

Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del
Ambiente**

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA
VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO – VINOMORE DEL KM 18+000 AL
KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ
CERRO, MOQUEGUA, 2019**

Tesis presentada por el Bachiller:

Rodríguez Dueñas, Alberto César

para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil.

Asesor:

Ing. Rubén Gamarra Tuco

Arequipa – Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA CIVIL TITULACIÓN
CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 15 de Abril del 2021

Dictamen: 000762-C-EPIC-2021

Visto el borrador del expediente 000762, presentado por:

2014241491 - RODRIGUEZ DUEÑAS ALBERTO CESAR

Titulado:

**DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA
VECINALMO-512, TRAMO TALAHUAYO - VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000,
DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA,
2019**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1888 - NEIRA ARENAS JULY
LILIAMDICTAMINADOR**

**2530 - TEJADA CALDERON JUAN
CARLOSDICTAMINADOR**

**3044 - GAMARRA TUCO RUBEN
FRANCISCODICTAMINADOR**

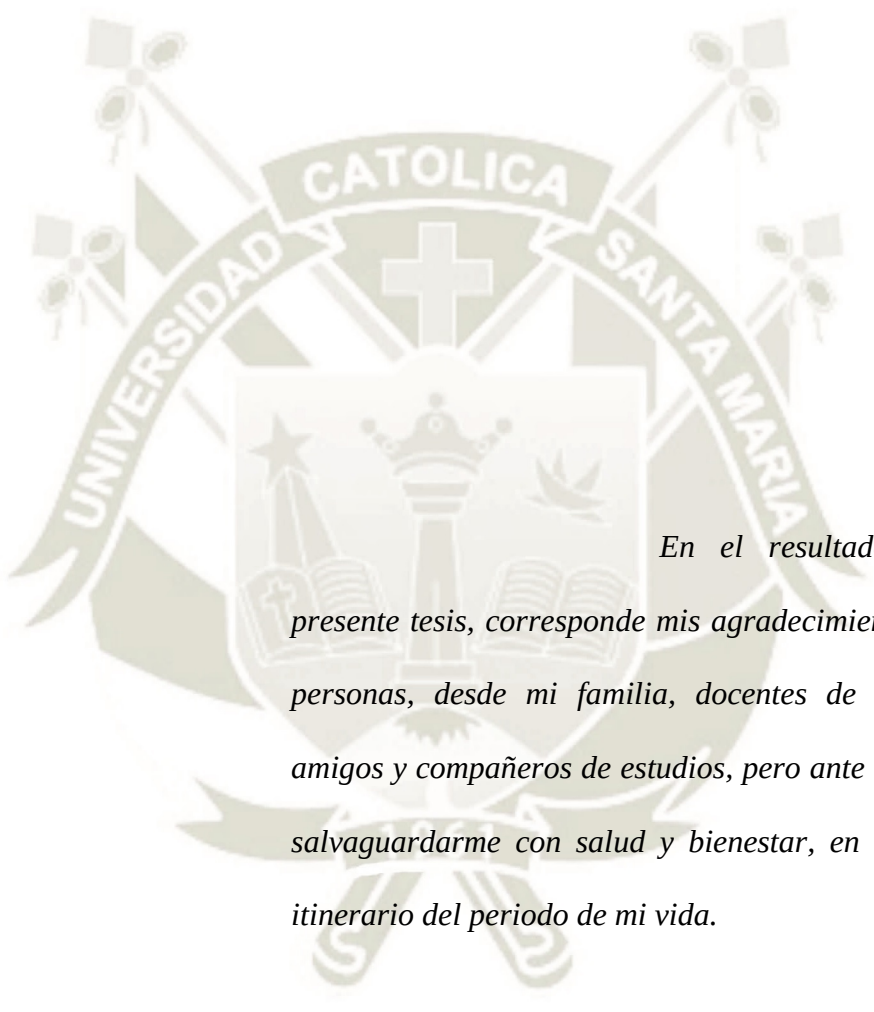


DEDICATORIA

A DIOS: Por su infinita sabiduría, al guiarme diariamente por la ruta menos escabrosa, a mi mamá María y mi mamá Fanny por apoyarme siempre en mi etapa universitaria como fuera de ella, a mi papá Gilberto por sus consejos queriendo constantemente lo mejor para mí, a mi tía Johanna, mi papá Cesar y a mis dos hermanos que me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos, por último dedico este logro a mis seres queridos que ya no se encuentran entre nosotros, pero su cariño se quedó conmigo.



AGRADECIMIENTO



En el resultado final de la presente tesis, corresponde mis agradecimientos a múltiples personas, desde mi familia, docentes de la universidad, amigos y compañeros de estudios, pero ante todo a Dios por salvaguardarme con salud y bienestar, en este importante itinerario del periodo de mi vida.

RESUMEN

El mejoramiento de la vía vecinal MO-512, entre los anexos de Talahuayo – Vinomore del distrito de La Capilla, provincia General Sánchez Cerro-Moquegua, será beneficioso para la población, puesto que se reducirá los tiempos de traslado de los pobladores, así como sus productos agrícolas y ganaderos de la zona, además de disminuir la cantidad de incidentes y accidentes por la infraestructura vial inadecuada. Para conseguir este mejoramiento se realizaron una serie de estudios como:

Estudio de tránsito, donde se realizó el conteo y clasificación vehicular, así como también se determinó el número de ejes equivalentes.

Diseño del afirmado, se determinó el CBR de la subrasante de las dos calicatas realizadas, a partir de estas se registró el CBR de diseño calculado del percentil 75, que junto con el número de ejes equivalentes se obtuvo el espesor del afirmado.

Estudio topográfico, se trabajó con el dron PHANTOM 4 PRO y con un GPS diferencial, los cuales permitieron realizar un levantamiento topográfico óptimo, se trabajó con 6 puntos de control distribuidos a lo largo del tramo en estudio.

Estudio de diseño geométrico, se cumplió con todas las sugerencias propuestas en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del MTC, ya sea en planimetría como en altimetría, así como su interacción entre ambas, también se diseñó las secciones transversales cumpliendo con el bombeo y peralte recomendado.

Estudio de mecánica de suelos, se describió el tipo de suelo de la subrasante y de las canteras, así como también se realizó los ensayos pertinentes para el suelo de fundación como para el afirmado, siempre cumpliendo con las especificaciones propuestas en el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG-2013 del MTC.

Estudio de la estabilidad de taludes, se muestra los círculos de falla más comunes, con su respectivo factor de seguridad, tanto para taludes de corte como para terraplenes, aplicando los métodos de Fellenius y de Bishop.

Estudio hidrológico y obras de arte, se obtuvieron datos históricos de las precipitaciones pluviales máximas de 51 años atrás, con las cuales se trabajaron hasta obtener las curvas IDF, de donde se consiguió las intensidades para cada periodo de retorno.

Diseño hidráulico, se determinó el caudal de aporte de las laderas y/o quebradas por el Método Racional, para posteriormente realizar el diseño de las cunetas y de las alcantarillas correspondientes, cumpliendo con los límites y parámetros establecidos y así evitar que las estructuras fallen.

Presupuesto y programación de obras, se determinó el costo total del estudio, realizándose los metrados correspondientes, así como los rendimientos para cada partida; también se especificó la programación de obra basándose en lo anterior mencionado.

Palabras claves:

Estudio, diseño, manual de carreteras, suelos, subrasante, afirmado, alcantarilla.

ABSTRACT

The improvement of the MO-512 neighborhood road, between the Talahuayo - Vinomere annexes of the La Capilla district, General Sánchez Cerro-Moquegua province, will be beneficial for the population, since it will reduce the transfer times of the inhabitants, as well as its agricultural and livestock products in the area, in addition to reducing the number of incidents and accidents due to inadequate road infrastructure. To achieve this improvement, a series of studies were carried out such as:

Traffic study, where the vehicle count and classification was carried out, as well as the number of equivalent axles was determined.

Design of the affirmed, the CBR of the subgrade of the two pits made was determined, from these the calculated design CBR of the 75th percentile was recorded, which together with the number of equivalent axes the thickness of the affirmation was obtained.

Topographic study, we worked with the PHANTOM 4 PRO drone and with a differential GPS, which allowed an optimal topographic survey, we worked with 6 control points distributed along the section under study.

Geometric design study, all the suggestions proposed in the Highway Manual: Geometric Design DG-2018 of the MTC were fulfilled, either in planimetry or altimetry, as well as their interaction between the two, the cross sections were also designed complying with the recommended pumping and cant.

Soil mechanics study, the type of soil of the subgrade and of the quarries was described, as well as the pertinent tests for the foundation soil as for the affirmed soil, always complying with the specifications proposed in the Highway Manual - General Technical Specifications for Construction, EG-2013 of the MTC.

Study of slope stability, shows the most common failure circles, with their respective safety factor, for both cut slopes and embankments, applying the Fellenius and Bishop methods.

Hydrological study and works of art, historical data of the maximum rainfall of 51 years ago were obtained, with which they were worked to obtain the IDF curves, from which the intensities for each return period were obtained.

Hydraulic design, the contribution flow of the slopes and / or streams was determined by the Rational Method, to later carry out the design of the ditches and the corresponding sewers, complying with the established limits and parameters and thus prevent the structures from failing.

