME DRILL (CAMISA/PANTALON) COLOR NARANJA CON C	UND	25.00	74.00	1,850.00
39 00161	ZAPATO DE SEGURIDAD CON PUNTA DE ACERO	PAR	25.00	47.90	1,197.50
43 00006	MADERA TORNILLO	P2	8,276.96	5.50	45,523.28

Fuente: Elaboración propia.

9.8. Programación

Ilustración 8  
Programación de obra



Fuente: Elaboración propia.



# **CAPITULO X**

## **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

## 10. Estudio de impacto ambiental

### 10.1. Riesgos Ambientales

#### 10.1.1. Contaminación Ambiental

Durante la ejecución del proyecto, podrían presentarse riesgos ambientales; es por ello que se realiza el estudio ambiental con el fin de proteger principalmente la vida humana, y el entorno ambiental. Para este Proyecto se usará la Matriz de Leopold, esta se basa en un cuadro de doble entrada en el que en las columnas se consideraron las diferentes actividades a desarrollarse por el Proyecto, mientras que las filas están ocupadas por factores ambientales características físicas y químicas de los elementos base; las condiciones biológicas de la flora y fauna existentes en el área y las condiciones sociales, culturales y económicas de la población. (Capristan & Cortes, 2013)

**Figura 67**

**Estado de la quebrada ciudad de Dios**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 67, muestra el acopio de llantas viejas, utilizadas como defensa en caso de desbordes.

**Figura 68**  
**Acopio de escombros**



**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 68, muestra el acopio de escombros en la quebrada Ciudad de Dios.

## **10.2. Factores Ambientales**

Para el presente estudio ambiental se da a conocer las condiciones ambientales actuales del Área de Influencia del Proyecto. La identificación de los factores ambientales se ha basado en criterios técnicos, que he tenido en cuenta en la quebrada Ciudad de Dios, a partir de los cuales se ha elaborado una lista de los factores ambientales, culturales y medios socioeconómicos, que podrían ser afectados por las actividades del Proyecto. Los factores ambientales identificados en el Área de Influencia del proyecto son el conjunto de componentes del ambiente abiótico y biótico (aire, suelo, agua, flora y fauna) y los factores culturales y medios socioeconómicos identificados son cultural (paisaje, calidad de vida) y social (empleo local, salud y seguridad), estos son susceptibles de sufrir cambios (positivos o negativos), debido a la ejecución de la obra. (Capristan & Cortes, 2013)

**Figura 69****Vegetación en la quebrada Ciudad de Dios**

**Fuente: Elaboración propia.**

La figura 69, muestra poca vegetación en la quebrada Ciudad de Dios.

**10.3. Impacto****10.3.1. Impacto por Generación de Ruido**

El impacto generado por ruido es de forma temporal y local, debido a que solo generara en el tiempo de la ejecución de la obra, debido a los equipos y maquinarias.

**10.3.2. Impacto por Contaminación del Suelo**

El impacto de contaminación de suelo generado por la obra es mínimo, debido a que está considerando en el presupuesto una partida de limpieza final y se tomara en cuenta la eliminación de escombros a un botadero municipal de escombros y basura.

**10.4. Matriz de Leopold**

“La matriz de Leopold, permitió evaluar los efectos directos sobre los componentes de los medios físico, biológico, socioeconómico y cultural del área de influencia del proyecto, además de una valoración cualitativa de los impactos generados” (Capristan & Cortes, 2013).

Figura 70  
Matriz de Leopold

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			CONSTRUCCION																Sumatoria de la Etapa de Construcción								
LEYENDA:			INSTALACIONES PROVISIONALES				TRABAJOS PRELIMINARES			MUROS DE CONTENCIÓN																	
Importancia: Intensidad del Impacto, siendo máximo 10 y mínimo 1. Impacto Positivo(+) Impacto Negativo (-)			CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA	CERCO CON MALLA ARPILLERA, H=2M	OFICINA, ALMACEN Y CASERA DE GUARDIANA PROVISIONAL	SERIALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	MOVILIZACION DE EQUIPOS Y MATERIALES A OBRA	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	EXCAVACION MECANICA EN MURO DE CONTENCIÓN CON REINFORZADOR	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO C/MAQUINARIA	COMPACTACION DE TERRENO FONDO DE ZAPATA C/EQUIPO	ZAPATAS EN MUROS DE CONTENCIÓN: CONCRETO f <sub>c</sub> =140 Kg/cm <sup>2</sup> C/EQUIPO	MURO DE CONTENCIÓN CICLOPEO f <sub>c</sub> =140 KG/CM2 C/EQUIPO	MURO DE CONTENCIÓN CICLOPEO ENCOFRADO Y DISENCOFRADO DE MURO	LIMPIEZA FINAL DE OBRA											
FACTORES AMBIENTALES	MEDIO FISICO	AGUA	1	Calidad de Agua Superficial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
			2	Calidad de Agua Subteranea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
		SUELOS	1	Estabilidad de Taludes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			2	Riesgos de Contaminacion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		AIRE	1	Calidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
			2	Ruidos y Vibraciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	1	Desplazamiento de Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
		FAUNA	1	Disminucion de Fauna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
	FACTORES CULTURALES	MEDIO SOCIOECONÓMICO	CULTURAL	1	Paisaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
				2	Calidad de Vida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SOCIAL		1	Empleo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
		2	Salud y Seguridad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sumatoria de los Impactos por Actividad			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
Clasificación del Impacto			Impacto Bajo		Impacto Medio		Impacto Severo		Impacto Crítico																		

Fuente: Elaboración propia.

La figura 70, muestra la matriz de Leopold generada para el proyecto de la quebrada ciudad de Dios.

Como consecuencia del estudio, a través de la matriz de Leopold se obtuvo como resultado 16 y según la clasificación de Impactos, es BAJO (Efectos Mitigables).

## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** La delimitación de las microcuencas de estudio del sector del cauce Ciudad de Dios, se realizó con el DEM ALOS PALSAR 12.5m, con la ayuda de un Software GIS de código libre (QGIS) para determinar los parámetros morfométricos y el tiempo de concentración para cada microcuenca delimitada.
- SEGUNDA:** El análisis de frecuencia mostro que la función de mejor ajuste a la serie de datos máximos de 24 horas de precipitación de la Estación Corpac fue Pearson Tipo III Según las pruebas de bondad y ajuste por el software hidrogomon.
- TERCERA:** Según la distribución Pearson Tipo III, la probabilidad de precipitaciones para periodos de retorno es la siguiente: T=5 (27.9 mm), T=10 (39 mm), T=25 (53.6 mm), T=50 (64.7) y T=100 (75.7 mm).
- CUARTA:** Se desarrollo el modelo hidrológico para el sector Pampa Chilcayo con el Software HEC – HMS y RS Minerve ambos de código libre, a través del método de pérdida del SCS, transformación de lluvia - escorrentía por medio de SCS y para RS-MINERVE se eligió el submodelo GRJ4 siendo el más adecuado para el estudio el modelo de HEC – HMS por que se enfoca en el modelado detallado y simulación de eventos extremos, mientras RS Minerve se enfoca en la gestión de recursos hídricos y optimización del uso del agua.
- QUINTA:** Se obtuvo caudales máximos para diferentes periodos de retorno en el cauce de la quebrada Ciudad de Dios de T=5 (7.3 m<sup>3</sup>/s), T=10 (15.7 m<sup>3</sup>/s), T=25 (28.8 m<sup>3</sup>/s), T=50 (39.7 m<sup>3</sup>/s) y T=100 (50.8 m<sup>3</sup>/s) años.
- SEXTA:** Se realizo la modelación hidráulica bidimensional con HEC – RAS Y IRIC ambos de código libre, mediante el método de diferencias finitas (MDF) y de Volumen finitos (MDF) respectivamente, la principal diferencia entre ambos softwares, de esta manera conocer las áreas de posible inundación para diferentes periodos de retorno. Se eligió el modelo número HEC RAS por el cálculo de flujo, la resolución, precisión y funcionalidades disponibles.
- SEPTIMA:** Se obtuvieron tirantes de 2.5m, 2.8m, 3m y velocidades de 3.5m/s, 4.5m/s y 5.5 m/s en el sector más crítico del cauce de la quebrada Ciudad de Dios, lo

cual evidencia el peligro de los asentamientos a las márgenes del cauce frente a máximas avenidas.

**OCTAVA:** Se realizó la comparación de ambos softwares (HEC-RAS y IRIC), teniendo en cuenta los coeficientes de Manning de la zona de estudio, evidenciándose que los resultados son muy similares tanto en tirantes como en velocidades.

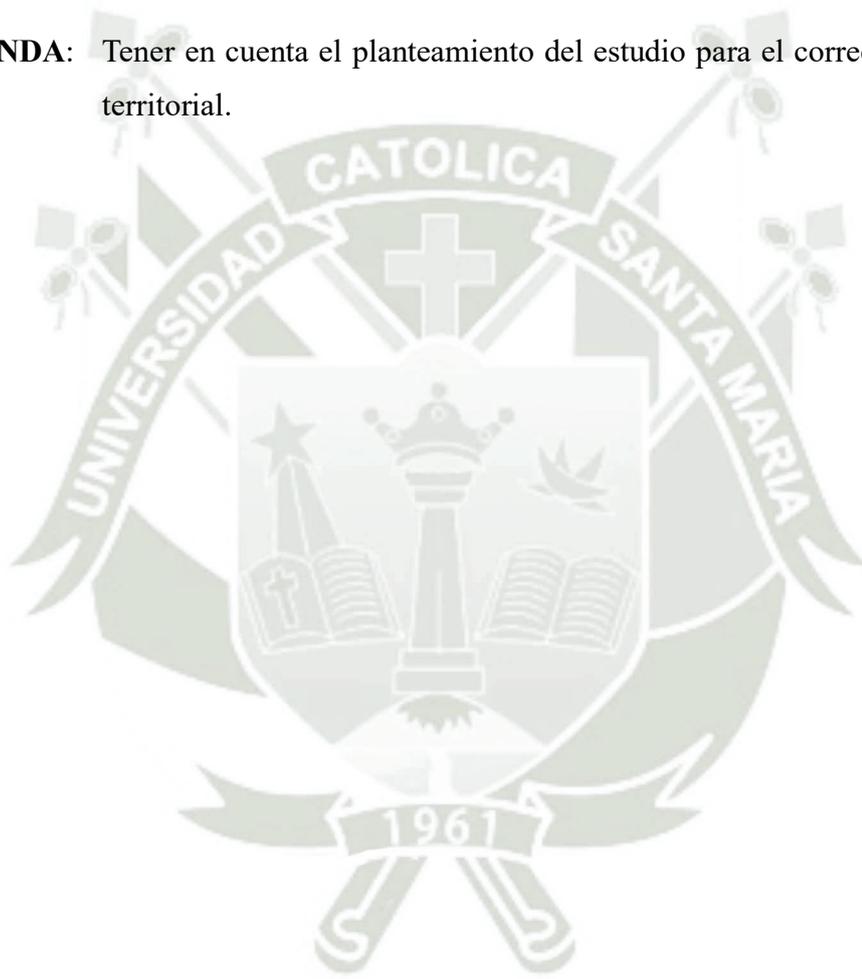
**NOVENA:** Se diseñó como obras de protección de tipo rígido en el cauce de la quebrada Ciudad de Dios de (Muros de Gravedad) ya que se evidenció en la zona de estudio materiales de granulometría mayor que para un periodo de retorno de  $T=100$  años es susceptible a inundaciones y de esta manera obtener el tirante hidráulico para la determinación de la altura de pantalla del muro de 3.5 m.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** El estudio no permite estimar periodos de estiaje, se recomienda realizar la descolmatación y las obras referentes a la estructura de protección (Obras de tipo rígido) en los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto ya que no se presenta precipitaciones importantes como sí lo son los meses de diciembre, enero, febrero y marzo como se pueden apreciar en las precipitaciones máximas de 24 horas de la Estación Corpac.

**SEGUNDA:** Tener en cuenta el planteamiento del estudio para el correcto ordenamiento territorial.



**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Aguilar, & Valdivia. (2020). *Problemática de la torrentera chullo*. Retrieved from <https://library.co/document/q541373y-opini%C3%B3n-t%C3%A9cnica-problem%C3%A1tica-torrentera-provincia-arequipa-regi%C3%B3n-arequipa.html#fulltext-content>
- Alvarado Mendoza, C. (2021). *Modelación de máximas avenidas a paso diario (1964-2014), con enfoque semidistribuido usando GR4J, en la cuenca del río Camaná, Arequipa-Perú*. [Tesis para optar el grado académico de Maestro]. Retrieved from <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17145?show=full>
- Arenas Neira, J. J. (2019). *Plan de gestión para mitigación de riesgo por inundación en el sector torrentera de Chullo (Urb. Mirasol de Cayma-Puente Concordia) Distrito de Cayma 2006-2017*. [Tesis para optar el grado académico de Maestro]. Retrieved from <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/07c0d7d7-743c-4a28-a913-129fefe4a343>
- Astorayme Valenzuela, M. A., García Hernández, J., Suarez, W., Felipe, O., Huggel, C., & Molina, W. (2015). Modelización Hidrológica con un enfoque semidistribuido en la cuenca del río Chillón, Perú. *Revista Peruana Geo-Atmosférica (RPGA)*, 4, 109--124. Retrieved from <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1066>
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca Quilca – Vitor - Chili, Informe Final*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos*. Retrieved from <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/205>
- Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua*. Retrieved from <https://crhc.ana.gob.pe/urubamba/sites/default/files/archivos/recursos/07%20DS%200018-2017%20ROF%20ANA.pdf>
- Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2018). *Arequipa, pionera en estudios de vulnerabilidad climática*. Retrieved from <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2018/05/arequipa-pionera-en-estudios-de-vulnerabilidad-climatica/>
- Bencardino, C. M. (2019). *Estadística básica aplicada*. Ecoe ediciones.

- Bladé Castellet, E. (2005). *Modelación del flujo en lámina libre sobre cauces naturales. Análisis integrado con esquemas en volúmenes finitos en una y dos dimensiones*. Universitat Politècnica de Catalunya. Retrieved from <https://tesisenred.net/handle/10803/6394>
- Bowling, Moraes, Cherkauer, & Bocardo. (2015). *Datos meteorológicos en Arequipa, Perú*. Retrieved from [https://www.agry.purdue.edu/hydrology/projects/nexus-swm/es/documents/hoja\\_informativa\\_datos\\_climaticos.pdf](https://www.agry.purdue.edu/hydrology/projects/nexus-swm/es/documents/hoja_informativa_datos_climaticos.pdf)
- Brunner, & Gary. (2010). *HEC - RAS River Analysis System*. Retrieved from <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20D%20Modeling%20Users%20Manual.pdf>
- Capristan, & Cortes. (2013). *Construcción de la línea 2 y Ramal Avenida Faucett – Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao, Provincias de Lima y Callao, Departamento de Lima*. Retrieved from <https://documents1.worldbank.org/curated/en/341191468295195372/text/E46760V20SPANI0ecutivo00ctubre02013.txt>
- Carvajal Pérez, E. D., & Galindo García, L. H. (2017). *Evaluación superficial de pavimentos en la calle 38 sur entre la avenida ciudad de Cali y la carrera 101 en la ciudad de Bogotá con el uso de los SIG*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil].
- Castillo. (2006). *Aplicación de un modelo numerico de flujos de escombros y lodo en una quebrada en el Perú*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0077.pdf>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2013). *Glosario de Términos sobre Gestión del Riesgo de Desastres en los componentes de la Gestión Prospectiva y Correctiva*. Retrieved from <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/glosario-terminos-grd-cenepred.pdf>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales. Segunda versión*. Retrieved from [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf)

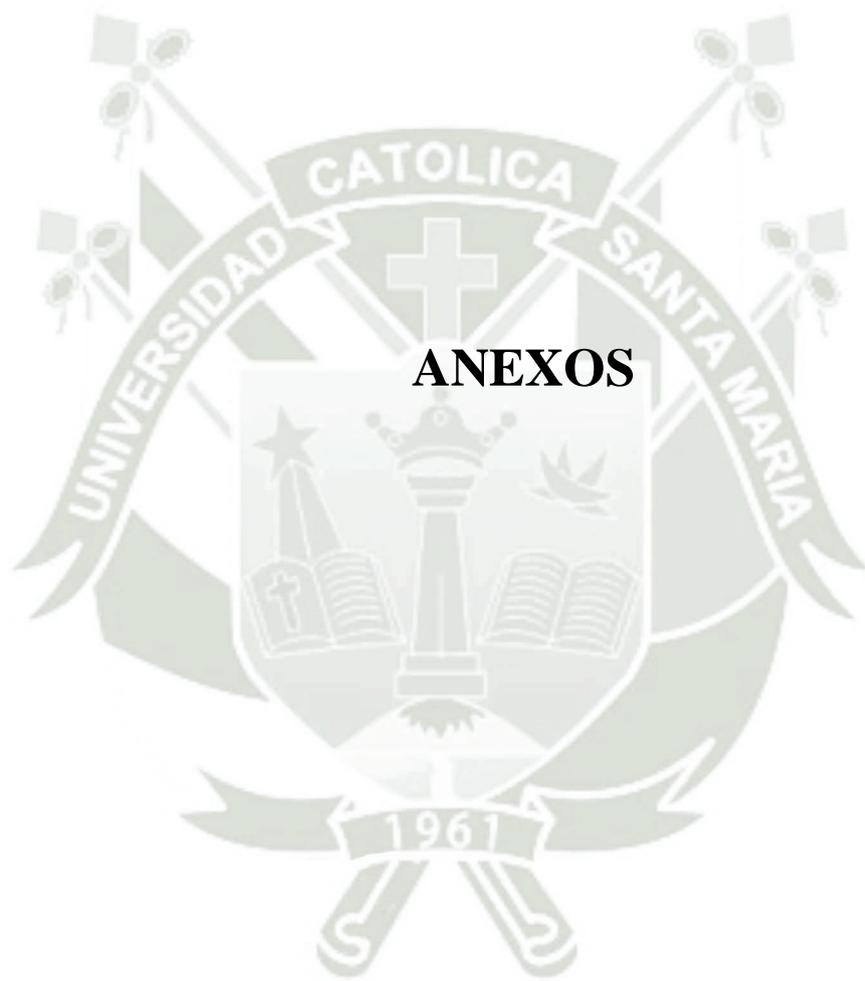
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por inundaciones Fluviales*. Retrieved from <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/MAN-manual-evar-inundac-fluviales.pdf>
- Chávez, Peralta. (2015). *Libro de Construcciones*. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/425655580/Libro-de-Construcciones>
- Chereque Morán, W. (1989). *Hidrología: para estudiantes de ingeniería civil*. Retrieved from <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>
- Chow. (1964). *Handbook of applied hydrology*. Mc Graw Hill. Retrieved from <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071835091>
- Chow. (1994). *Hidrología aplicada*. McGraw Hill, México. Retrieved from <https://www.hidrosm.com/2021/01/libro-hidrologia-aplicada-ven-te-chow.html>
- Chow, V. T., & others. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw-Hill. Retrieved from [https://www.academia.edu/43519012/Ven\\_Te\\_Chow\\_HIDRAULICA\\_DE\\_CANALES\\_ABIERTOS](https://www.academia.edu/43519012/Ven_Te_Chow_HIDRAULICA_DE_CANALES_ABIERTOS)
- Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A. (2015). *Histograma de Registro de Precipitación Máxima de 24 horas*. Retrieved from <https://www.gob.pe/corpac>
- Council, W. R. (1981). Estimating peak flow frequencies for natural ungaged watersheds: a proposed nationwide test.
- Cuba, M. B. (2012). Factores determinantes del desarrollo turístico del distrito de Yura. *TURYDES: Revista sobre Turismo y Desarrollo local sostenible*, 5(12), 16. Retrieved from <https://www.eumed.net/libros-gratis/2011f/1115/capitulo2.html>
- Del Prado Simons, H. N., & Bolívar, J. P. (2017). Identificación de vulnerabilidades, gestión de riesgos de inundaciones y adaptación al cambio climático en el cono norte de Arequipa: avances y perspectivas (2014-2016). *Veritas*, 16(1), 37--41. Retrieved from <https://revistas.ucsm.edu.pe/ojs/index.php/veritas/article/view/93>
- Distrito. (2023). *El Distrito de Yura*. Retrieved from <https://www.distrito.pe/distrito-yura.html#city>

- Earth Online. (2020). *The Advanced Land Observing Satellite (ALOS-1) was a Japanese Earth-imaging satellite from JAXA.* Retrieved from <https://earth.esa.int/eogateway/missions/alos>
- Fattorelli, S., & Fernández, P. C. (2007). *Diseño hidrológico.* Zeta Editores.
- Fernández, & Benites. (2001). *Estudio: Inundaciones en la localidad de Arequipa ocasionadas por el ingreso de las torrenceras.* Retrieved from [http://bvpad.indec.gov.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Arequipa/arequipa/arequipa\\_II\\_torrenteras.pdf](http://bvpad.indec.gov.pe/doc/estudios_CS/Region_Arequipa/arequipa/arequipa_II_torrenteras.pdf)
- Foehn, A., García Hernández, J., Roquier, B., Fluixá-Sanmartín, J., & Paredes Arquiola, J. (2019). *RS MINERVE--User's manual v2. 12. RS MINERVE Group, Switzerland.* Retrieved from [https://crealp.ch/wp-content/uploads/2021/06/rsminerve\\_user\\_manual\\_v2.15.pdf](https://crealp.ch/wp-content/uploads/2021/06/rsminerve_user_manual_v2.15.pdf)
- García et al. (2020). *RS MINERVE - Technical Manual.* Retrieved from [https://crealp.ch/wp-content/uploads/2021/09/rsminerve\\_technical\\_manual\\_v2.25.pdf](https://crealp.ch/wp-content/uploads/2021/09/rsminerve_technical_manual_v2.25.pdf)
- GestCruces. (2020). *Manual del Modelo Numérico Rs-Minerve.* Retrieved from <https://down.crealp.ch/rsm/install2/archives.html>
- Hydrognomon. (2010). *Manual del modelo estadístico.* Retrieved from <http://hydrognomon.org/>
- Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Morfología de las cuencas hidrológicas.*
- Iberaula. (2012). *Modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas.* Retrieved from <https://docplayer.es/41273865-Modelizacion-bidimensional-del-flujo-en-lamina-libre-en-aguas-poco-profundas.html>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2020). *Problemática de la torrencera Chullo. Provincia Arequipa, región Arequipa.* Retrieved from <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2997>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). *Sistema de información estadístico de apoyo a la prevención a los efectos del fenómeno El Niño.* Retrieved from <http://webinei.inei.gob.pe/nino/>

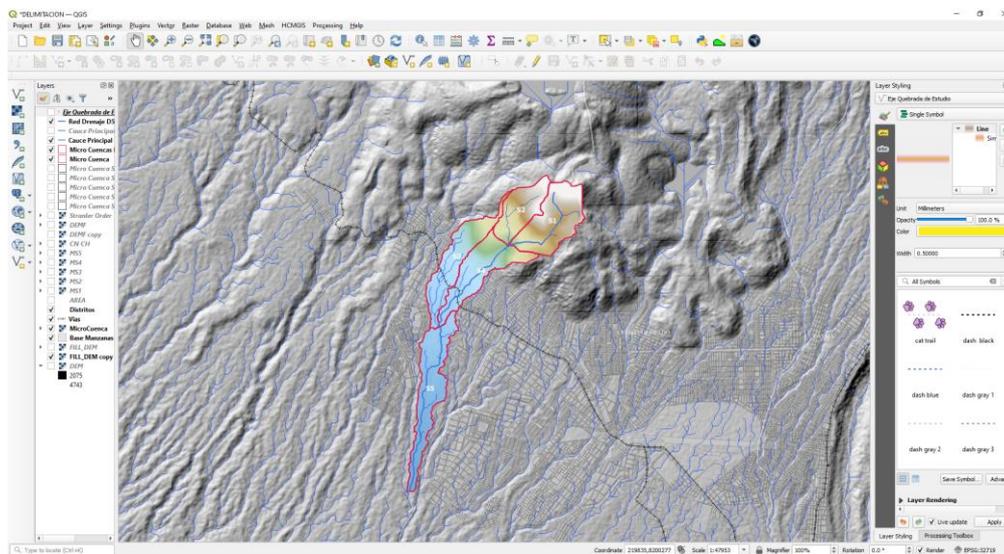
- IRIC Software. (2020). *Manual del Modelo Numérico Iric*. Retrieved from <https://i-ric.org/en/>
- Jardí. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de geografía*, 41--68. Retrieved from <https://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/download/45789/56812/0>
- Jasiewicz. (2018). *The module r.stream.order calculates Strahler's and other stream hierarchy methods*. Retrieved from <https://svn.osgeo.org/grass/grass-addons/grass7/raster/r.stream.order/r.stream.order.html>
- Libélula. (2018). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Arequipa Metropolitana*. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1181>
- Lluén. (2015). *Aplicación de la Nueva Herramienta HEC-RAS 5.0 para Calculos Bidimensionales del Flujo de Agua en Rios*. Barcelona: Escuela Tecnica Superior de Ingeniería de Caminos Canales y Puertos-UPC Barcelona. Retrieved from [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/80221/TFM\\_Willy%20Eduardo%20Lluen%20Chero\\_IC.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/80221/TFM_Willy%20Eduardo%20Lluen%20Chero_IC.pdf)
- Manrique. (2015). *Evaluación de los peligros geológicos en el sector de Yura*. Retrieved from <http://docplayer.es/114117619-Informe-tecnico-n-a6685.html>
- Mijares, F. J. (2015). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Limusa. Retrieved from [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoreno/HIDRO/Fundamentos\\_de\\_hidrologia\\_de\\_superficie\\_-\\_Aparicio.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoreno/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Hidrología, hidráulica y Drenaje*. Retrieved from [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf)
- Moreno Grande, F. A., Esquivel Jiménez, J. R., & others. (2015). *Estudio morfométrico de la Cuenca del Río Azul, afluente del Río Calima, Departamento del Valle del Cauca*. Retrieved from <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2126>
- Municipalidad Distrital de Yura. (2015). *Actualización plan de desarrollo concertado al 2021*. Retrieved from <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2518820/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20CONCERTADO.pdf.pdf>

- Municipalidad Provincial de Chupaca. (2022). *Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres del distrito Capital de Chupaca 2022-2024*. Retrieved from [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/12506\\_plan-de-prevencion-de-riesgo-de-desastres-del-distrito-capital-de-chupaca-2022-2024.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/12506_plan-de-prevencion-de-riesgo-de-desastres-del-distrito-capital-de-chupaca-2022-2024.pdf)
- Naupari Asencios, J. R. (2020). *Simulación hidrológica del sistema regulado para evaluar las reglas de operación que permitan un manejo adecuado de la Cuenca Jequetepeque*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola]. Retrieved from <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4524/naupari-asencios-joel-rostail.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Olaya. (2004). *Hidrología Computacional y Modelos Digitales del Terreno – Teoría, práctica y filosofía de una nueva forma de análisis hidrológico*. Retrieved from <https://geoinnova.org/libro/hidrologia-computacional-modelos-digitales-del-terreno-teoria-practica-filosofia-una-nueva-forma-analisis-hidrologico/>
- Olaya, V. (2009). Sistemas de información geográfica. *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*(8), 15.
- Ordoñez. (2011). *Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral del recurso hídrico*. Retrieved from [https://www.academia.edu/38569747/\\_Contribuyendo\\_al\\_desarrollo\\_de\\_una\\_Cultura\\_del\\_Agua\\_y\\_la\\_Gesti%C3%B3n\\_Integral\\_del\\_Recurso\\_H%C3%ADdrico\\_QU%C3%89\\_ES\\_CUENCA\\_HIDR%C3%93LOGICA\\_QU%C3%89\\_ES\\_CUENCA\\_HIDR%C3%93LOGICA](https://www.academia.edu/38569747/_Contribuyendo_al_desarrollo_de_una_Cultura_del_Agua_y_la_Gesti%C3%B3n_Integral_del_Recurso_H%C3%ADdrico_QU%C3%89_ES_CUENCA_HIDR%C3%93LOGICA_QU%C3%89_ES_CUENCA_HIDR%C3%93LOGICA)
- Takebayashi, H., & Fujita, M. (2020). Numerical simulation of a debris flow on the basis of a two-dimensional continuum body model. *Geosciences*, 10(2), 45. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-3263/10/2/45>
- Te Chow, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. Retrieved from [https://ponce.sdsu.edu/Applied\\_Hydrology\\_Chow\\_1988.pdf](https://ponce.sdsu.edu/Applied_Hydrology_Chow_1988.pdf)
- Terán. (1998). *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Retrieved from <https://catalogobiblioteca.ingemmet.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=8614>

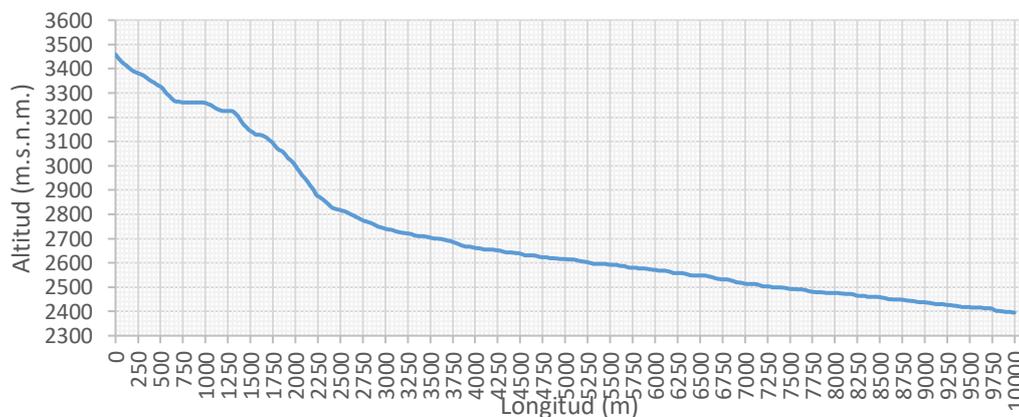
- Valentín, M. G. (2008). *Curso de hidrología urbana*. Distribuidora Alfambra de Papelería. Retrieved from <https://docplayer.es/20033241-Hidrologia-urbana-manuel-gomez-valentin.html>
- Vásquez. (2021). *Manual de Referencias*. Retrieved from <http://unuingenieros.com/files/mReferenciasHC2.pdf>
- Vasquez, D. (2022). *Nivel de riesgo por inundación en la zona de Huacariz Sector--24 mediante diseño de gaviones tipo caja en la quebrada Los Chilcos Cajamarca 2021*.
- Velásquez, T. (2006). Guía Metodológica para proyectos de protección y control de inundaciones en áreas agrícolas o urbanas. *Ministerio de Economía y Finanzas. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público--DGPM. Perú*. Retrieved from [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/instrumentos\\_metod/agricultura/GuiaInundaciones.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/agricultura/GuiaInundaciones.pdf)
- Villón. (2002). *Hidrología estadística*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Retrieved from <https://www.hidrosm.com/2021/01/libro-hidrologia-estadistica-maximo.html>
- Villón, M. (2004). *Hidrología* (Editorial Tecnológica de Costa Rica, Ed.). Cartago, Costa Rica. Retrieved from <https://www.hidrosm.com/2021/01/libro-hidrologia-maximo-villon-bejar.html>
- Weiss, L. L. (1964). Ratio of true to fixed-interval maximum rainfall. *Journal of the Hydraulics Division*, 90(1), 77--82.