Budget and schedule of works, the total cost of the study was determined, making the corresponding metrics, as well as the yields for each item; The work schedule was also specified based on the aforementioned.

Key words:

Study, design, manual of roads, soils, subgrade, affirmed, culvert.

INTRODUCCIÓN

El presente análisis es una contribución al mejoramiento de la vía vecinal MO-512, tramo Talahuayo – Vinomore del km 18+000 al km 23+000, distrito de La Capilla. Este estudio refuerza la situación actual de los pobladores de la zona, los cuales invierten muchas horas para movilizarse de una localidad a otra, siendo su principal medio de transportes unidades motorizadas de tránsito esporádico.

Mantener esta vía puede ser la mejor inversión, con una buena conservación adecuada no solo garantiza la inversión inicial del mejoramiento de la vía, sino que también reduciría los costos operativos de los vehículos extendiendo la vida útil de la carretera y así mismo de los vehículos que la utilizan.

Se realizó el presente estudio para cubrir las necesidades de transitabilidad que actualmente es irregular para la población del distrito de la Capilla, así como también para conocer el tránsito futuro que va a recibir dicho tramo de vía y de tal manera diseñar el espesor adecuado del afirmado el cual soportará las cargas vehiculares que pasarán sobre la vía mejorada.

Se realizó el estudio topográfico mediante dron lográndose obtener curvas de nivel y ortofotos, información que fue primordial para realizar los estudios posteriores del proyecto.

Para el diseño geométrico de la carretera en estudio se cumplió con los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del MTC, para así concluir con una vía en óptimas condiciones de transitabilidad y seguridad.

Las características físico-mecánicas del suelo son importantes para conocer el comportamiento del terreno donde se realizará el proyecto, por lo que se analizó mediante ensayos cada tipo de muestra proveniente tanto de las canteras como de la subrasante para determinar sus propiedades.

Es importante conocer las precipitaciones pluviales, así como también sus intensidades de acuerdo con el periodo de retorno, puesto que con estos valores se estimará los caudales de aporte de las laderas y/o quebradas realizando un buen diseño de las obras de arte que sean necesarias a lo largo del alineamiento.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCCIÓN	ix
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxvii
ÍNDICE DE FÓRMULAS.....	xxx
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxxii
I. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	34
1.1. Realidad problemática.....	34
1.1.1. Aspectos generales.....	35
1.1.2. Aspectos demográficos, sociales y económicos	37
1.1.3. Infraestructura de servicios	37
1.1.4. Servicios públicos existentes	38
1.2. Antecedentes	39
1.3. Teorías relacionadas al tema	40
1.3.1. Marco Legal.....	40
1.3.2. Marco conceptual.....	41

1.4.	Formulación del problema	48
1.5.	Justificación del estudio	48
1.6.	Objetivos	49
1.6.1.	Objetivo General:.....	49
1.6.2.	Objetivos Específicos:	49
II.	MÉTODO DE ESTUDIO.....	51
2.1.	Diseño del estudio	51
2.1.1.	Tipo y enfoque del estudio.....	51
2.1.2.	Nivel de estudio	51
2.2.	Población y muestra	51
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
2.4.	Métodos de análisis de datos	52
2.5.	Aspectos éticos	52
III.	ESTUDIO DE TRÁFICO.....	53
3.1.	Generalidades	53
3.2.	Conteo y clasificación vehicular	53
3.3.	Determinación del índice medio diario anual (IMDA)	55
3.4.	Determinación del factor de crecimiento anual.....	59
3.5.	Clasificación del tráfico según el número de repeticiones de ejes equivalente	60
3.6.	Plan de Horarios	65
IV.	ESTUDIO DISEÑO DE AFIRMADO.....	67

4.1.	Generalidades	67
4.2.	CBR de subrasante	67
4.3.	Categoría de subrasante.....	69
4.4.	Espesor del afirmado.....	70
4.5.	Material de afirmado	73
V.	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	75
5.1.	Generalidades:.....	75
5.2.	Ubicación	76
5.3.	Reconocimiento de la zona	77
5.4.	Metodología de trabajo.....	78
5.4.1.	Personal.....	79
5.4.2.	Equipos	79
5.4.3.	Materiales.....	80
5.5.	Procedimiento.....	81
5.5.1.	Inspección de la zona de estudio.....	81
5.5.2.	Plan de vuelo.....	81
5.5.3.	Vuelo del dron.....	81
5.5.4.	Puntos de apoyo y control terrestre.....	83
5.5.5.	Planeación y ejecución del vuelo.....	84
5.5.6.	Puntos de georreferenciación.....	85
5.6.	Trabajo de gabinete	86

5.6.1.	Proceso fotogramétrico	86
5.6.2.	Precisión del levantamiento	87
5.6.3.	Procesamiento de la información de campo y dibujo de planos	88
5.6.4.	Resultados del trabajo fotogramétrico	89
VI.	ESTUDIO DISEÑO GEOMÉTRICO	91
6.1.	Generalidades	91
6.2.	Clasificación de las carreteras	91
6.2.1.	Clasificación de acuerdo con su función	91
6.2.2.	Clasificación de acuerdo con su demanda	91
6.2.3.	Clasificación por su orografía	92
6.3.	Parámetros básicos para el diseño	92
6.3.1.	Índice medio diario anual	92
6.3.2.	Velocidad de diseño	93
6.3.3.	Distancia de visibilidad	98
6.4.	Alineamiento horizontal	104
6.4.1.	Consideraciones de diseño	104
6.4.2.	Tramos en tangente	105
6.4.3.	Curvas circulares	105
6.4.4.	Radio mínimo	107
6.4.5.	Coordinación entre curvas circulares	109
6.4.6.	Curvas de transición	111

6.4.7. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares	112
6.5. Alineamiento vertical	116
6.5.1. Consideraciones para el alineamiento vertical.....	116
6.5.2. Pendiente.....	117
6.5.3. Curvas verticales.....	118
6.6. Secciones Transversales.....	122
6.6.1. Elementos de la sección transversal.....	122
6.6.2. Calzada o superficie de rodadura.....	123
6.6.3. Bermas	123
6.6.4. Bombeo.....	124
6.6.5. Peralte	125
6.6.6. Taludes.....	127
6.6.7. Cunetas.....	129
6.6.8. Resumen y consideraciones en zona rural	130
6.6.9. Casos de coordinación del trazo en planta y perfil	131
6.7. Alternativas de diseño	132
VII. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS:.....	134
7.1. Formaciones Geomorfológicas	134
7.2. Estudio de suelos.....	136
7.2.1. Alcance	136
7.2.2. Descripción del Proyecto	137

7.2.3.	Descripción de los trabajos	139
7.3.	Estudio de la cantera	147
7.3.1.	Identificación de las canteras	147
7.3.2.	Evaluación de las características de la cantera	149
7.4.	Estudio de la fuente de agua.....	153
7.4.1.	Ubicación	153
7.5.	Botadero	154
7.5.1.	Ubicación	154
VIII.	ESTABILIDAD DE TALUDES	156
8.1.	Generalidades	156
8.2.	Definición de estabilidad.....	156
8.3.	Fallas más comunes en los taludes de las vías terrestres	157
8.3.1.	Deslizamiento	157
8.4.	Cálculo de estabilidad de taludes	161
8.4.1.	Propiedades Geotécnicas Formación Puente	165
8.4.2.	Propiedades Geotécnicas Depósitos Fluviales.....	172
8.4.3.	Propiedades Geotécnicas Formación Labra.....	178
IX.	ESTUDIO HIDROLÓGICO Y OBRAS DE ARTE.....	184
9.1.	Generalidades	184
9.1.1.	En la fase de planificación.	184
9.1.2.	En la fase de diseño del sistema de drenaje	185

9.2. Drenaje	185
9.2.1. Finalidad del drenaje.....	185
9.2.2. Criterios de función.....	185
9.2.3. Período de retorno.....	186
9.2.4. Riesgo de obstrucción	187
9.2.5. Daños debidos a la escorrentía.....	187
9.3. Elementos físicos del drenaje.....	187
9.3.1. Cunetas.....	188
9.3.2. Banquetas.....	189
9.3.3. Sumideros	189
9.3.4. Alcantarillas de paso y alcantarillas de alivio.....	190
9.4. Información hidrometereológica y pluviométrica.....	190
9.4.1. Delimitación de la cuenca.....	190
9.4.2. Estudio de la cuenca.....	192
9.4.3. Estación meteorológica.....	193
9.4.4. Análisis estadístico de la precipitación máxima en 24 horas.....	196
9.4.5. Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.....	197
9.4.6. Cálculo de variables estadísticas y de función.....	197
9.4.7. Determinación de la probabilidad de ocurrencia para la función de distribución de Gumbel.....	198
9.4.8. Cálculo de las precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias	199