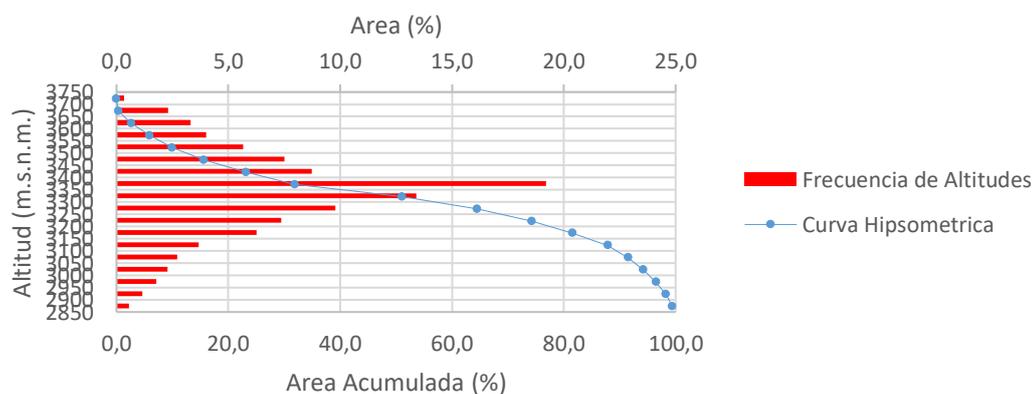
## ANEXO 1 PLANOS

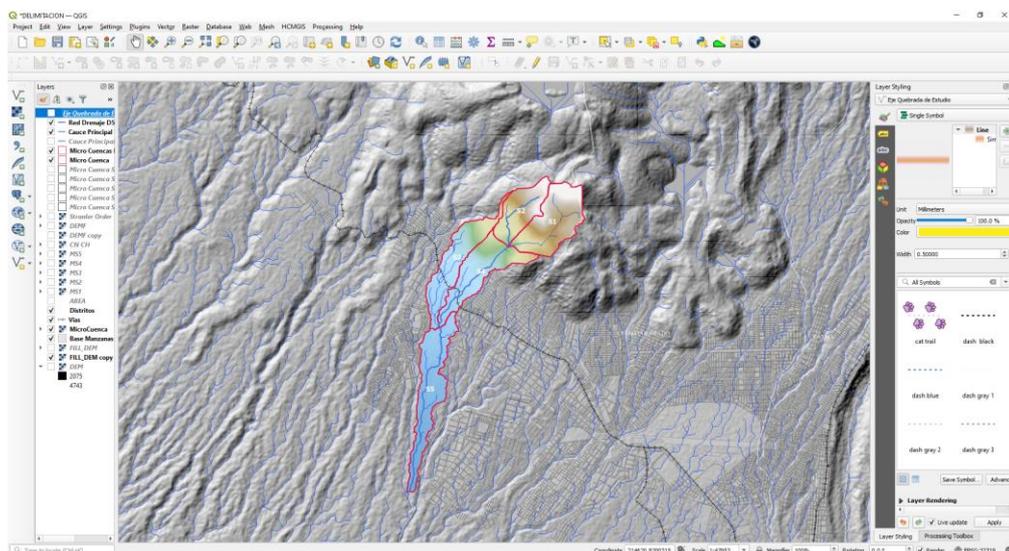


Perfil Longitudinal Cauce Principal - Qda Ciudad de Dios

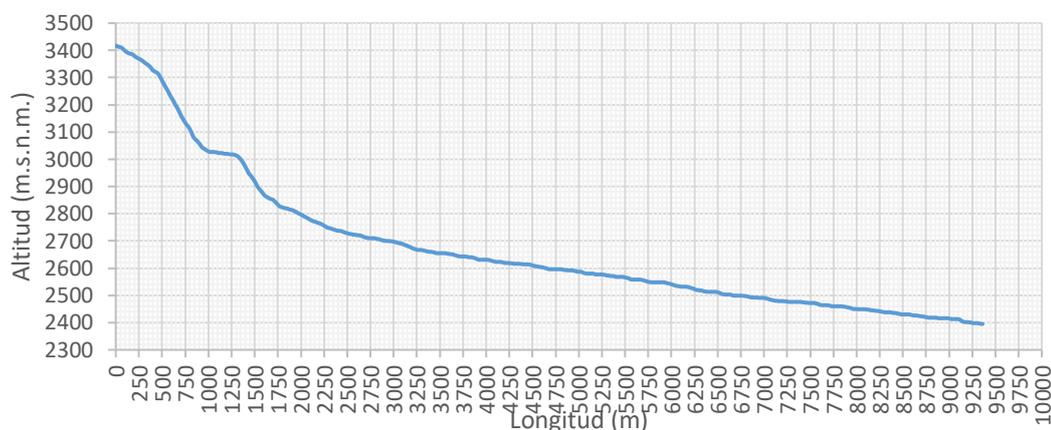


Curva Hipsométrica y Frecuencia de Altitudes

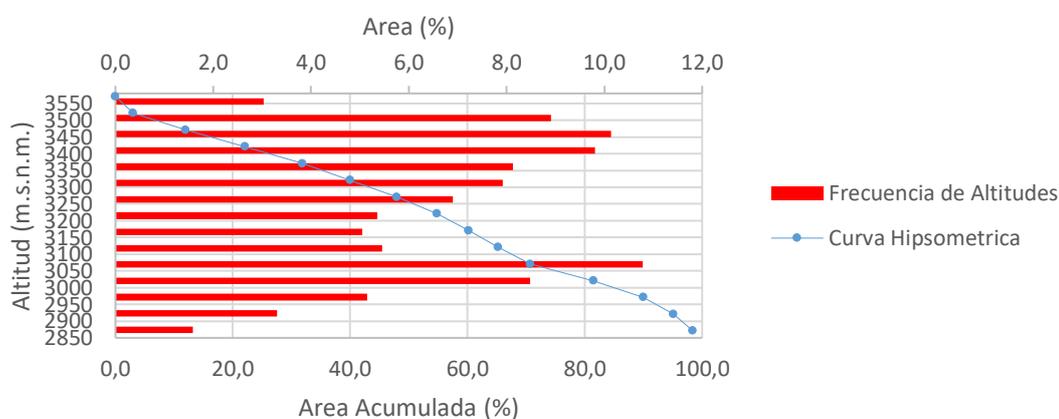


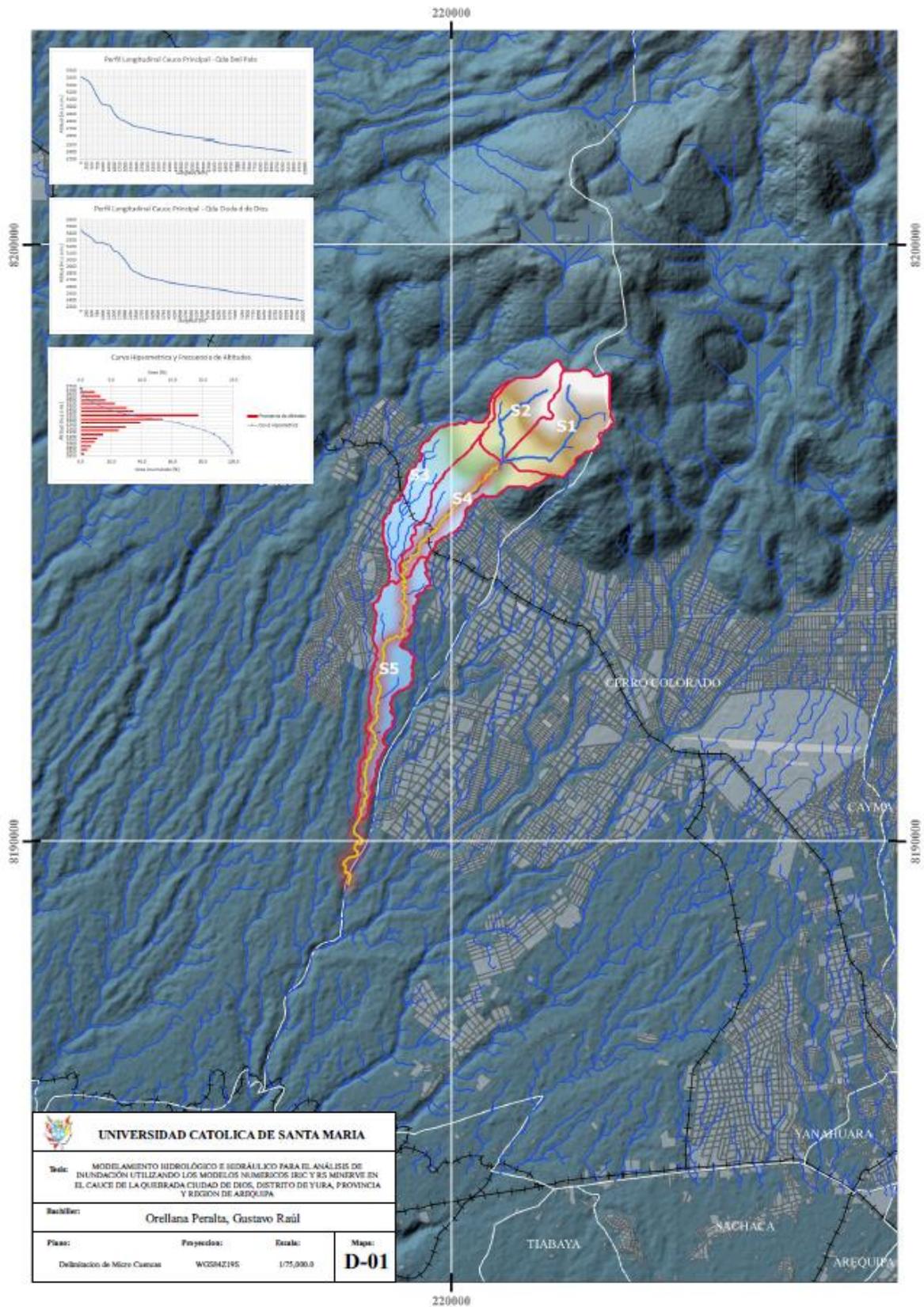


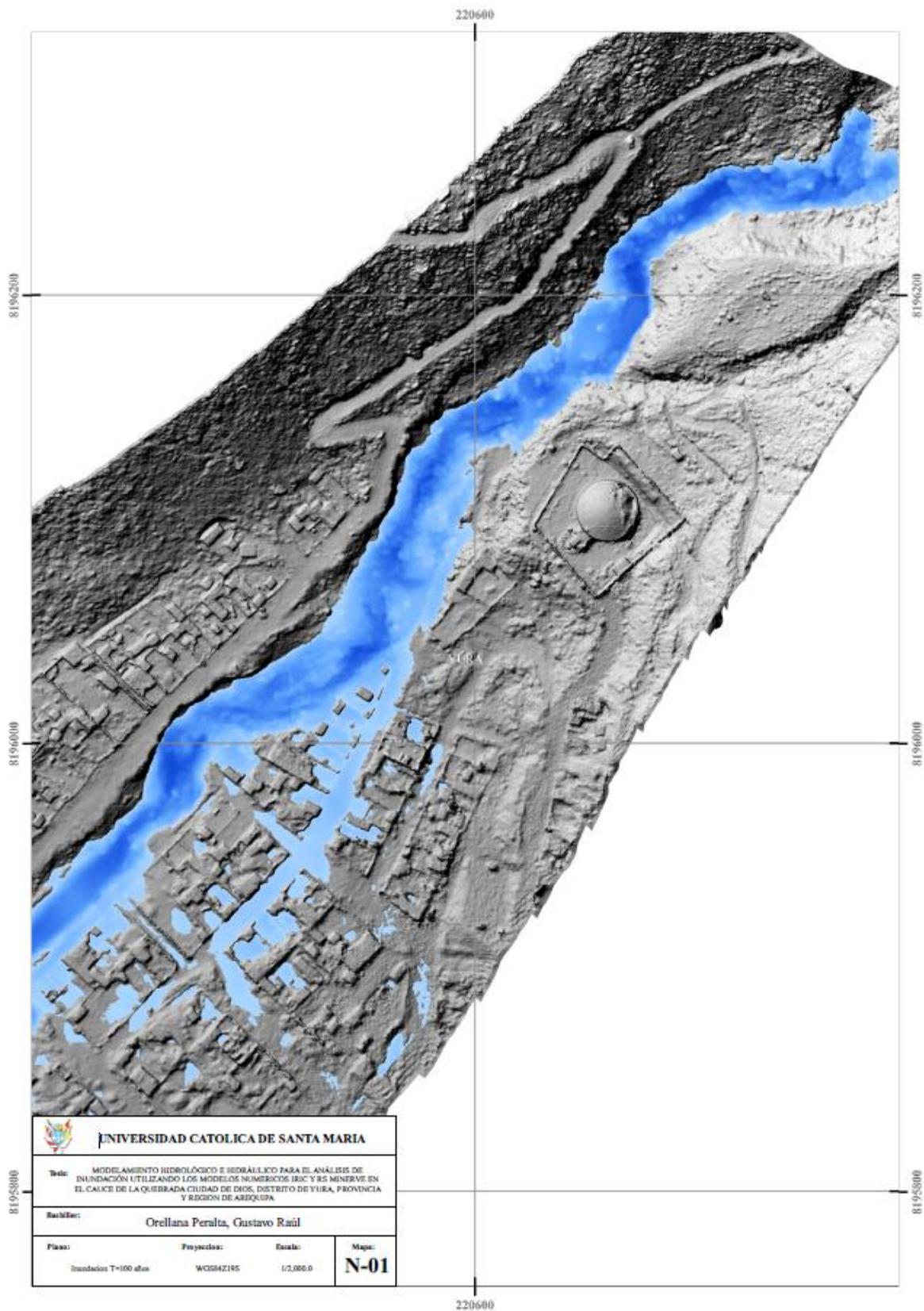
Perfil Longitudinal Cauce Principal - Qda Ciudad de Dios

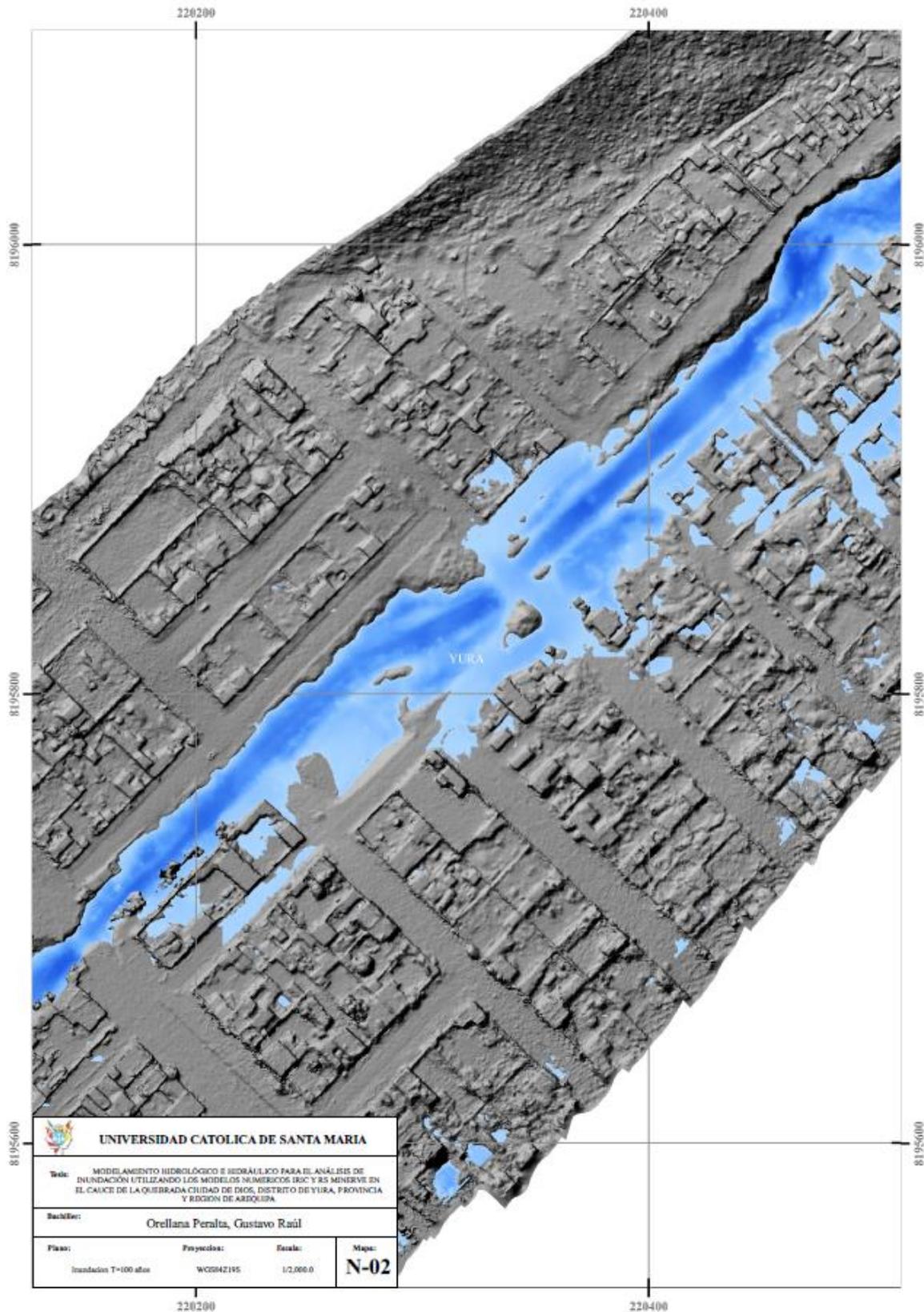


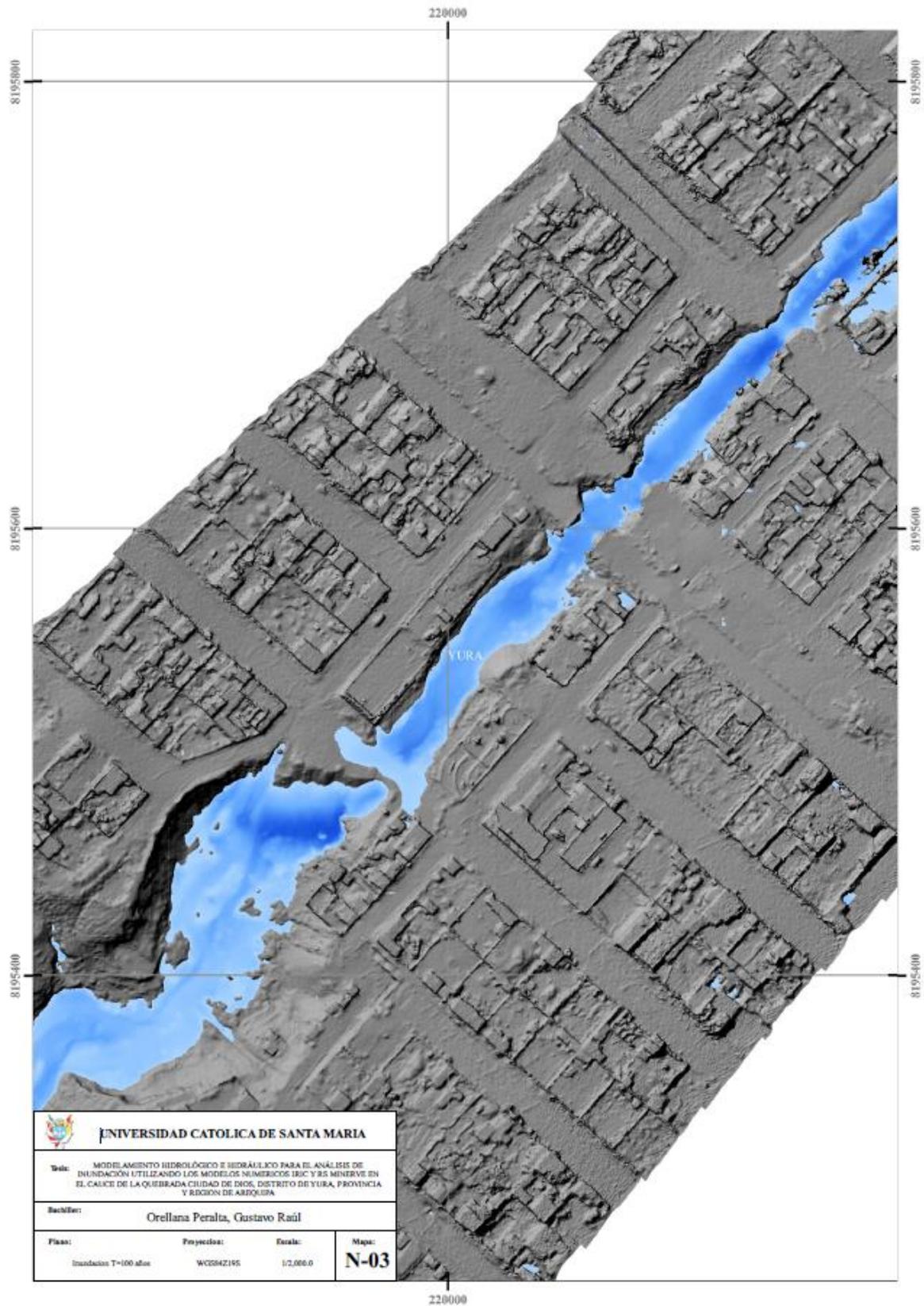
Curva Hipsometrica y Frecuencia de Altitudes