9.4.9.	Intensidad de lluvia a partir de la precipitación máxima probable, según la duración de precipitación y frecuencia	201
9.4.10.	Análisis de los datos de regresión	203
9.4.11.	Curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF)	211
X.	DISEÑO HIDRÁULICO	215
10.1.	Drenaje superficial.....	215
10.1.1.	Periodo de retorno	215
10.1.2.	Daños debido a la escorrentía.....	216
10.2.	Diseños de cunetas.....	217
10.2.1.	Diseño.....	219
10.2.2.	Estimación de caudales	222
10.2.3.	Cálculo del caudal de cunetas y comprobación de dimensiones.....	223
10.2.4.	Comprobación de dimensiones mínimas.....	226
10.3.	Alcantarillas.....	229
10.3.1.	Tipo y sección	230
10.3.2.	Caudal de aporte mediante el cálculo hidráulico	231
10.3.3.	Comprobación de diámetro de las alcantarillas de paso y de alivio.....	232
XI.	PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE OBRA.....	236
11.1.	Presupuesto de obra	236
11.1.1.	Resumen de metrados.....	236
11.1.2.	Cálculo de partida del costo de campamento de obra /guardianía y/o depósito	236

11.1.3.	Cálculo de partida de costo de movilización y desmovilización	237
11.1.4.	Topografía y georreferenciación	238
11.1.5.	Movimiento de Tierras	238
11.1.6.	Conservación de Calzada en afirmado	240
11.1.7.	Conservación de drenaje superficial	241
11.1.8.	Extracción de agregados para el concreto-obras de arte	243
11.1.9.	Cálculo de flete terrestre para transporte de materiales de peso	245
11.1.10.	Conservación de postes de kilometraje	246
11.1.11.	Programa de prevención y/o mitigación.....	246
11.1.12.	Programa de contingencias.....	248
11.1.13.	Programa de abandono de obra	248
11.1.14.	Presupuesto COVID-19.....	249
11.1.15.	Datos básicos de ingeniería	250
11.1.16.	Presupuesto General.....	253
11.1.17.	Análisis de Costos Unitarios	253
11.1.18.	Relación de insumos.....	253
11.2.	Programación de obra	253
XII.	CONCLUSIONES.....	254
XIII.	RECOMENDACIONES	257
XIV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	258
ANEXOS.....		267

PLANOS	415



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Resumen del conteo y volumen de tráfico – noviembre/2019.....	54
Cuadro 2: Determinación del $IMDA_0$	56
Cuadro 3: Cantidad de vehículos en servicio para el año 2021	57
Cuadro 4: Determinación de factores para cada tipo de vehículo	62
Cuadro 5: Fórmulas para determinar la relación de carga del eje.....	62
Cuadro 6: Obtención del factor de vehículo pesado	63
Cuadro 7: Número de ejes equivalentes.....	64
Cuadro 8: Número de repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el carril de Diseño para Caminos No Pavimentados.....	65
Cuadro 9: Percentiles de diseño por Número de Ejes Equivalentes	68
Cuadro 10: Detalle del número de calicatas junto con su CBR.....	69
Cuadro 11: Categorías de Subrasante	70
Cuadro 12: Espesores de capas de revestimiento granular	72
Cuadro 13: Especificaciones para un óptimo material de afirmado	74
Cuadro 14: Coordenadas de la estación permanente	79
Cuadro 15: Punto de control terrestre	85
Cuadro 16: Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.	94
Cuadro 17: Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación	96

Cuadro 18: Análisis comparativo entre velocidad específica y velocidad de operación entre las curvas C1 a la C10	96
Cuadro 19: Análisis comparativo entre velocidad específica y velocidad de operación entre las curvas C11 a la C20	97
Cuadro 20: Análisis comparativo entre velocidad específica y velocidad de operación entre las curvas C21 a la C30	97
Cuadro 21: Análisis comparativo entre velocidad específica y velocidad de operación entre las curvas C31 a la C40	98
Cuadro 22: Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%	99
Cuadro 23: Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros).....	100
Cuadro 24: Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	101
Cuadro 25: Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada.....	102
Cuadro 26: Longitudes de tramo en tangente	105
Cuadro 27: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras.....	108
Cuadro 28: Relación entre radios consecutivos sin tangente intermedia o cuya tangente sea menor a 200 m	109
Cuadro 29: Comprobación de radios de curvas de entrada y salida	110
Cuadro 30: Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase.....	112
Cuadro 31: Número de curva y sobreancho.....	115
Cuadro 32: Relación radio de curvatura y sobreancho	115
Cuadro 33: Pendiente Máximas	118

Cuadro 34: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase	121
Cuadro 35: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase	121
Cuadro 36: Anchos mínimos de calzada en tangente	123
Cuadro 37: Ancho de bermas.....	124
Cuadro 38: Valores del bombeo de la calzada.....	125
Cuadro 39: Valores del peralte máximo	126
Cuadro 40: Peralte mínimo	126
Cuadro 41: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte	127
Cuadro 42: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V).....	128
Cuadro 43: Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes).....	129
Cuadro 44: Resumen del diseño geométrico de la carretera.....	130
Cuadro 45: Número de Calicatas para Exploración de Suelos	138
Cuadro 46: Número de Ensayos de CBR.....	139
Cuadro 47: Ubicación de Calicatas con sus Coordenadas	141
Cuadro 48: Resumen del análisis de EMS de las Calicatas	146
Cuadro 49: Resultado del EMS de la Cantera	151
Cuadro 50: Características físicas Cantera Challahuayo	152
Cuadro 51: Características físicas Cantera Vinomore	152
Cuadro 52: Potencias de las Canteras	153

Cuadro 53: Propiedades Geotécnicas de la Formación Puente.....	165
Cuadro 54: Resumen de los factores de seguridad para talud de corte.....	168
Cuadro 55: Propiedades geotécnicas de la Formación Puente en zona de terraplén	169
Cuadro 56: Resumen de los factores de seguridad para terraplén	171
Cuadro 57: Propiedades Geotécnicas Depósitos Fluviales.....	172
Cuadro 58: Resumen de los factores de seguridad para talud de corte.....	175
Cuadro 59: Propiedades geotécnicas de los Depósitos Fluviales en zona de terraplén	175
Cuadro 60: Resumen de los factores de seguridad para terraplén	177
Cuadro 61: Propiedades Geotécnicas Formación Labra	178
Cuadro 62: Resumen de los factores de seguridad para talud de corte.....	181
Cuadro 63: Propiedades geotécnicas de la Formación Labra en zona de terraplén.....	181
Cuadro 64: Resumen de los factores de seguridad para terraplén	183
Cuadro 65: Ubicación de la estación Meteorológica	194
Cuadro 66: Función de distribución de Gumbel.....	198
Cuadro 67: Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas.....	200
Cuadro 68: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias	201
Cuadro 69: Intensidad de lluvia a partir de la precipitación máxima probable, según su respectiva duración y frecuencia.....	202
Cuadro 70: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 2 años	203
Cuadro 71: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 5 años	204
Cuadro 72: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 10 años	204

Cuadro 73: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 25 años	205
Cuadro 74: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 50 años	205
Cuadro 75: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 75 años	206
Cuadro 76: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 100 años	206
Cuadro 77: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 500 años	207
Cuadro 78: Resumen de la aplicación de regresión lineal múltiple, Intensidad – Duración – Frecuencia	211
Cuadro 79: Regresión Potencial.....	212
Cuadro 80: Intensidad – tiempo de duración	213
Cuadro 81: Valores máximos recomendados de riesgo admisible para obras de drenaje	215
Cuadro 82: Valores del periodo de retorno	216
Cuadro 83: Dimensiones mínimas en cunetas	218
Cuadro 84: Máxima velocidad del agua	220
Cuadro 85: Inclinationes máximas del talud (V:H) interior de la cuneta.....	221
Cuadro 86: Taludes apropiados para distintos tipos de material	221
Cuadro 87: Coeficientes de escorrentía para el método racional.....	225
Cuadro 88: Coeficientes de escorrentía en tipo de superficie.....	225
Cuadro 89: Verificación de dimensiones de las Cunetas.....	227
Cuadro 90: Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)	229
Cuadro 91: Ubicación de las alcantarillas de alivio.....	230
Cuadro 92: Ubicación de las alcantarillas de paso.....	230

Cuadro 93: Diámetros comerciales y especificaciones.....	231
Cuadro 94: Cálculo de la velocidad y caudal para distintos diámetros	233
Cuadro 95: Comparación del caudal de diseño y caudal de aporte	234
Cuadro 96: Comparación de la velocidad de diseño y la velocidad máxima	234
Cuadro 97: Velocidad máxima permisible	235



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de conteo vehicular	54
Figura 2: Perfil de CBR's obtenidos	68
Figura 3: Percentil Representativo del CBR.....	69
Figura 4: Modelo Digital de Elevaciones	90
Figura 5: Simbología de la curva circular.....	107
Figura 6: Valores de sobreancho en función a “L” del tipo de vehículo de diseño	114
Figura 7: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas.....	119
Figura 8: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas	119
Figura 9: Nomenclatura de zona de falla y tipos de falla	159
Figura 10: Falla de base y falla limitada por estrato firme	160
Figura 11: Método de las Dovelas – Caso 1-Formación Puente-Talud de Corte	166
Figura 12: Método de las Dovelas – Caso 2-Formación Puente-Talud de Corte	166
Figura 13: Método de las Dovelas – Caso 3-Formación Puente-Talud de Corte	167
Figura 14: Método de las Dovelas – Caso 4-Formación Puente-Talud de Corte	167
Figura 15: Método de las Dovelas – Caso 5-Formación Puente-Talud de Corte	168
Figura 16: Método de las Dovelas – Análisis 1-Formación Puente-Terraplén.....	170
Figura 17: Método de las Dovelas – Análisis 2-Formación Puente-Terraplén.....	170
Figura 18: Método de las Dovelas– Análisis 3-Formación Puente-Terraplén.....	171
Figura 19: Método de las Dovelas – Caso 1- Depósito Fluvial -Talud de Corte.....	172
Figura 20: Método de las Dovelas – Caso 2- Depósito Fluvial -Talud de Corte.....	173