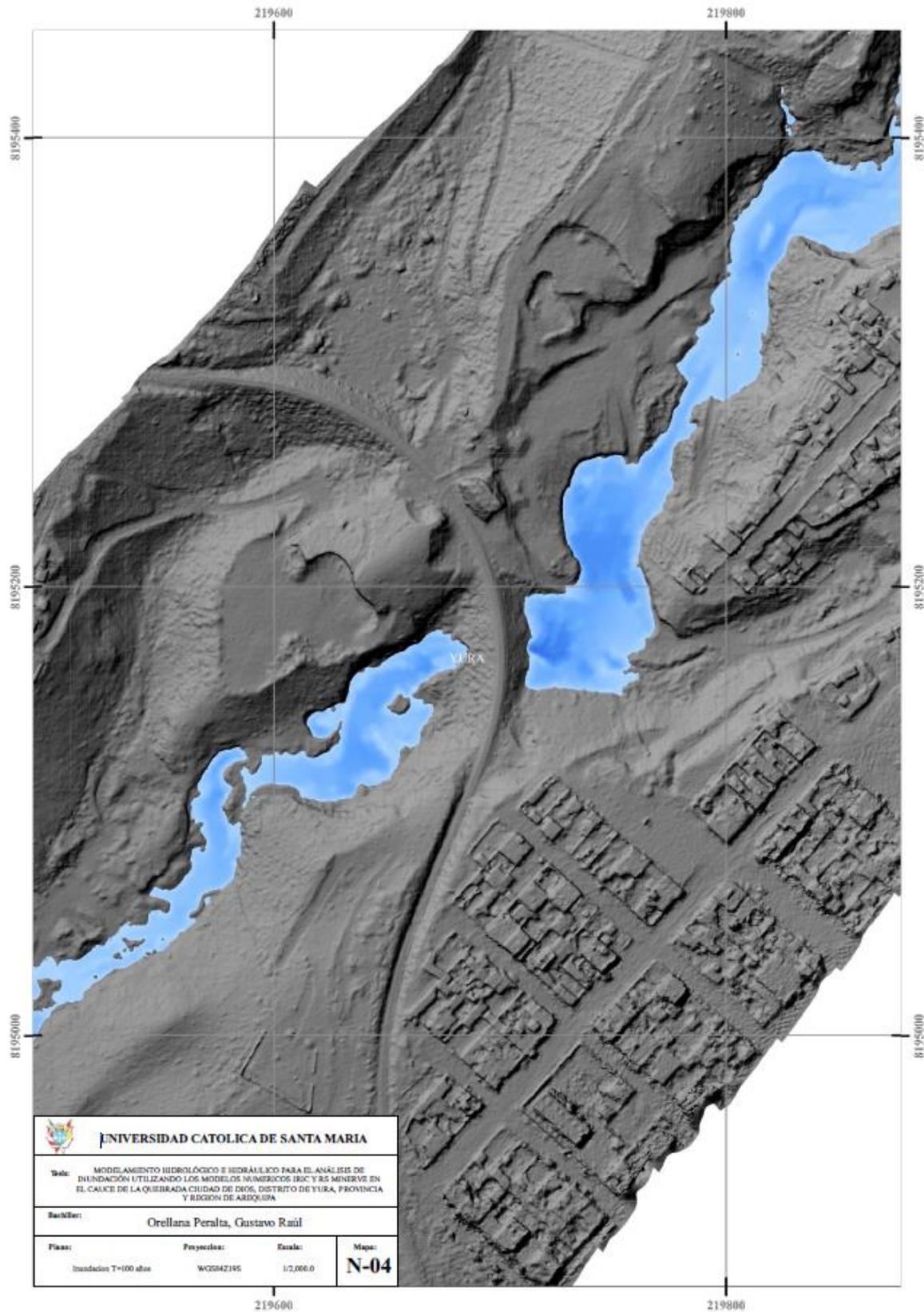


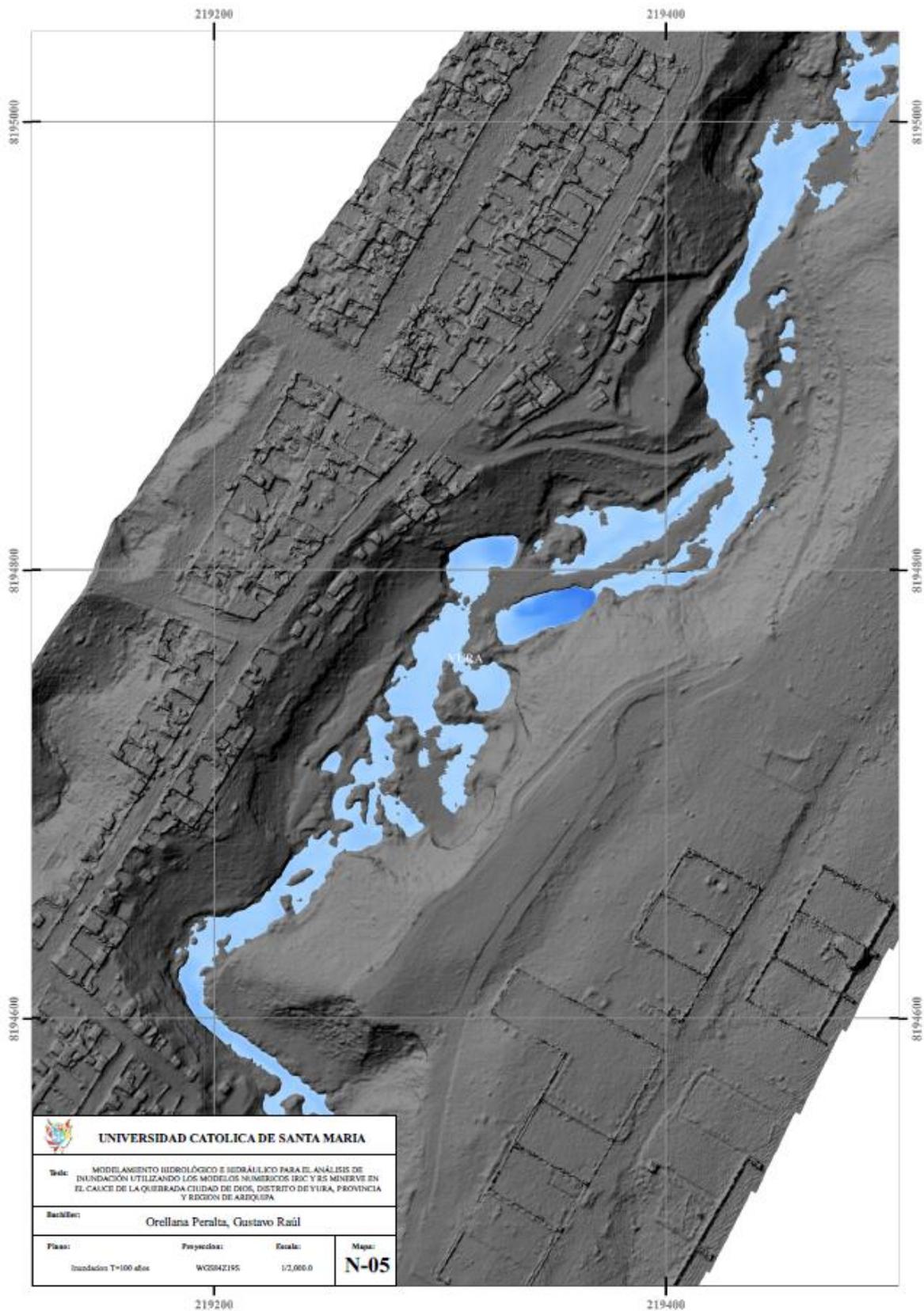


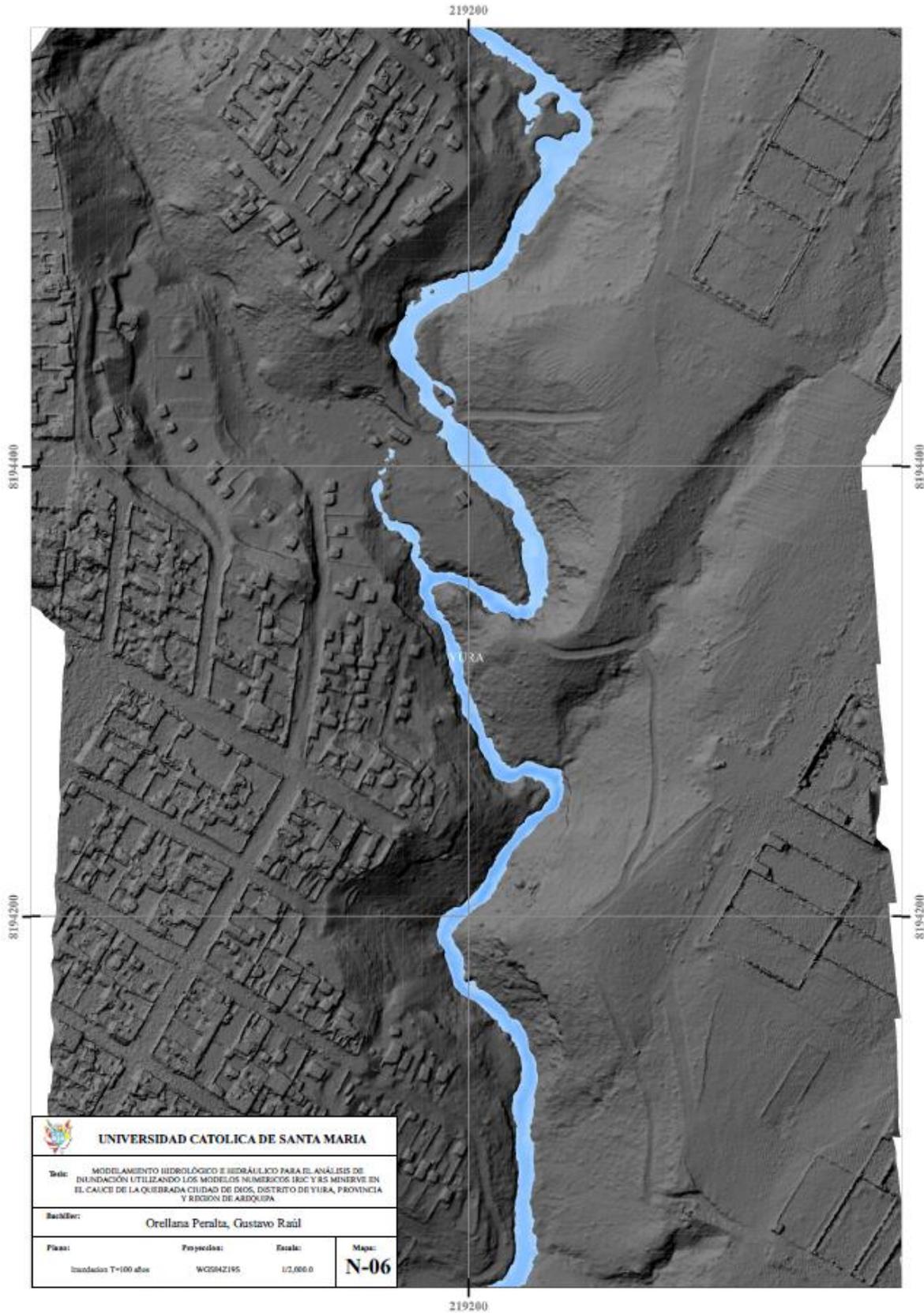


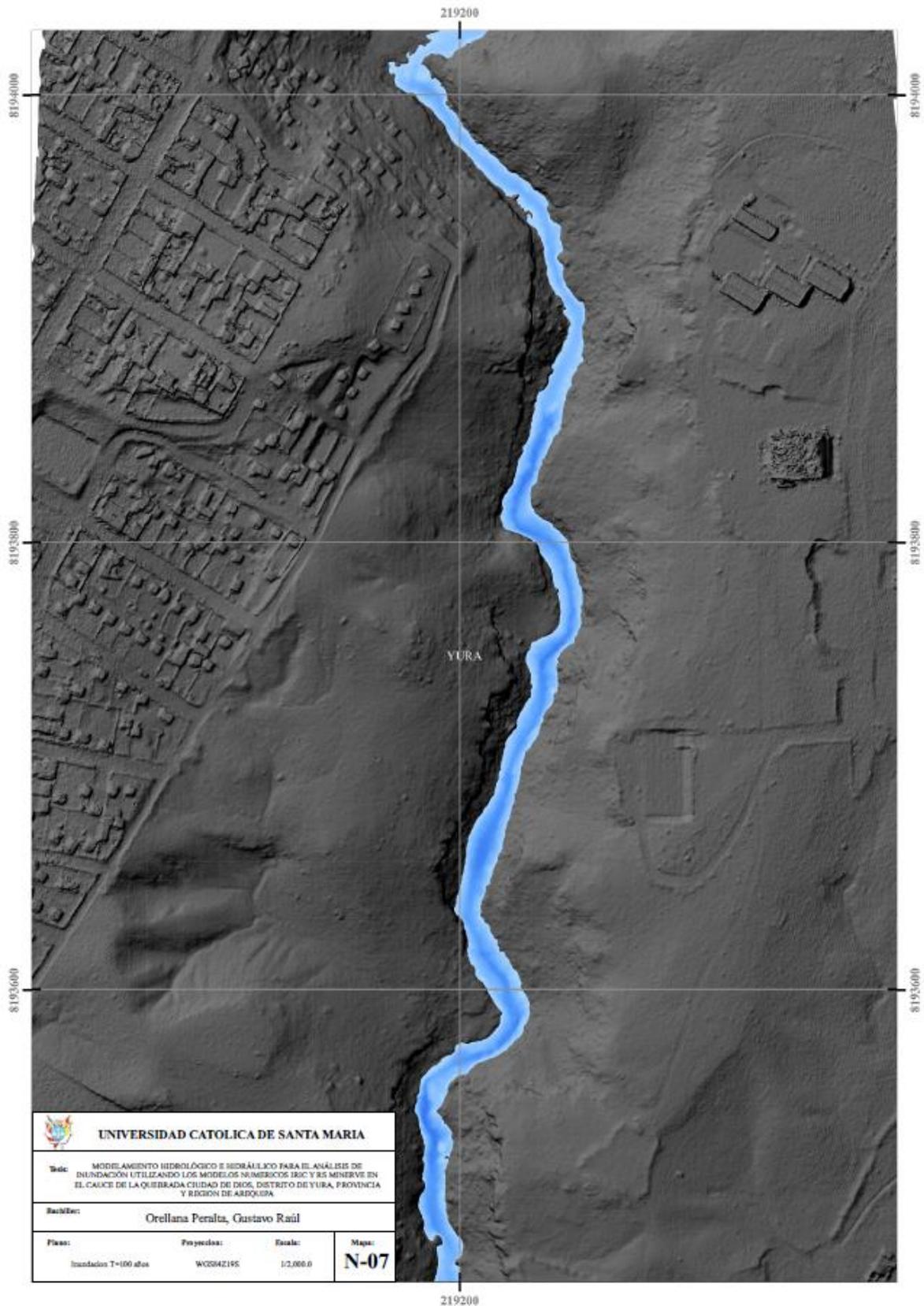


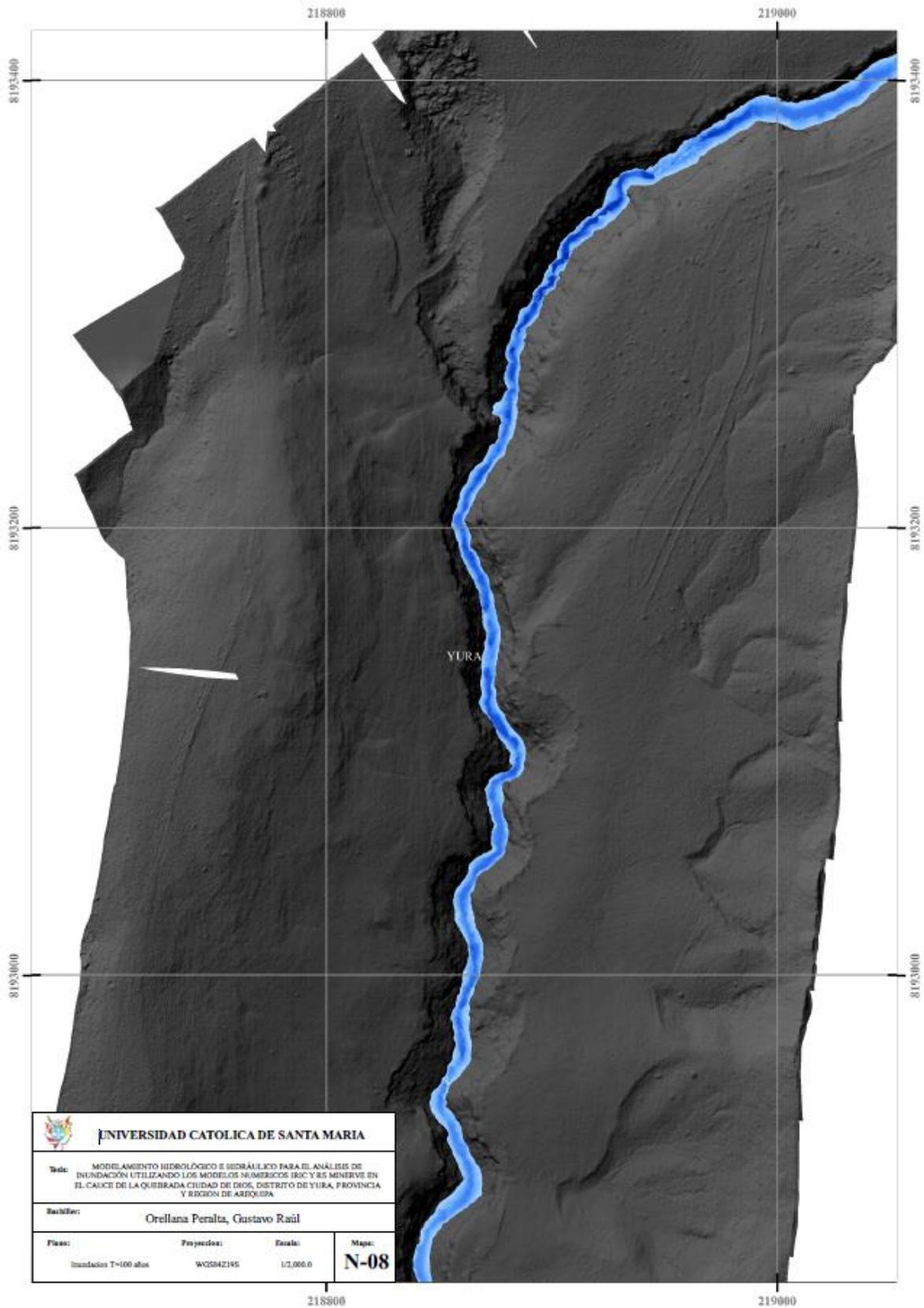


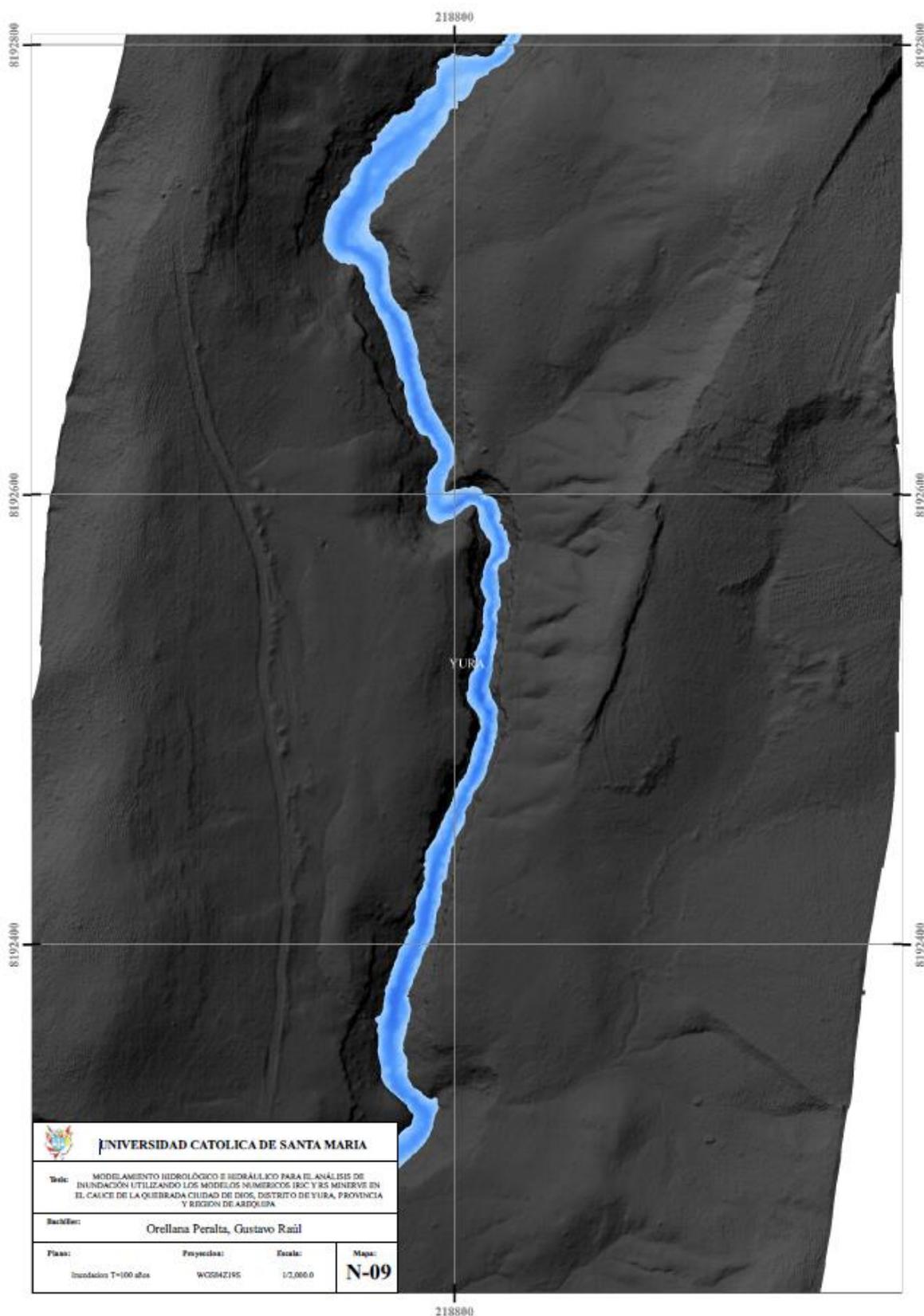


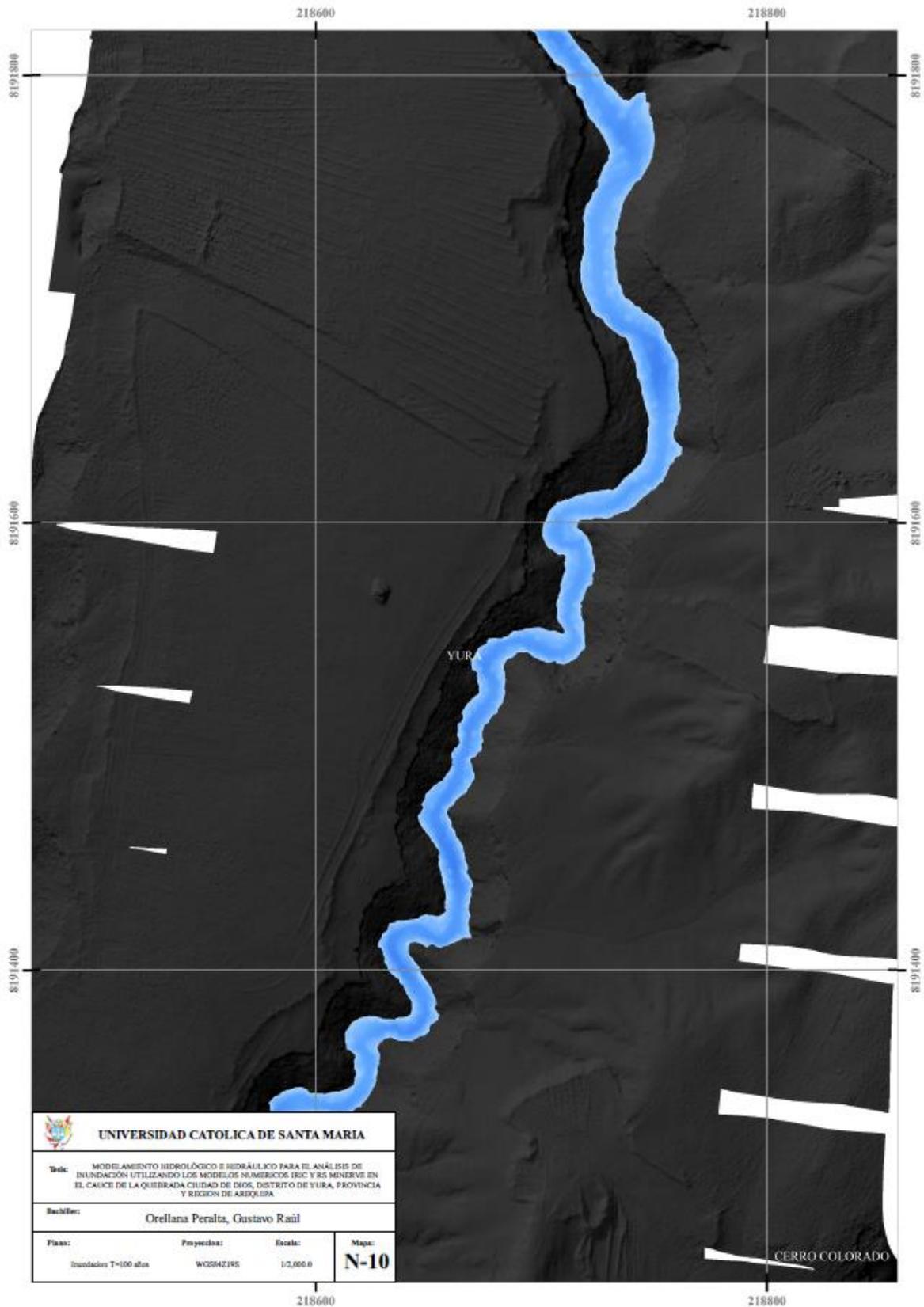


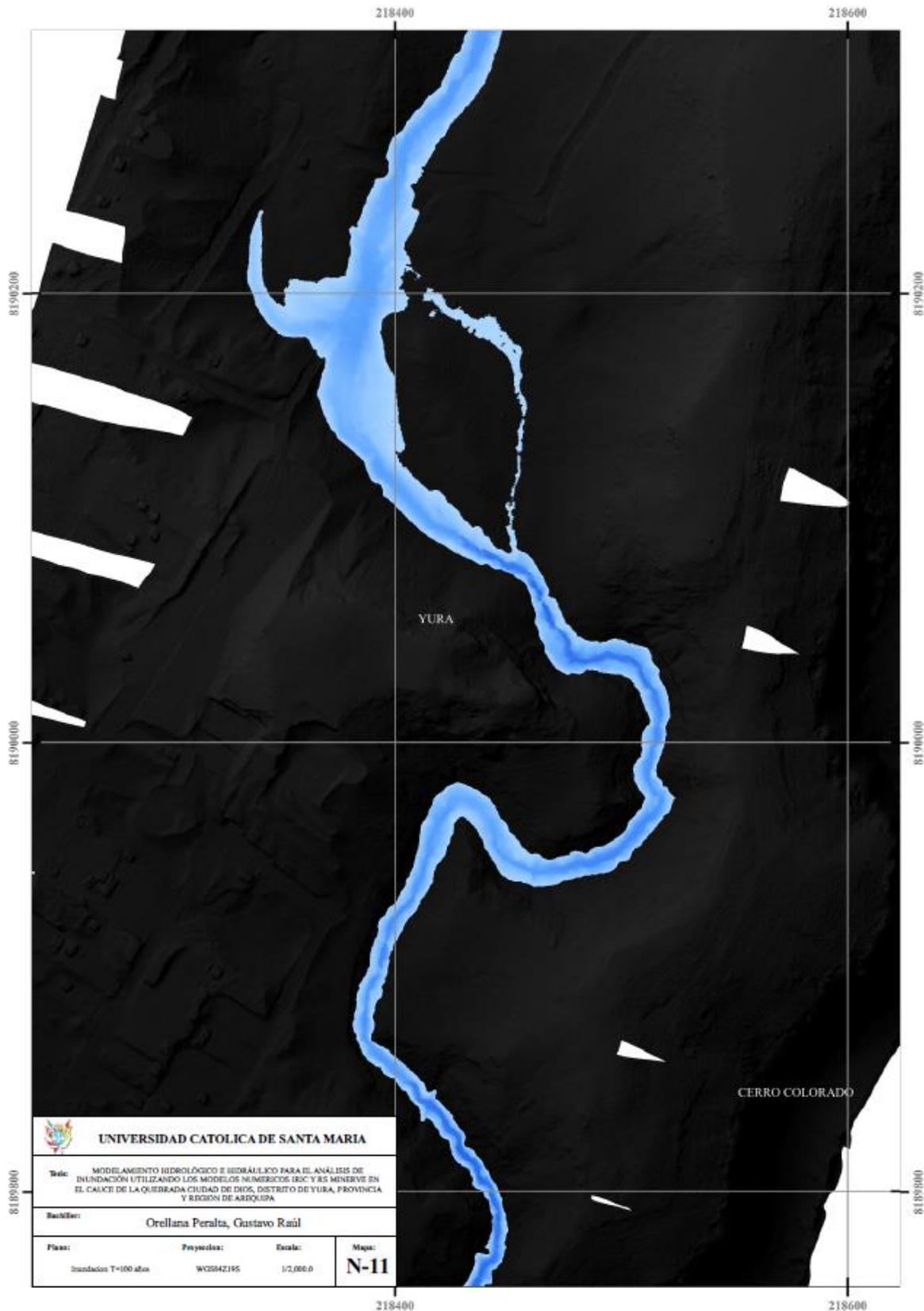


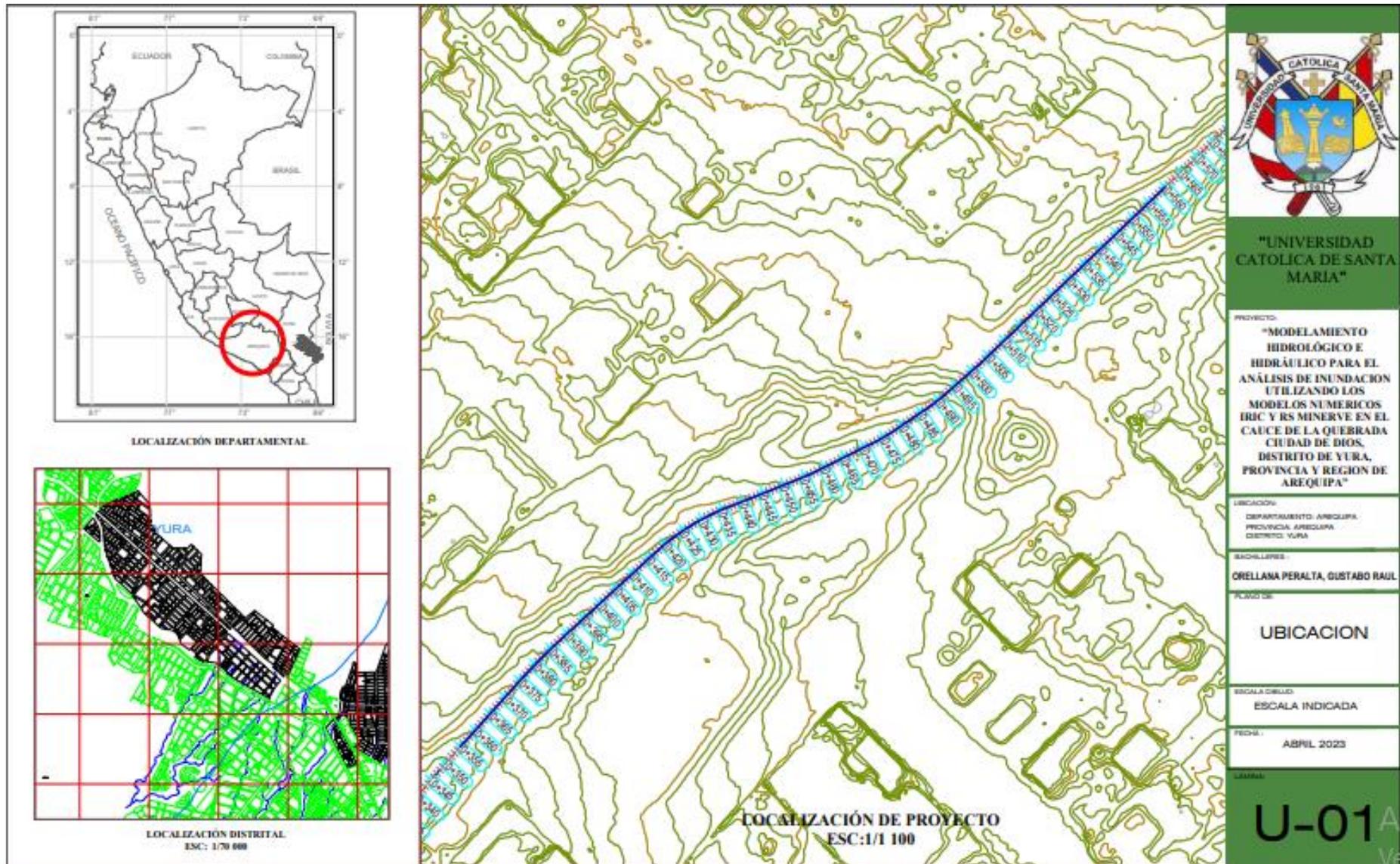




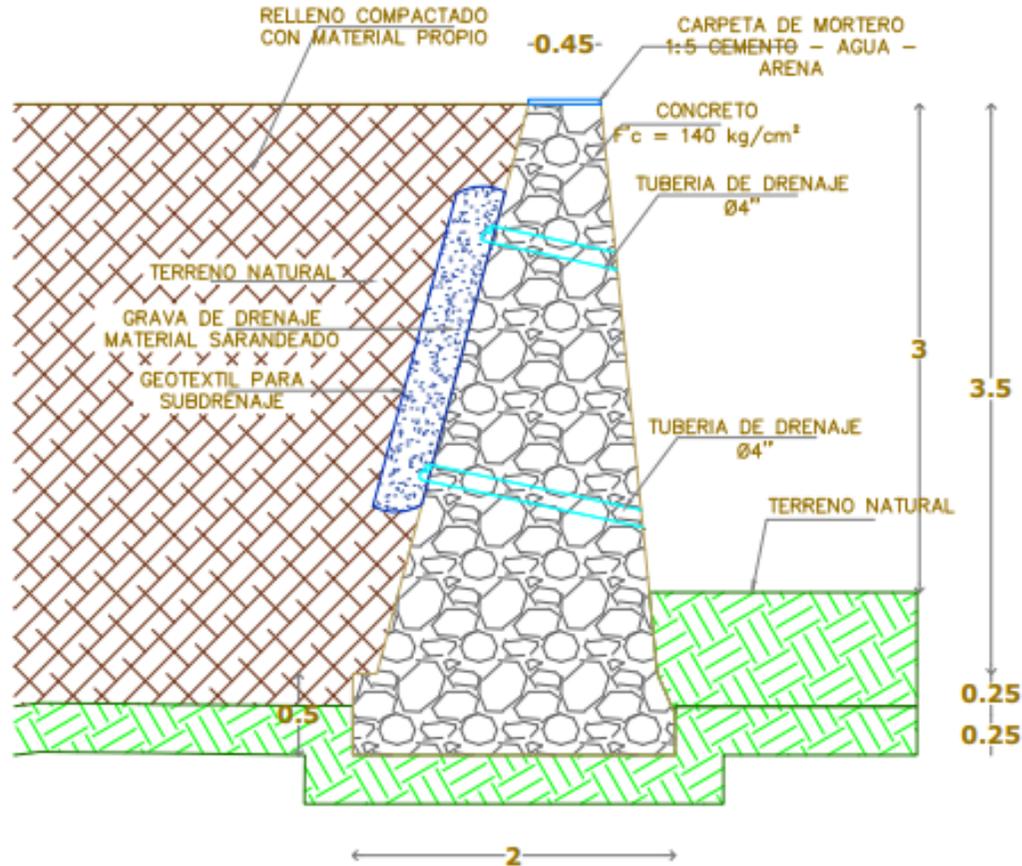








## SECCION DE MURO DE GRAVEDAD



ESC: 1/40



"UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE SANTA  
MARIA"

PROYECTO:  
"MODELAMIENTO  
HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO PARA EL  
ANÁLISIS DE INUNDACION  
UTILIZANDO LOS  
MODELOS NUMERICOS  
IRIC Y RS MINERVE EN EL  
CAUCE DE LA QUEBRADA  
CIUDAD DE DIOS,  
DISTRITO DE YURA,  
PROVINCIA Y REGION DE  
AREQUIPA"

UBICACIÓN:  
DEPARTAMENTO: AREQUIPA  
PROVINCIA: AREQUIPA  
DISTRITO: YURA

BACHILLERES:  
ORELLANA PERALTA, GUSTABO RAUL

PLAZO DE:  
SECCIONES  
TRANSVERSALES

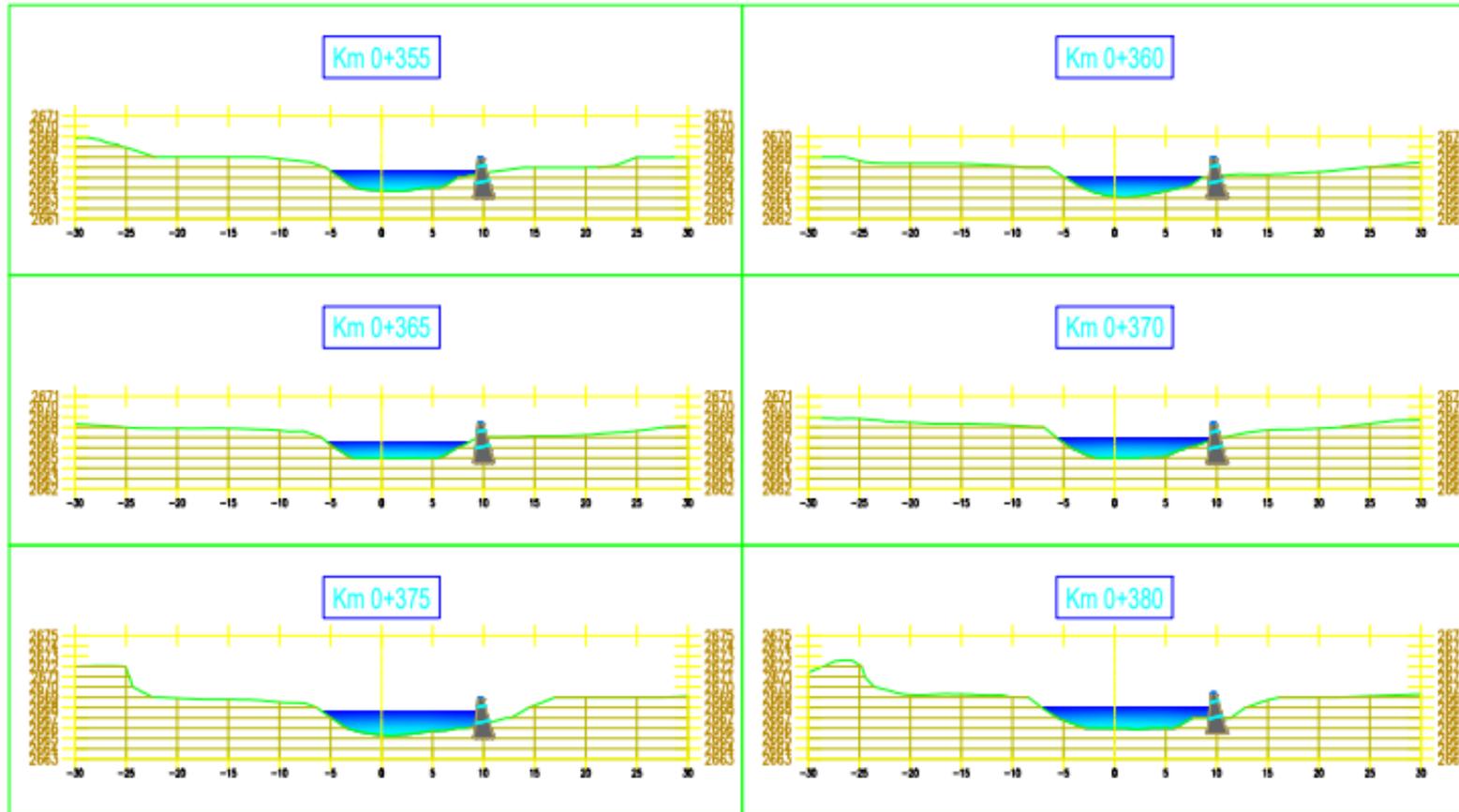
PROGRESIVA 0+355 AL  
0+350

ESCALA DIBUJO:  
ESCALA INDICADA

FECHA:  
ABRIL 2023

LÁMINA:  
E-01

## SECCIONES



ESC: 1/600



**"UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE SANTA  
MARIA"**

PROYECTO:  
**"MODELAMIENTO  
HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO PARA EL  
ANÁLISIS DE INUNDACION  
UTILIZANDO LOS  
MODELOS NUMERICOS  
IRIC Y RS MINERVE EN EL  
CAUCE DE LA QUEBRADA  
CIUDAD DE DIOS,  
DISTRITO DE YURA,  
PROVINCIA Y REGION DE  
AREQUIPA"**