Figura 21: Método de las Dovelas – Caso 3- Depósito Fluvial -Talud de Corte.....	173
Figura 22: Método de las Dovelas – Caso 4 - Depósito Fluvial -Talud de Corte.....	174
Figura 23: Método de las Dovelas – Caso 5-Depósito Fluvial -Talud de Corte.....	174
Figura 24: Método de las Dovelas – Caso 1-Depósito fluvial-Terraplén	176
Figura 25: Método de las Dovelas – Caso 2-Depósito fluvial-Terraplén	176
Figura 26: Método de las Dovelas – Caso 3-Depósito fluvial-Terraplén	177
Figura 27: Método de las Dovelas – Caso 1-Formación Labra-Talud de Corte.....	178
Figura 28: Método de las Dovelas – Caso 2-Formación Labra-Talud de Corte	179
Figura 29: Método de las Dovelas – Caso 3-Formación Labra-Talud de Corte	179
Figura 30: Método de las Dovelas – Caso 4-Formación Labra-Talud de Corte	180
Figura 31: Método de las Dovelas – Caso 5-Formación Labra-Talud de Corte	180
Figura 32: Método de las Dovelas – Caso 1-Formación Labra-Terraplén	182
Figura 33: Método de las Dovelas – Caso 2-Formación Labra-Terraplén	182
Figura 34: Método de las Dovelas – Caso 3-Formación Labra-Terraplén	183
Figura 35: Sección típica de cuneta triangular.....	188
Figura 36: Ubicación de la cuenca de Tambo.....	191
Figura 37: Información Pluviométrica de la Estación de Quinistaquillas	195
Figura 38: Precipitación Máxima en 24 horas	196
Figura 39: Curva IDF de la cuenca	214
Figura 40: Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica.....	218
Figura 41: Sección de cuneta	226

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Localización del proyecto	35
Fotografía 2: Estación en donde se realizó el conteo vehicular	55
Fotografía 3: Aterrizaje del Dron PHANTOM 4 PRO	82
Fotografía 4: Marca de yeso para apreciar las imágenes aéreas	83
Fotografía 5: Colocación del punto de control (Rover) en tierra	84
Fotografía 6: Calicata N°1 ubicada en el km 19+520	141
Fotografía 7: Calicata N°2 ubicada en el km 22+030	142
Fotografía 8: Cantera Challahuayo	143
Fotografía 9: Cantera Vinomore	144
Fotografía 10: Ubicación Cantera de Challahuayo	148
Fotografía 11: Ubicación Cantera de Vinomore	149

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1: Tránsito Promedio Diario Anual	55
Fórmula 2: Proyección de la demanda vehicular	58
Fórmula 3: Factor de crecimiento acumulado	60
Fórmula 4: Determinación del número de repeticiones de ejes equivalentes	61
Fórmula 5: Ejes equivalentes para cada tipo de vehículo	61
Fórmula 6: Cálculo del espesor de la capa de afirmado	70
Fórmula 7: Obtención del radio mínimo.....	107
Fórmula 8: Cálculo del Sobreancho.....	112
Fórmula 9: Método de Fellenius	163
Fórmula 10: Método de Bishop	163
Fórmula 11: Riesgo de falla admisible	186
Fórmula 12: Media aritmética.....	197
Fórmula 13: Desviación estándar.....	197
Fórmula 14: Parámetro de concentración	197
Fórmula 15: Parámetro de localización	197
Fórmula 16: Variable reducida	199
Fórmula 17: Variable de Precipitación	199
Fórmula 18: Probabilidad de ocurrencia.....	199
Fórmula 19: Intensidad de lluvia	201
Fórmula 20: Logaritmo natural del término constante de regresión.....	207

Fórmula 21: Constante de regresión	207
Fórmula 22: Coeficiente de regresión.....	207
Fórmula 23: Cálculo de la Intensidad en función de los parámetros k,m,n.....	212
Fórmula 24: Riesgo Admisible	216
Fórmula 25: Determinación del caudal de aporte	223
Fórmula 26: Cálculo de caudal por Manning	233



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: PBI.....	267
Anexo 2: PBI.....	268
Anexo 3: Factores de corrección estacionales para vehículos ligeros y pesados	269
Anexo 4: Símbolos gráficos para suelos – SUCS.....	270
Anexo 5: Perfil estratigráfico de la calicata N°1	271
Anexo 6: Perfil estratigráfico de la calicata N°2	272
Anexo 7: Análisis de Canteras.....	273
Anexo 8: Análisis de Subrasante	298
Anexo 9: Análisis de Estabilidad en Taludes	323
Anexo 10: Serie histórica de precipitación máxima en 24 horas.....	347
Anexo 11: Precipitación Máxima en 24 horas.....	349
Anexo 12: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel	350
Anexo 13: Cálculo de Diseño de Caudales para Cunetas	352
Anexo 14: Resumen de Metrados	355
Anexo 15: Metrado detallado de movimiento de tierras.....	357
Anexo 16: Metrado para las obras de arte	371
Anexo 17: Presupuesto General.....	382
Anexo 18: Análisis de Costos Unitarios	384
Anexo 19: Listado de Insumos	405
Anexo 20: Programación de obra	407

Anexo 21: Calendario de avance de obra 409

Anexo 22: Calendario Valorizado de Utilización de Recursos 412



I. ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. Realidad problemática

La vía vecinal MO-512, en el tramo Talahuayo – Vinomore, perteneciente al distrito de La Capilla, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua presenta problemas en la infraestructura vial que necesitan ser mejoradas tales como: baches, encalaminado, pendientes pronunciadas, curvas de radio menor al mínimo, entre otros, existiendo tramos que no cumplen con los parámetros básicos para el servicio de transporte y que no se ajustan a los manuales vigentes del MTC poniendo en riesgo la seguridad del público usuario, generando dificultades en el tránsito vehicular y por consiguiente perjudicando el traslado de los pobladores y sus diversos productos agrícolas y ganaderos hacia centros de consumo.

Del mismo modo, las lluvias de temporada dificultan el tránsito por la carretera, por el deficiente drenaje y alcantarillado, causando acumulación de agua en la vía lo que ocasiona un deterioro de las características técnicas de la vía. Estas vías tampoco cumplen con los parámetros establecidos por el Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, el cual manifiesta que se debe de realizar un conjunto de actividades de manera preventiva para evitar el deterioro prematuro de los elementos que conforman la vía una vez que esta haya sido mejorada, existiendo dos tipos de mantenimiento los cuales son, el rutinario que son un conjunto de actividades de corrección inmediata de defectos y el periódico que no son de reparación inmediata pero son programables para ser realizadas por tramos viales.

1.1.1. Aspectos generales

a. Ubicación Política

Políticamente el estudio integral está ubicado entre los anexos de Talahuayo y Vinomore del distrito de La Capilla en la provincia General de Sánchez Cerro en el departamento de Moquegua. (Plano 1: Plano de Ubicación: PU-01)

La vía vecinal limita con los siguientes poblados:

- Este: Con el río Tambo
- Norte: Con el distrito de Puquina
- Oeste: Con el anexo de Yalaque
- Sur: Con el anexo de Sahuanay

Fotografía 1: Localización del proyecto



Fuente: Google

b. Accesibilidad

Existen tres rutas para llegar al distrito de La Capilla, una es desde la ciudad de Arequipa pasando por el distrito de Puquina, recorriendo alrededor de 80 km, la siguiente es desde la ciudad de Arequipa pasando por el Santuario de Chapi y llegando al anexo de Yalaque, aproximadamente a unos 90 km de distancia, y la otra ruta es desde la ciudad de Moquegua, siguiendo la carretera hacia el distrito de Omate, pasando por el distrito de Puquina a unos 180 km de distancia.

c. Topografía

El distrito de La Capilla al estar ubicado en un valle interandino, la morfología del terreno es muy variada con presencia de laderas en los flancos del valle. La topografía es moderadamente accidentada con alturas que varían entre los 1500 y 2600 m.s.n.m. conformando quebradas poco profundas siendo la quebrada de La Yanque la más considerable de la zona.

d. Condiciones climatológicas

Al ser un valle interandino el clima es templado, sin embargo, en las partes altas el clima es frígido. Tiene una temperatura máxima media anual de entre 20 a 24 °C y una temperatura mínima media entre 8 a 12 °C anual tal como lo indica SENAMHI. Con temperaturas bordeando los 28 °C en los meses de verano y en los meses de invierno llegando a 5 °C.