UBICACION:  
DEPARTAMENTO: AREQUIPA  
PROVINCIA: AREQUIPA  
DISTRITO: YURA

BACHILLERES:  
**ORELLANA PERALTA, GUSTABO RAUL**

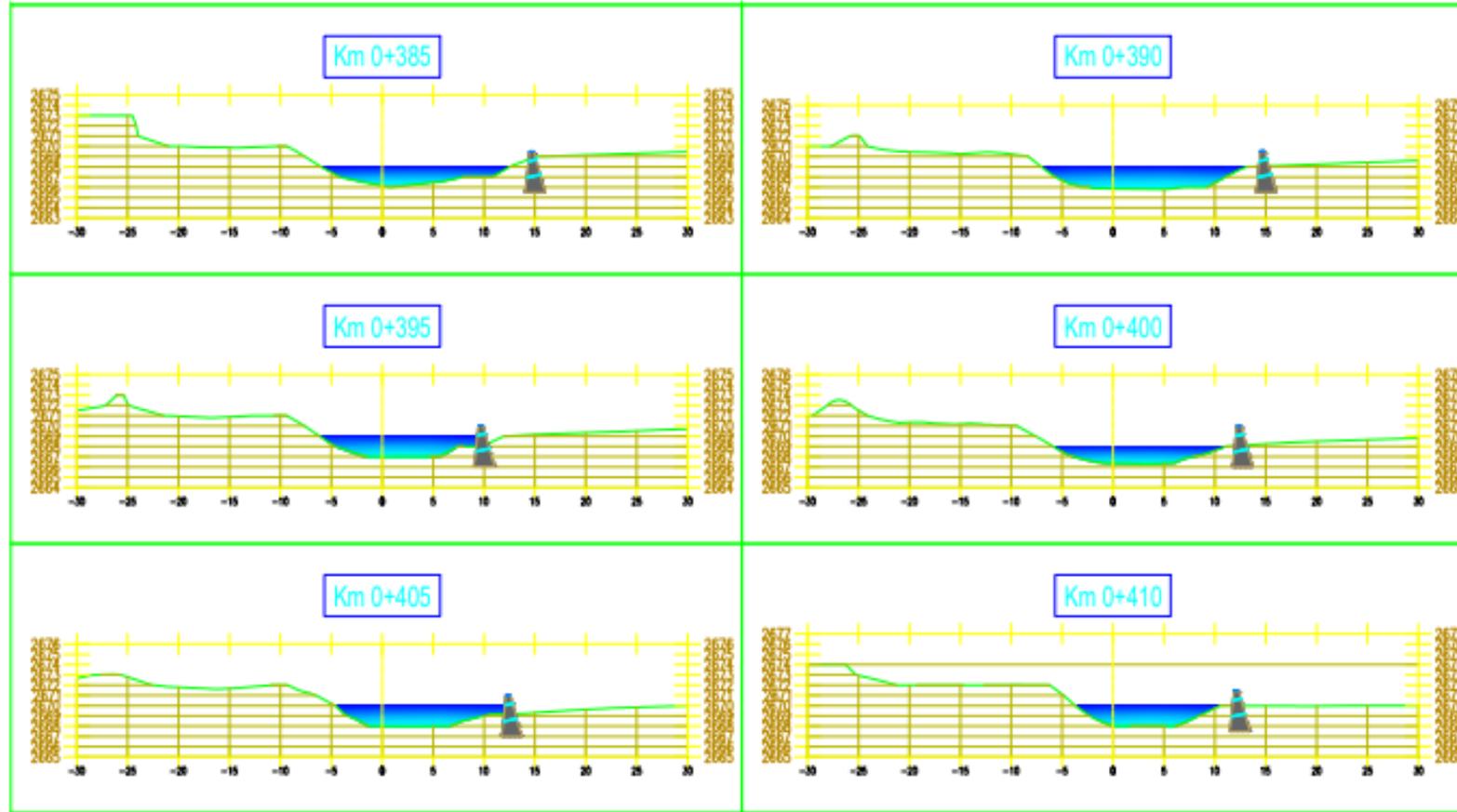
PLANO DE:  
**SECCIONES  
TRANSVERSALES**  
PROGRESIVA 0+355 AL  
0+380

ESCALA DIBUJO:  
ESCALA INDICADA

FECHA:  
ABRIL 2023

LABORA:  
**ST-01**  
Actividad  
Ve a C

## SECCIONES



ESC: 1/600



**"UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE SANTA  
MARIA"**

PROYECTO:  
"MODELAMIENTO  
HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO PARA EL  
ANÁLISIS DE INUNDACION  
UTILIZANDO LOS  
MODELOS NUMERICOS  
IRIC Y RS MINERVE EN EL  
CAUCE DE LA QUEBRADA  
CIUDAD DE DIOS,  
DISTRITO DE YURA,  
PROVINCIA Y REGION DE  
AREQUIPA"

UBICACION:  
DEPARTAMENTO: AREQUIPA  
PROVINCIA: AREQUIPA  
DISTRITO: YURA

BACHILLERES:  
ORELLANA PERALTA, GUSTABO RAUL

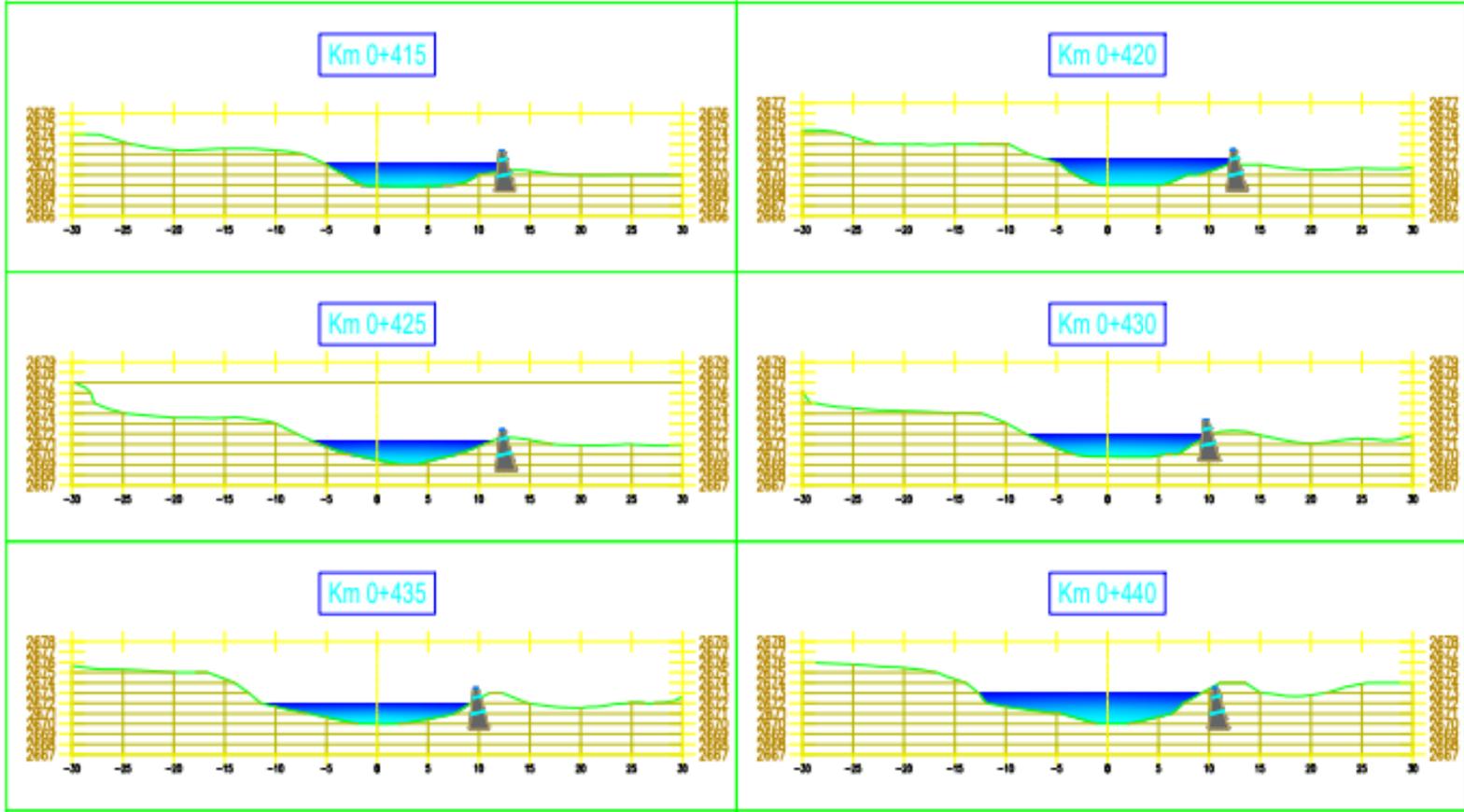
PLAZO DE:  
**SECCIONES  
TRANSVERSALES**  
PROGRESIVA 0+385 AL  
0+410

ESCALA DIBUJO:  
ESCALA INDICADA

FECHA:  
ABRIL 2023

LÁMINA:  
**ST-02**

# SECCIONES



ESC: 1/600



"UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA"

PROYECTO:  
 "MODELAMIENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE INUNDACION UTILIZANDO LOS MODELOS NUMERICOS IRIC Y RS MINERVE EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA CIUDAD DE DIOS, DISTRITO DE YURA, PROVINCIA Y REGION DE AREQUIPA"

UBICACIÓN:  
 DEPARTAMENTO: AREQUIPA  
 PROVINCIA: AREQUIPA  
 DISTRITO: YURA

BACHILLERES:  
 ORELLANA PERALTA, GUSTABO RAUL

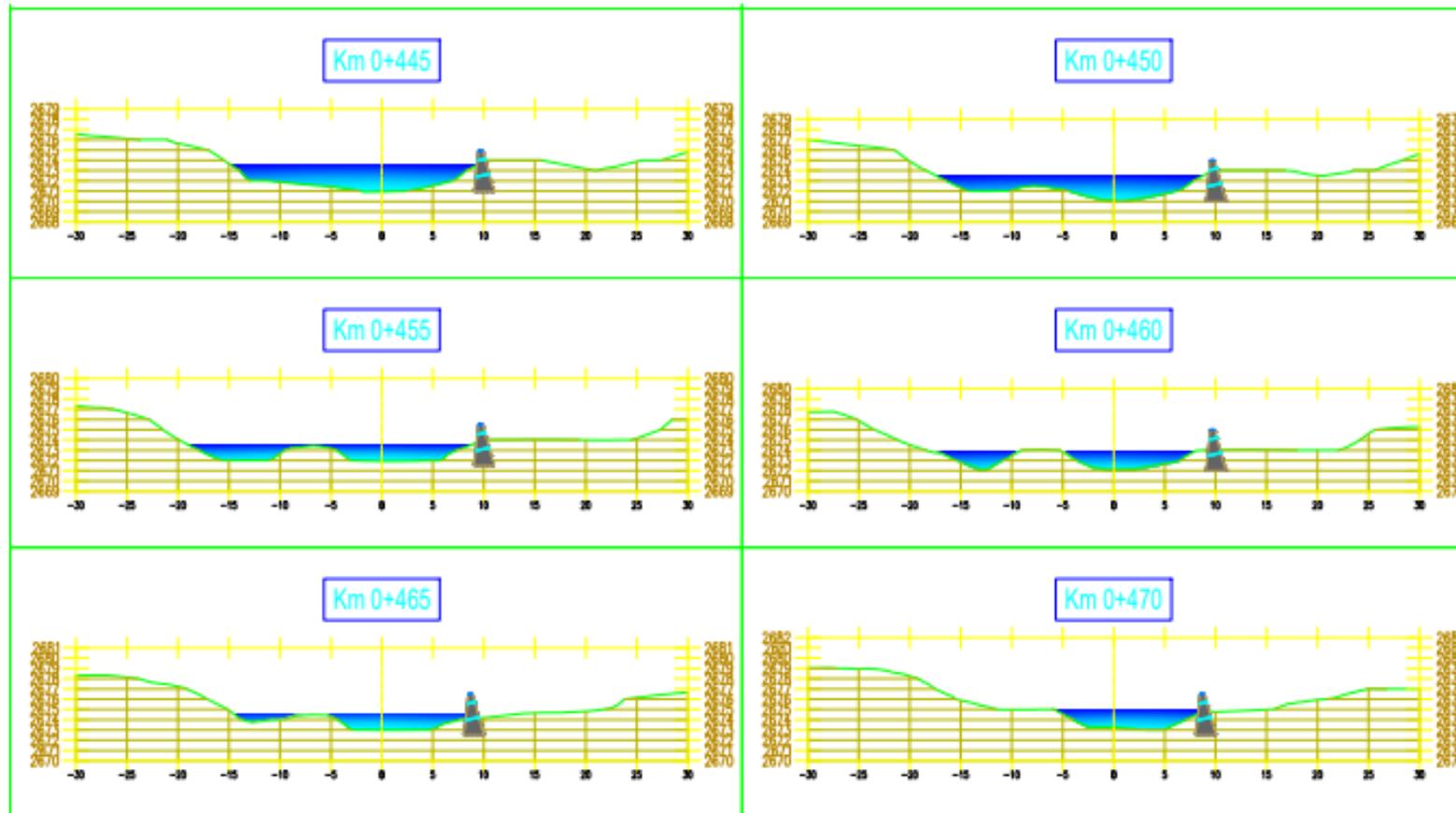
FUENTE:  
**SECCIONES TRANSVERSALES**  
 PROGRESIVA 0+415 AL 0+440

ESCALA DIBUJO:  
 ESCALA INDICADA

FECHA:  
 ABRIL 2023

LÁMINA:  
**ST-03**

## SECCIONES



ESC: 1/600



"UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE SANTA  
MARIA"

PROYECTO:  
"MODELAMIENTO  
HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO PARA EL  
ANÁLISIS DE INUNDACION  
UTILIZANDO LOS  
MODELOS NUMERICOS  
IRIC Y RS MINERVE EN EL  
CAUCE DE LA QUEBRADA  
CIUDAD DE DIOS,  
DISTRITO DE YURA,  
PROVINCIA Y REGION DE  
AREQUIPA"