1.1.2. Aspectos demográficos, sociales y económicos

- Población:

La población referencial correspondiente al área influyente por el presente proyecto está conformada por los habitantes de los anexos comprendidos entre Talahuayo y Vinomore. Para determinar la población beneficiada, se tomó como referencia los resultados del Censo Nacional del año 2017, donde el distrito de La Capilla contó con 527 habitantes.

- Actividad económica

Dentro de las principales actividades económicas de la población del distrito de La Capilla, están relacionadas las actividades agrícolas, frutícolas y ganaderas.

La mayor parte de los pobladores del distrito de La Capilla se dedican a la agricultura, cultivando predominantemente papa, maíz, trigo y árboles frutales para el consumo humano directo y para venta en zonas cercanas. Otros pobladores, se dedican a la ganadería vacuna y ovina, la crianza de aves es a menor escala, así como otros animales menores.

1.1.3. Infraestructura de servicios

– Educación:

Las principales instituciones educativas del distrito de La Capilla son:

Educación Inicial-Primaria

Escuela del anexo de Challahuayo.

Educación Inicial-Primaria-Secundaria

Escuela de La Capilla.

– Salud:

En el Distrito De La Capilla, existe un único Puesto de Salud en el anexo de Curuyo, el cual cuentan con un médico, una enfermera y un técnico en enfermería, encargados de la asistencia de controles, emergencias, campañas de vacunación, atención al niño, tratamiento de TBC y seguimiento y control del COVID-19.

1.1.4. Servicios públicos existentes

a. Servicios de agua potable

Administrada por la Municipalidad Distrital De La Capilla, tanto para el distrito como para sus anexos.

b. Servicios de desagüe

El sistema de disposición sanitaria de excretas en los anexos se encuentra en actual ejecución.

c. Servicios de energía eléctrica

Alumbrado público y domiciliario en la localidad de La Capilla y sus anexos, proporcionado por la empresa ELECTROSUR.

d. Otros servicios

Servicio telefónico móvil.

Servicio de internet.

1.2. Antecedentes

Velásquez, J. (2017), en su tesis: *“Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo: desvió de Villacruz de Algallama - ingreso a Cachicadan, distrito de Cachicadan, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad”*. Escuela Académica de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú. El diseño de la carretera ha sido estudiado e investigado para contribuir al progreso de los pueblos en mención. Desarrollo los objetivos individuales propuestos para su implementación, como son: Levantamiento topográfico, investigación de mecánica de suelos y diseño geométrico para una carretera pavimentada.

Briceño, L. (2017), en la tesis: *“Propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel afirmado entre los tramos del caserío de Nueva Delicia Chinchupata, distrito de Chillia – provincia de Pataz - La Libertad 2017”*. Carrera Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Privada de Trujillo. Trujillo, Perú. La presente investigación es proponer una mejora de la carretera a un nivel afirmado para mejorar su tránsito permanente de acuerdo con los requisitos de uso solicitados utilizando el manual de diseño de carreteras DG- 2018.

Esta investigación se lleva a cabo con el objetivo de cumplir con las disposiciones del MTC, ya que requiere inventarios viales de toda la red vial del Perú, estos inventarios deben cubrir el estado funcional y estructural del camino pavimentado. Por esta razón, es importante investigar e implementar modelos numéricos, que sean complementarios a los intentos de diagnosticar el estado estructural de nuestras carreteras, sin confirmar la inversión en la gestión de carreteras.

Alarcón, P. (2009), en la tesis: *“Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete-Yauyos - Huancayo del km. 162+300 al km. 162+600: Conservación, señalización y seguridad vial”*. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad nacional de Ingeniería. Lima, Perú. El propósito de este informe es proporcionar criterios de planificación y control de calidad basados en los estándares nacionales e internacionales y las mejores prácticas para lograr la mejor calidad tanto durante la fase de construcción como durante la fase de mantenimiento.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Marco Legal

- Resolución directoral N° 20-2011-MTC/2014 del 12/09/2011, que aprueba el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.
- Resolución directoral N° 22-2013-MTC/14 del 07/08/2013, que aprueba el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG-2013.
- Resolución directoral N° 10-2014-MTC/14 del 09/04/2014, que aprueba la Sección: Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
- Resolución directoral N° 501-2015-MTC/12, que aprueba la Norma Técnica Complementaria 001-2015, “Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia”, emitida por la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones y la Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú.
- Resolución directoral N° 18-2016-MTC/2014 del 03/06/2016, que aprueba el Manual de Ensayo de Materiales.

- Resolución directoral N° 02-2018-MTC/14 del 12/01/2018, que aprueba el Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial.
- Resolución directoral N° 03-2018-MTC/14 del 30/01/2018, que aprueba la nueva versión del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.
- Resolución directoral N° 406-2018, aprueba la Norma Técnica E-050 “Suelos y Cimentaciones” del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- AASHTO M 147-17, Standard Specification for Materials for Aggregate and Soil-Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses.
- Método AASHTO-Guide for Design of Pavement Structure 1993, basado en AASHTO Road Test.
- Norma Técnica Peruana 339.150. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual, del 5 de mayo del 2001.

1.3.2. Marco conceptual

1.3.2.1. Diseño geométrico

El diseño geométrico es un método por medio del cual se organizan y recopilan las técnicas y procesos para el diseño de vías en virtud de su concepción y desarrollo, orientado por una serie de parámetros. El diseño geométrico agrupa todo lo que se requiere y los distintos procesos que se necesitan para realizar un proyecto, tomando en consideración, su categoría y nivel de servicio, en función a las normas vigentes en cuanto a la infraestructura vial (Calla, 2016).

La carretera se considera una infraestructura de transporte que es especialmente ajustada a una faja de terreno que se conoce como derecho de

vía, con el objetivo de que los vehículos puedan circular constantemente en el espacio y tiempo, ajustada a los niveles de seguridad. El diseño geométrico en el proyecto integral de una carretera es de gran relevancia, debido a que este permite la realización de su configuración geométrica tridimensional, esto se realiza con la intención de que la vía sea segura, cómoda, estética y compatible. Las vías se consideran funcionales cuando cumplen con una serie de características geométricas y volúmenes de tránsito. La geometría de la vía tiene como función elemental ser segura, por medio de un diseño sencillo y uniforme (Calla, 2015).

1.3.2.2. Mecánica de suelos

La mecánica es la rama de la física que relaciona con la acción de las fuerzas sobre los cuerpos. Mientras que la mecánica de los suelos es la parte de la mecánica encargada de la acción de la fuerza sobre la masa de los suelos (Crespo, 2004).

Esta se describe como la ciencia teórica y aplicada del comportamiento mecánico de los suelos; implica un campo de la mecánica aplicada relacionada con la respuesta del suelo a los estados tensionales, y cargas del ambiente físico (Jiménez, 1992).

La mecánica de suelos es el estudio de los suelos desde la ingeniería, esta se integra a la Geotécnica o la Ingeniería Geotécnica. Es indispensable comprender con anterioridad el origen de lo geológico de los suelos. Si se deja a un lado al inicio los estudios geológicos especialmente en aquellos proyectos de mediano a gran alcance, se puede correr el riesgo de no tomar en cuenta los rasgos geológicos a grandes rasgos que condicionan la estabilidad general de

la estructura del proyecto al momento de la construcción y después de esta (Villalobos, 2016).

La mecánica de los suelos también puede ser descrita como el uso de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los asuntos de la ingeniería relacionados con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas que es causada por la desintegración química y mecánica de las rocas (Crespo, 2004).

1.3.2.3. Subrasante

Se le llama subrasante a la capa de terreno de una vía que resiste la estructura de pavimento que se extiende hasta una profundidad que no interfiere en el diseño relacionado con el tránsito previsto (Linares y Zumaran, 2017). Para Crespo (2004) la subrasante cumple con la función de disminuir el costo del pavimento, reduciendo el espesor del afirmado que se construye casi siempre de materiales de elevado costo, esto se debe a que deben cumplir con exigencias más estrictas.

1.3.2.4. Estudios hidrológicos

Este tipo de estudios permiten establecer las metodologías correctas en función a la información disponible, el propósito del estudio y los resultados esperados. Estos se basan en la experiencia, en el riesgo y el costo relacionado con el proyecto, elementos que permiten establecer la metodología indicada en función a la información disponible (Vélez et al., 2013).

Los estudios hidrológicos asocian las variables que conforman el ciclo hidrológico: precipitación, evapotranspiración, escurrimiento superficial, almacenamiento superficial y subterráneo y flujo de agua subterránea. Este se realiza cuando se quiere hacer una distribución de los recursos hidráulicos de manera global, o en cuencas particulares. Es importante para los estudios de embalses y los proyectos de suministro de agua para acueductos, riego y generación hidroeléctrica (Fattorelli y Fernández, 2011).

El estudio hidrológico tiene como propósito la recolección de datos, su análisis y procedimiento posteriores, a través de medios mecánicos o estadísticos, para cambiar los datos en la información confiable contribuye con la solución a los problemas de ingeniería (Fattorelli y Fernández, 2011). La hipótesis indispensable para el estudio cuando se tiene una extensa información de caudales en la zona de proyecto se basa en la relación lluvia-escorrentía que se encuentra en la naturaleza y menciona que una lluvia máxima estimada para un tiempo de retorno determinado genera un caudal máximo para ese mismo período de retorno. Cuando dicha hipótesis es aceptada se puede acudir a la ejecución de distintos métodos hidrológicos lluvia-escorrentía, las cuales son numerosas y todas pueden dar resultados distintos, siendo recomendable utilizar diferentes modelos hidrológicos con el propósito de comparar los resultados y disminuir la incertidumbre relacionada a la estimación de los caudales máximos (Vélez et al., 2013).