UBICACIÓN:  
DEPARTAMENTO: AREQUIPA  
PROVINCIA: AREQUIPA  
DISTRITO: YURA

BACHILLERES:  
ORELLANA PERALTA, GUSTAVO RAUL

PLANO DE:  
**SECCIONES  
TRANSVERSALES**

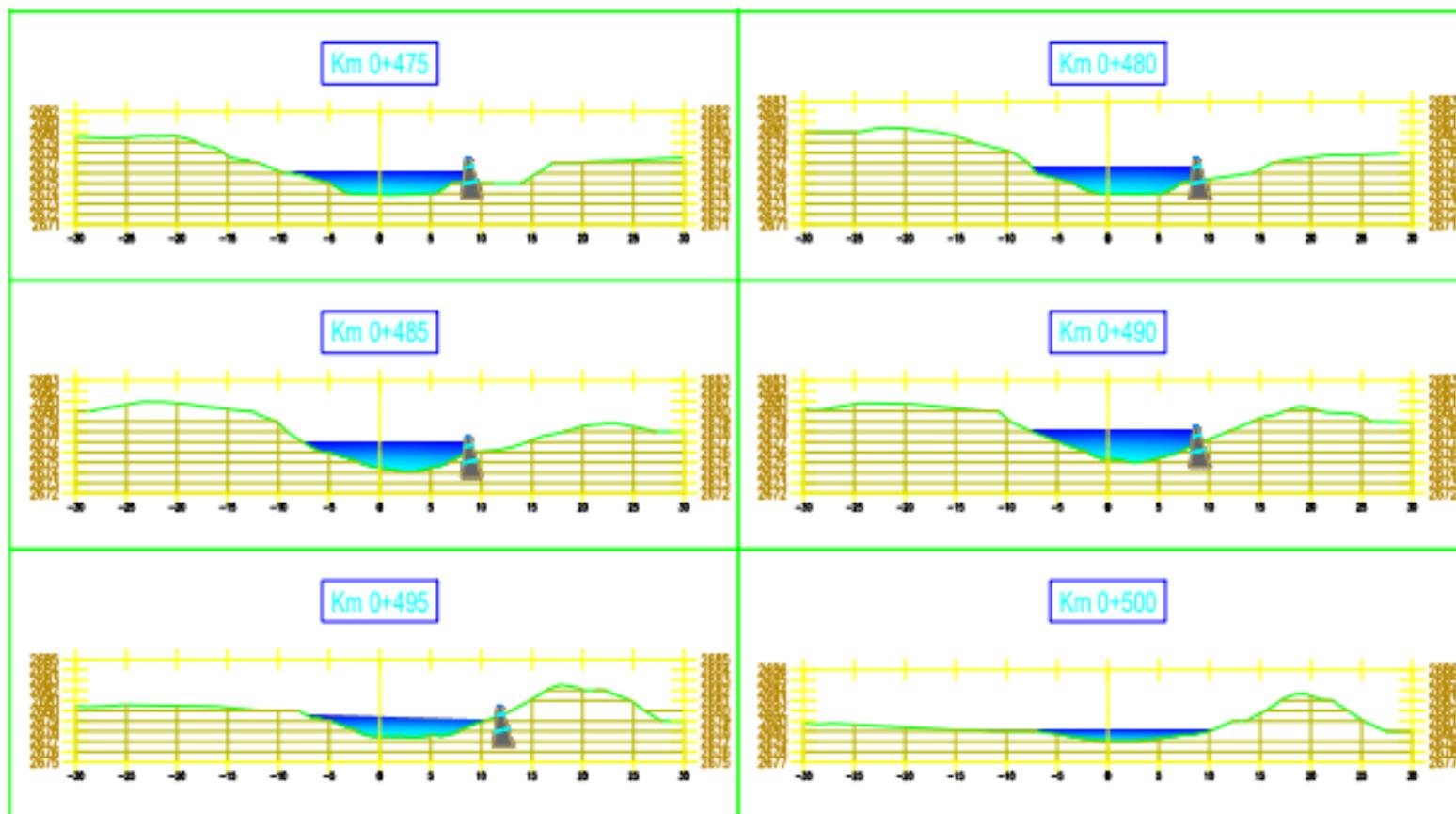
PROGRESIVA: 0+445 AL  
0+470

ESCALA DIBUJO:  
ESCALA INDICADA

FECHA:  
ABRIL 2023

LEGENDA:  
**ST-04**

## SECCIONES



ESC: 1/600



"UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE SANTA  
MARIA"

PROYECTO:  
"MODELAMIENTO  
HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO PARA EL  
ANÁLISIS DE INUNDACION  
UTILIZANDO LOS  
MODELOS NUMERICOS  
IRC Y RS MINERVE EN EL  
CAUCE DE LA QUEBRADA  
CIUDAD DE DIOS,  
DISTRITO DE YURA,  
PROVINCIA Y REGION DE  
AREQUIPA"

UBICACION:  
DEPARTAMENTO AREQUIPA  
PROVINCIA AREQUIPA  
DISTRITO YURA

BACHILLEROS:  
ORELLANA PERALTA, GUSTABO RAUL

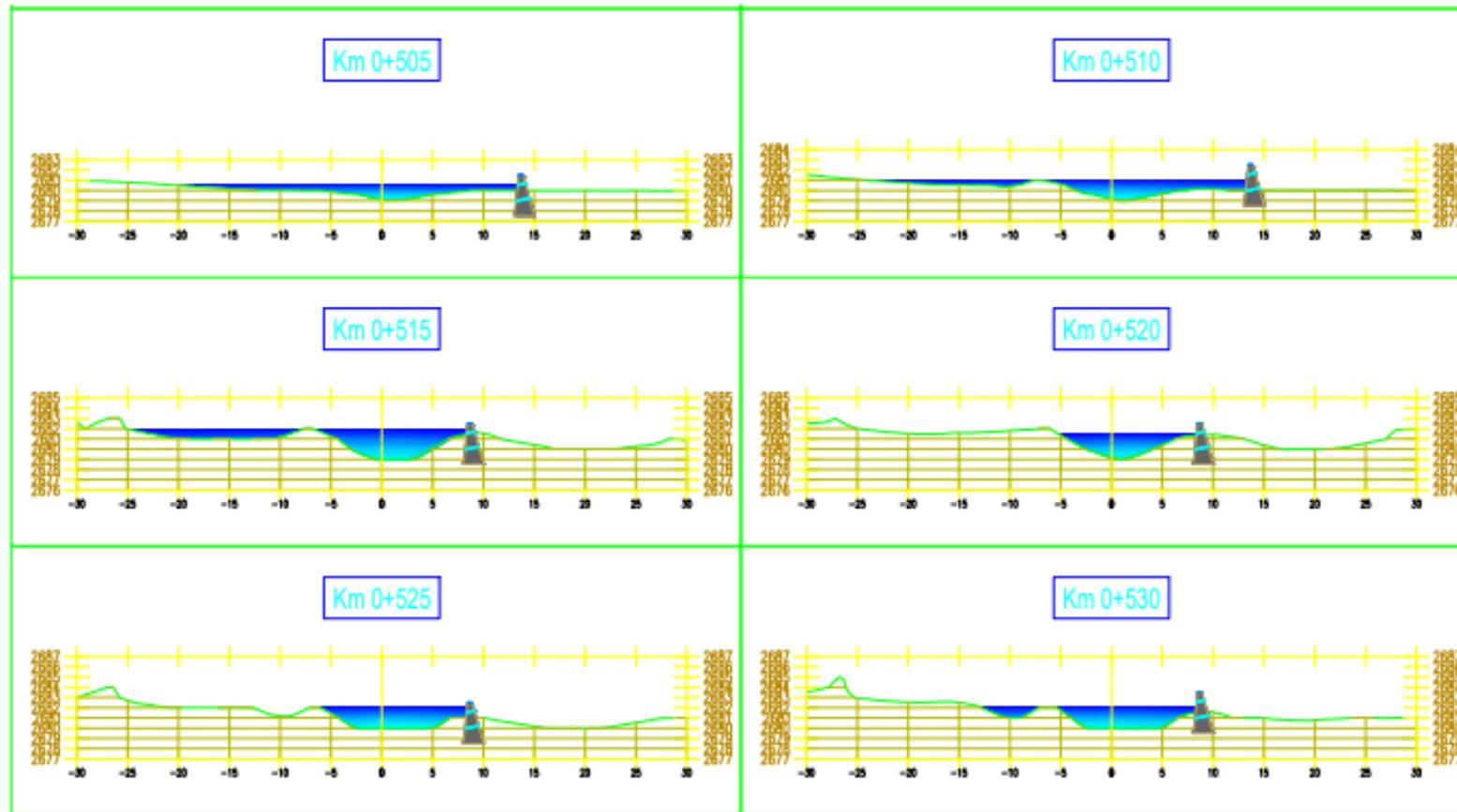
PLANTAS:  
**SECCIONES  
TRANSVERSALES**  
PROGRESIVA 0+475 AL  
0+500

ESCALA ORIGINAL:  
ESCALA INDICADA

FECHA:  
ABRIL 2023

ST-05

## SECCIONES



ESC: 1/600



"UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE SANTA  
MARIA"

PROYECTO:  
"MODELAMIENTO  
HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO PARA EL  
ANÁLISIS DE INUNDACION  
UTILIZANDO LOS  
MODELOS NUMERICOS  
IRC Y RS MINERVE EN EL  
CAUCE DE LA QUEBRADA  
CIUDAD DE DIOS,  
DISTRITO DE YURA,  
PROVINCIA Y REGION DE  
AREQUIPA"

UBICACION:  
DEPARTAMENTO: AREQUIPA  
PROVINCIA: AREQUIPA  
DISTRITO: YURA

BACHILLERES:  
ORELLANA PERALTA, GUSTABO RAUL

PLANO DE:  
SECCIONES  
TRANSVERSALES

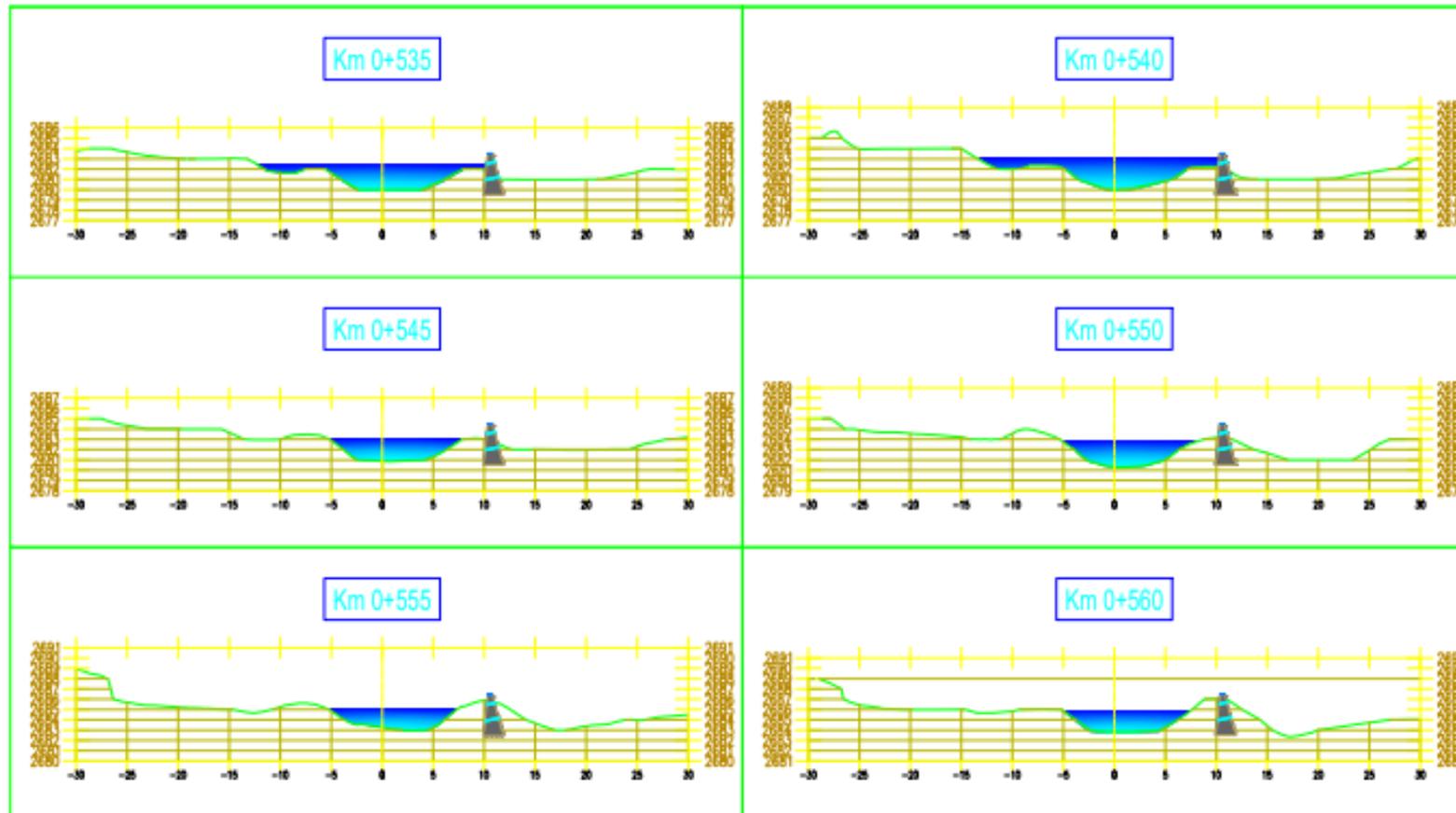
PROGRESIVA: 0+505 AL  
0+530

ESCALA DIBUJO:  
ESCALA INDICADA

FECHA:  
ABRIL 2023

LÍNEA:  
ST-06

## SECCIONES



ESC: 1/600



**"UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE SANTA  
MARIA"**

PROYECTO:  
**"MODELAMIENTO  
HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO PARA EL  
ANÁLISIS DE INUNDACION  
UTILIZANDO LOS  
MODELOS NUMERICOS  
IRIC Y RS MINERVE EN EL  
CAUCE DE LA QUEBRADA  
CIUDAD DE DIOS,  
DISTRITO DE YURA,  
PROVINCIA Y REGION DE  
AREQUIPA"**

UBICACION:  
DEPARTAMENTO: AREQUIPA  
PROVINCIA: AREQUIPA  
DISTRITO: YURA

BACHILLERES:  
**ORELLANA PERALTA, GUSTABO RAUL**

PLANTAS:  
**SECCIONES  
TRANSVERSALES**  
PROGRESIVA 0+535 AL  
0+560

ESCALA DIBUJO:  
ESCALA INDICADA

FECHA:  
ABRIL 2023

LEYENDA:  
**ST-07**

## ANEXO 2 PANEL FOTOGRÁFICO



Se puede observar el reservorio, siendo esta la parte alta de la quebrada.



Se observa piedras de hasta 1.2 metros de diámetro y vegetación en la parte alta de la quebrada.



Se observan viviendas muy cerca del margen izquierdo de la quebrada.



A medida que vamos bajando la quebrada, se siguen observando las piedras y vegetación.



Bajando la quebrada, en el margen izquierdo se observa una vía afirmada.



Bajando la quebrada, en el margen derecho se observa una vía asfaltada.



A medida que se baja de la quebrada, se observa un diámetro menor en las piedras.



Se visualiza una losa de futbol en el margen izquierdo de la quebrada.



Se encontró alcantarillas de drenaje pluvial.



Las alcantarillas de drenaje pluvial direccionan el agua de lluvia a la quebrada.



Se encontraron varias alcantarillas de drenaje pluvial a lo largo de toda la quebrada.



Se visualizan 2 puentes para el pase vehicular.



Viviendas que han sido afectadas por los deslizamientos de la quebrada y su proximidad a esta.



Se puede observar la cercanía de las viviendas a la quebrada.