1.3.2.5. Características geomorfológicas

Para Vélez et al., (2013) entre las características geomorfológicas se encuentran:

- Área de cuenca: Esta es la superficie limitada por la división del agua de la zona en estudio, la cual se identifica por medio de km^2 . Este elemento es de gran relevancia, si se comete cualquier error en la medición de este influiría de manera directa en los resultados, en tal sentido, es indispensable realizar mediciones contrastadas que permitan tener mejor índice de confianza.
- Perímetro: Se describe como la línea que se crea por el parteaguas o divisoria de la cuenca de estudio; para la medición de este se utilizan las unidades de longitud y se identifican por medio de metros o kilómetros.
- Longitud de corriente o cauce principal: Esta es la longitud del cuerpo de agua que determina el nombre de la cuenca en estudio; en esta característica se tienen en consideración las irregularidades y curvas del cauce, esta característica se identifica por medio de kilómetros lineales.
- Pendiente de la corriente principal: Esta característica representa el desarrollo del perfil del cauce principal. Para el cálculo de dicha característica se utiliza el SIG Arc/GIS, partiendo del MED producido por el área de estudio; la característica se expresa a través de grados o porcentajes. Además, está relacionada con la velocidad de la escorrentía superficial de la corriente de agua, igualmente la característica se relaciona con el régimen hidráulico de la corriente y su torrencialidad.

- Pendiente media de la cuenca: Este es el índice que representa la pendiente media de las trayectorias que sigue el agua que escurre por las laderas hacia el río. La medición de la pendiente se realiza a través del porcentaje o m/m. Además, se encarga de controlar una fracción considerable de la escorrentía superficial e incide en el tiempo que tarda el agua de la lluvia para enfocarse en las cuencas que son parte de la red de drenaje.
- Número de orden: Esta se encarga de describir la cantidad de ramificaciones que tiene la cuenca. Para ello se emplea el método Gravellius, en el que se considera que el río más grande es de orden 1, sus afluentes de orden 2, etc.

1.3.2.6. **Diseño hidráulico**

El mantenimiento del estado estructural de un sistema vial se ve suspendido por medio de la unión de diferentes elementos, desde los materiales empleados para la construcción, que pasan por la magnitud y el tipo de tráfico que se presenta, incluyendo el clima. El cauce del agua debe ser evacuado de forma oportuna y encausada de manera que le dé al mismo tiempo seguridad a los vehículos que usan las vías y estabilidad a los taludes laterales de la misma (Vélez et al., 2011).

La recolección de agua forma parte de una actividad sanitaria, esto se debe a que el caudal de agua recogida en la vía tiene altos niveles de metales pesados a causa de la unión de carburantes que sale de los vehículos, lo que hace que sea un líquido poco saludable que debe ser conducido de forma correcta para evitar su consumo directo con las personas y animales (Vélez et al., 2011).

Los diseños que aseguran mayor durabilidad de la carretera se refieren a dos tipos de obras hidráulicas: las obras transversales, formadas por aquellas que permiten que el agua cruce las vías por medio de la carpeta de rodadura y que entregan al caudal ladera abajo y las obras longitudinales, integradas por cunetas que llevan el agua recogida en la ladera, de manera paralela al desarrollo del trazado, hasta entregarlas en el inicio de una obra transversal (Vélez et al., 2011).

Las cunetas por donde circulan dichos líquidos tienen ciertas características que deben ser tomadas en cuenta para comprender la dinámica del fluido que contiene. Entre dichos rasgos se encuentra el de borde libre, que es la distancia o altura desde la superficie del líquido hasta la parte superior del canal, este permite que las ondas de agua circulen sin salirse del canal (Castellano et al., 2017).

Estos diseños tienen como propósito establecer una selección transversal óptima para cada estructura, indispensable para desalojar un caudal relacionado a un tiempo de retorno establecido como suficientemente alto de acuerdo con el tipo de obra y que permite que no se produzcan velocidades fuera de las establecidas (Vélez et al., 2011).

Este tipo de diseño se utiliza para la construcción de canales que permitan conducir eficientemente el agua. Diversos estudios han permitido conocer distintos sistemas de canales o estructuras físicas que intervienen en el flujo del agua (Castellano et al., 2017).

De acuerdo con Vélez et al., (2011), en el diseño de estructura hidráulica se debe considerar lo siguiente:

- Las características, dirección y magnitud de las cargas que están sometidas.
- La propiedad de los materiales con los cuales se fabrican los distintos conductos, pocetas y muros, así como el comportamiento de estos bajo las cargas que soportan.
- La medición del tamaño de orificio que se necesita para que el conducto de respuesta a las exigencias hidráulicas.

1.4. Formulación del problema

¿Qué características deberá tener el estudio del Diseño integral para el mejoramiento a nivel de afirmado de la vía vecinal MO-512, tramo Talahuayo – Vinomore, distrito de La Capilla, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, 2019?

1.5. Justificación del estudio

Este diseño integral se basa en mejorar las vías que cubren las necesidades de transitabilidad actualmente insatisfechas en las poblaciones cercanas, por lo que se justifica la realización de este estudio para así resolver el problema principal de los habitantes de este sector del distrito de La Capilla.

Este estudio se desarrollará utilizando todos los recursos necesarios para el mejoramiento de la vía a nivel de afirmado entre los anexos de Talahuayo y Vinomore. Se utilizará la tecnología con la que se cuenta actualmente, basada en softwares, equipos de topografía, estudios de mecánica de suelos y estudios hidrológicos, teniendo en cuenta

los principios y normas para la recopilación de datos de campo y su procesamiento, proporcionando un buen análisis de la información recopilada.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General:

Realizar el diseño integral para el mejoramiento a nivel de afirmado de la vía vecinal MO-512, tramo Talahuayo – Vinomore del km 18+000 al km 23+000, distrito de La Capilla, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, 2019.

1.6.2. Objetivos Específicos:

- Desarrollar el diseño geométrico mediante un levantamiento topográfico del área de la vía vecinal de acuerdo con los estándares del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Evaluar los estudios de mecánica de suelos con respecto a las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante y el afirmado para determinar si cumplen con las especificaciones necesarias para un óptimo funcionamiento de la vía.
- Calcular el espesor del afirmado por medio del número de repeticiones de ejes equivalentes y el CBR del suelo de fundación.
- Identificar y evaluar acciones de ingeniería en zonas de potencial riesgo de inestabilidad de taludes, así como hacer su estudio respectivo.
- Realizar los estudios hidrológicos para determinar la curva de intensidad, duración, frecuencia para diferente periodo de retorno, identificando las características físicas y geomorfológicas de las microcuencas presentes a lo largo de la vía en estudio.

- Determinar mediante un correcto diseño hidráulico las dimensiones de las obras de arte como son las cunetas y alcantarillas para una buena operatividad.
- Elaborar el presupuesto general del proyecto, en base al análisis de costos unitarios y metrados, así como también su respectiva programación de obra.



II. MÉTODO DE ESTUDIO

2.1. Diseño del estudio

2.1.1. Tipo y enfoque del estudio

La presente tesis es de tipo experimental con intervención y de enfoque cuantitativo, debido a que se procesarán datos de los diferentes estudios técnicos presentes dentro del diseño integral.

2.1.2. Nivel de estudio

El nivel del estudio es aplicativo, por lo que con este análisis se busca mejorar las condiciones de transitabilidad de la población entre los anexos de Talahuayo y Vinomore, del distrito de La Capilla.

2.2. Población y muestra

Población: La vía vecinal en estudio y su área de influencia.

Muestra: Estudio de tránsito, diseño del afirmado, estudio topográfico, diseño geométrico, estudio de mecánica de suelos, estabilidad de taludes, estudio hidrológico y obras de arte, diseño hidráulico y presupuesto y programación de obra.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas: Observación y aplicación de conocimientos.

Instrumentos: Se utilizarán equipos topográficos y equipos en el laboratorio de suelos, software computacional de ingeniería y guías de consulta.

2.4. Métodos de análisis de datos

Se utilizaron tablas, gráficos y softwares especializados según la necesidad, tales como: Microsoft Excel, Google Earth, Global Mapper 16, AutoCAD 2017, AutoCAD Civil 3D 2019, S10, Ms Project, entre otros.

2.5. Aspectos éticos

Este estudio fue desarrollado con honestidad, responsabilidad y honradez en beneficio de la población con un interés común como son los poblados ubicados entre el anexo de Talahuayo y Vinomore del distrito de la Capilla.

Se gestionaron las autorizaciones pertinentes tanto en las instituciones competentes como de las propiedades afectadas, a fin de no causar daño alguno en la propiedad privada ni afectar la integridad de los habitantes, así como el medio ambiente de la zona.

III. ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1. Generalidades

El objetivo del estudio de tráfico es cuantificar, clasificar y determinar el volumen de vehículos que transitan entre los anexos de Talahuayo y Vinomore en el distrito de La Capilla, provincia de General Sánchez Cerro, departamento de Moquegua. Con este estudio se determinó el tránsito existente en la vía, así como los tipos de vehículos que transitaron en ella y su proyección para el periodo de vida útil de 10 años. En gabinete se llevó a cabo la realización de los siguientes alcances:

- Conteo y clasificación vehicular.
- Índice medio diario anual.
- Factor de crecimiento anual.
- Clasificación del tráfico según el número de repeticiones de ejes equivalentes.

3.2. Conteo y clasificación vehicular

El conteo y clasificación vehicular se basó en el flujo que se dio en el tramo en estudio. Se realizó el conteo vehicular en el anexo de Curuyo en el km 21+000, escogiéndose esta zona debido a que está ubicado aproximadamente a la mitad de la vía en estudio y sobre todo que no hay la presencia de ningún ramal o bifurcación, por lo que los vehículos transitaron necesariamente por dicha zona; el conteo se registró en un formato elaborado para cada día, desde el 18/11/2019 hasta el 26/11/2019 (09 días), realizándose el conteo desde las 5:00 a.m. hasta las 17:00 horas de lunes a domingo, posteriormente se escogió los dos días donde hubo más tránsito vehicular durante ese horario que fueron los días lunes y martes, luego se procedió a realizar el conteo fuera del horario antes mencionado.

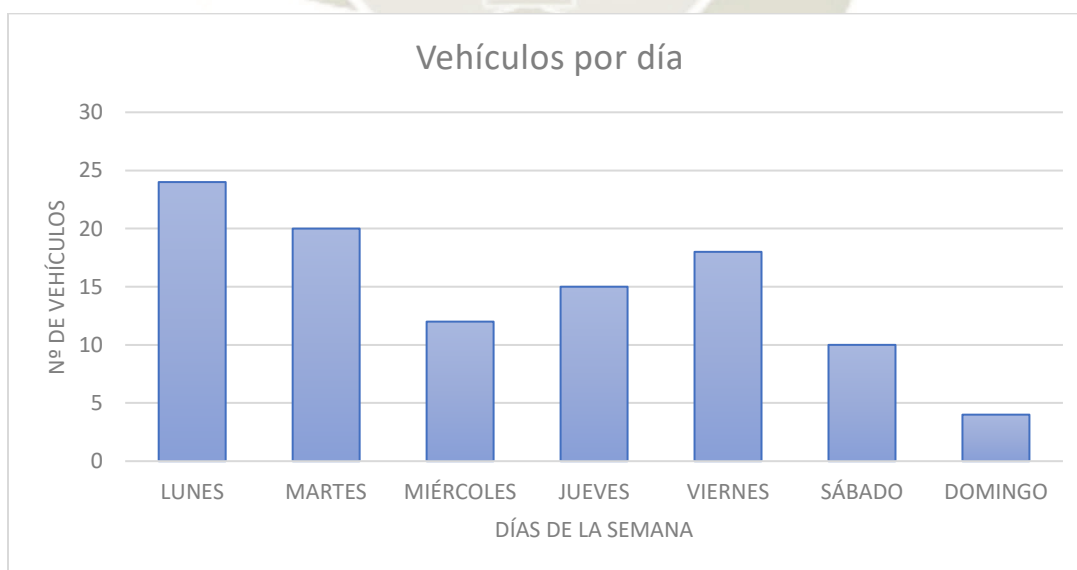
Finalmente se resumió los conteos del tránsito vehicular a nivel del día y tipo de vehículo a lo largo de la semana, indicados en la siguiente tabla:

Cuadro 1: Resumen del conteo y volumen de tráfico – noviembre/2019

Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Auto	1	1	2	2	1	3	1	11
Station Wagon	0	0	0	0	0	0	0	0
Pick up	17	14	5	7	12	2	1	58
Rural	3	0	1	3	0	1	1	9
Micro	0	1	2	1	1	0	0	5
Bus B2	1	1	0	0	3	1	0	6
Camión C2	2	3	2	2	1	3	1	14
Total	24	20	12	15	18	10	4	103

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: Gráfico de conteo vehicular



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 2: Estación en donde se realizó el conteo vehicular



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Determinación del índice medio diario anual (IMDA)

El IMDA proporciona la información necesaria para determinar las características del diseño de la vía, su clasificación y para desarrollar programas de mantenimiento. En base a la información existente se calculó el tránsito promedio diario anual máximo, para un nivel de confiabilidad de 95%, el cual se computó mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 1: Tránsito Promedio Diario Anual

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Donde:

TPDS = Tránsito Promedio Diario Semanal.

TS = Tránsito Semanal.

Seguidamente se determinó el tránsito futuro a partir de la suma del tránsito actual y del incremento de tránsito. Según Cal y Mayor el tránsito desarrollado es el incremento del volumen del tránsito debido a las mejoras del suelo adyacente a la carretera, este tránsito continua actuando por muchos años después de que la nueva vía haya sido puesta a servicio, recomendando un valor del 5% del tránsito actual, por otra parte el tránsito generado consta de aquellos viajes vehiculares que no se ejecutaría si no se construye la nueva carretera, asignándole tasas de incremento entre el 5% y el 25% del tránsito actual, finalmente se obtuvo los siguientes resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 2: Determinación del IMDA₀

Indicador	Tránsito IMDA	Tasa de crecimiento	Año		
				Inicio servicio	Fin de servicio
		2018	2019	2021	2031
Tránsito Actual	Tránsito existente	2.21%	21	22	-
	Tránsito atraído	2.21%	5	6	-
	Tránsito actual	-	-	28	-
Incremento de tránsito	Crecimiento total del tránsito actual	2.21%	-	-	35
	Crecimiento normal del tránsito	-	-	-	7
	Tránsito generado	10%	-	-	3
	Tránsito desarrollado	5%	-	-	2
Tránsito Futuro					47
IMDA ₀	2.21%			38	

Fuente: Elaboración propia.

Se trabajó con el IMDA₀ del año 2021 al que se lo modificó por el factor de corrección estacional (ligero y pesado), mediante el cual se determinó la cantidad de vehículos por

día para el cálculo del número de ejes equivalentes. A continuación, se presenta la cantidad de vehículos para el año 2021.

Cuadro 3: Cantidad de vehículos en servicio para el año 2021

Tipo de vehículo	IMDA (2019)	IMDA 0 sin corregir-2021	FC	IMDA 0 corregido-2021	Porcentaje de vehículos	N° de vehículos para el año 2021 por día
Auto	26.00	38.00	1.04554	51.00	11%	6
Station wagon			1.04554		0%	0
Pick up			1.04554		56%	29
Rural			1.04554		9%	5
Micro			1.04554		5%	3
Bus B2			1.34338		6%	3
Camión C2			1.34338		14%	7
Total					100%	53

Fuente: Elaboración propia.

Se definió que el tiempo de estudio y construcción para el mejoramiento de la vía será de dos años, por lo que el inicio del servicio empezará en el año 2021.

El factor de corrección estacional se determinó a partir de una serie anual de tráfico que se recogió de la cabina de peaje analizada para realizar correcciones y eliminar diversas fluctuaciones en el volumen del tráfico a causa de variaciones estacionales debido a factores como recreación, clima, tiempos de cosecha, festivales, vacaciones escolares, que ocurren durante todo el año. Los Factores de Corrección Estacionales (Anexo 3) utilizados para este estudio se obtuvieron del peaje de Pampa Cuéllar, puesto que es el más cercano

al área bajo estudio. Los factores escogidos fueron para el mes de noviembre, puesto que en ese mes se realizó el conteo, estos factores son los siguientes:

F.C.E. Vehículos ligeros: 1.04554

F.C.E. Vehículos Pesados: 1.34338

En el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos (2014), en su capítulo N°6, recomienda para el cálculo de proyección de la demanda vehicular la siguiente fórmula:

Fórmula 2: Proyección de la demanda vehicular

$$T_n = T_0(1+r)^{(n-1)}$$

Dónde:

T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

T_0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día.

n = Número de años del periodo de diseño.

r = tasa anual de crecimiento de tránsito.

Esta fórmula se utilizó para determinar el $IMDA_0$, mediante el despeje del tránsito actual.

La proyección del tránsito de los vehículos que en la actualidad circulan por la vía, se calculó teniendo en cuenta el área de influencia y el horizonte del planeamiento, el mismo que ha sido establecido para este tipo de proyectos en 10 años y que será expresado en términos de índice Medio Diario Anual (IMDA).

3.4. Determinación del factor de crecimiento anual

Este factor depende de la tasa de crecimiento de vehículos ligeros (tasa anual de crecimiento poblacional) y de la tasa de crecimiento de vehículos pesados (tasa anual del crecimiento de la economía) manifestado como el producto bruto interno (PBI). Ambas tasas de crecimiento se obtuvieron con datos oficiales y actualizados del INEI. Para la tasa de crecimiento poblacional se utilizó datos del censo del año 2007 (16533 habitantes) y del 2017 (182017 habitantes), y para la tasa de crecimiento económico se aplicó el PBI regional de Moquegua del año 2018.

De acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la proyección del transporte se divide en dos partes:

- Proyección para vehículos de pasajeros (ligeros)

Es aquel que se asocia con la tasa anual de crecimiento poblacional. Según el INEI la tasa de crecimiento de la población de Moquegua es del 1.201%.

- Proyección de vehículos de carga (pesados)

Es aquel que se asocia con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). Según el INEI la tasa anual del crecimiento de la economía de Moquegua es de 2.207%.

A partir de estos valores se determinó el factor de crecimiento acumulado tanto para los vehículos ligeros como para los pesados, los cuales se presentan a continuación:

Fórmula 3: Factor de crecimiento acumulado

Fca = Factor de crecimiento acumulado – Vehículos ligeros

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \Rightarrow \quad \text{Fca} = \frac{(1+0.01201)^{10} - 1}{0.01201} \quad \Rightarrow \quad \text{Fca} = 10.558$$

Donde:

$n = 10$ (años del periodo de diseño).

$r = 1.201 \%$ (tasa de crecimiento anual de la población – Moquegua).

Fca = Factor de crecimiento acumulado – Vehículos de carga o pesados

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad \Rightarrow \quad \text{Fca} = \frac{(1+0.02207)^{10} - 1}{0.02207} \quad \Rightarrow \quad \text{Fca} = 11.054$$

Donde:

$r = 2.207 \%$ (tasa de crecimiento anual del PBI regional – Moquegua).

3.5. Clasificación del tráfico según el número de repeticiones de ejes equivalente

Según el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos del MTC, menciona que, al diseñar superficies de carreteras, el tráfico pesado de autobuses y camiones es particularmente importante. AASHTO define como un EE, el efecto de deterioro causado por un solo eje convencional de dos ruedas que pesa 8.2 ton y neumáticos con presión de 80 lb/pulg².

Conforme al Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, del MTC y con la finalidad de hallar el número de repeticiones de ejes equivalentes (Nrep de EE 8.2 ton), se ha considerado los tipos de vehículos ligeros como auto y pick- up y como vehículos pesados al rural, micro, Bus B2 y Camión C2.

De acuerdo con el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos – Capítulo VI: Tráfico vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, menciona que para el cálculo de EE de 8.2 ton, se usará las siguientes expresiones por tipo de vehículo pesado.

Fórmula 4: Determinación del número de repeticiones de ejes equivalentes

$$N_{\text{rep de EE 8.2 ton}} = \sum (EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365)$$

Siendo el $EE_{\text{día-carril}}$:

Fórmula 5: Ejes equivalentes para cada tipo de vehículo

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi}$$

Donde:

IMD_{pi}: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado.

F_d: Factor direccional, corresponde al número de vehículos que circulan en una dirección o sentido de tráfico.

F_c: Factor carril de diseño, es aquel carril que recibe el mayor número de ejes equivalentes.

F_{vpi}: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado, calculado según su composición de ejes, simboliza el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo.

F_p: Factor de presión de neumáticos, este factor analiza el efecto adicional de avería que producen las presiones de los neumáticos sobre el pavimento. En el caso del afirmado y pavimentos rígidos este valor será de uno.

Fca: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo, este factor es diferente tanto para vehículos ligeros como pesados, este factor se define en correlación al crecimiento socioeconómico.

Los valores numéricos antes mencionados son los siguientes:

Cuadro 4: Determinación de factores para cada tipo de vehículo

Factores	Vehículos Ligeros	Vehículos Pesados
Fca	10.5581	11.0541
Fvp	0.6186	35.1592
Fd	0.5000	0.5000
Fc	1.0000	1.0000
Fp	1.0000	1.0000

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la relación de carga del eje para el cálculo de los ejes equivalentes, se trabajó sobre la base de dos características: eje simple con ruedas simples y eje simple con ruedas dobles, presentando las siguientes fórmulas:

Cuadro 5: Fórmulas para determinar la relación de carga del eje

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{s1})	$EE_{s1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{s2})	$EE_{s2} = [P / 8.2]^{4.0}$

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos-2014 del MTC.

Se clasificó el tráfico (ligeros y de carga) según Ejes Equivalentes, para determinar el factor de vehículo pesado, relacionando la cantidad de vehículos, la carga de vehículo por eje (delantero y trasero) y el peso de estos. Se definió la carga de vehículo por eje basándose en lo que establece el Ministerio de Transportes en su Art. 9 “Reglamento Nacional del Sistema de Emisión de Licencias de Conducir” y en el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. A continuación, se detalla lo antes mencionando para cada tipo de vehículo.

Cuadro 6: Obtención del factor de vehículo pesado

Tipo de vehículo	Tipo de eje	Número de llantas	Cantidad de vehículos	Carga de vehículo por eje	Eje equivalente	Fvp
Auto	Simple	2	6	1.0	0.00053	0.00316
	Simple	2	6	1.0	0.00053	0.00316
Pick-up	Simple	2	29	1.0	0.00053	0.01528
	Simple	2	29	2.5	0.02059	0.59701
Rural	Simple	2	5	2.5	0.02059	0.10293
	Simple	2	5	2.5	0.02059	0.10293
Micro	Simple	2	3	3.0	0.04269	0.12807
	Simple	2	3	3.0	0.01792	0.05375
Bus B2	Simple	2	3	7.0	1.26537	3.79610
	Simple	4	3	10.0	2.21179	6.63538
Camión C2	Simple	2	7	7.0	1.26537	8.85757
	Simple	4	7	10.0	2.21179	15.48255

Fuente: Elaboración propia.

El factor de vehículo pesado se dividió en dos, en vehículos ligeros (auto y pick-up) y vehículos pesados (rural, micro, bus B2 y camión C2), los cuales se analizaron individualmente para la obtención del número de ejes equivalentes, explicado a continuación:

Cuadro 7: Número de ejes equivalentes

Tipo de vehículo	Fvp	Fd	Fc	Fp	Fca	N° días del año	N° de ejes equivalente
Auto	0.00316	0.5	1	1	10.558	365	6.093
	0.00316	0.5	1	1	10.558	365	6.093
Pick-up	0.01528	0.5	1	1	10.558	365	29.449
	0.59701	0.5	1	1	10.558	365	1150.356
Rural	0.10293	0.5	1	1	11.0541	365	207.653
	0.10293	0.5	1	1	11.0541	365	207.653
Micro	0.12807	0.5	1	1	11.0541	365	258.354
	0.05375	0.5	1	1	11.0541	365	108.426
Bus B2	3.79610	0.5	1	1	11.0541	365	7658.117
	6.63538	0.5	1	1	11.0541	365	13385.981
Camión C2	8.85757	0.5	1	1	11.0541	365	17868.941
	15.48255	0.5	1	1	11.0541	365	31233.955
TOTAL							7.21E+04

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que el total de ejes equivalentes es de 72121.070 EE, proyectados para un periodo de diseño de 10 años. La vía en estudio se clasificó como No Pavimentada a nivel

de afirmado y por lo tanto el Tipo de Tráfico Pesado resultó de rango N° 2 (T_{NP2}), según como indica el siguiente cuadro:

Cuadro 8: Número de repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el carril de Diseño para Caminos No Pavimentados

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{NP1}	$\leq 25,000$ EE
T_{NP2}	$> 25,000$ EE $\leq 75,000$ EE
T_{NP3}	$> 75,000$ EE $\leq 150,000$ EE
T_{NP4}	$> 150,000$ EE $\leq 300,000$ EE

Fuente: Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos-2014 del MTC.

3.6. Plan de Horarios

Debido a que la vía vecinal presenta poco tránsito, se consideró trabajar bajo un plan de horarios. Por lo que se dispondrá de la siguiente agenda: de lunes a viernes se trabajará desde las 7:00 hasta las 17:00 horas, dando un espacio de dos horas entre las 13:00 horas y las 15:00 para el pase vehicular, el sábado se trabajará desde las 7:00 horas hasta las 13:00 horas, dejando el resto del día libre para el tránsito vehicular, el domingo la circulación vehicular será independiente.

Este tránsito que se dará tendrá bajo consideración, cuidar la vía lo mejor que se pueda para facilitar los trabajos posteriores. Solo se dará pasos vehiculares en horario restringido,

para aquellos que sean de suma importancia o que tengan el permiso correspondiente. Estas limitaciones no ocasionarán muchos contratiempos debido a que el distrito de la Capilla por ser una zona agrícola y ganadera los pobladores están acostumbrados a ir caminando o andar en animales de carga hacia sus chacras, por lo que facilitaría el proceso de ejecución de la obra.



IV. ESTUDIO DISEÑO DE AFIRMADO

4.1. Generalidades

De acuerdo con el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; el afirmado, es una capa de revestimiento con materiales de cantera que se dosifican de forma natural o mecánica (agitación) y consiste en una combinación adecuada de tres tipos de materiales: piedra para soportar cargas existentes, arena para rellenar los espacios vacíos entre piedras y dar estabilidad a la capa, y finos o arcillas para unir los materiales de la capa afirmada; el tamaño máximo deseable del material es de 25 mm.

Los caminos afirmados comprenden los siguientes tipos:

- Afirmados con gravas naturales o zarandeadas
- Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado

4.2. CBR de subrasante

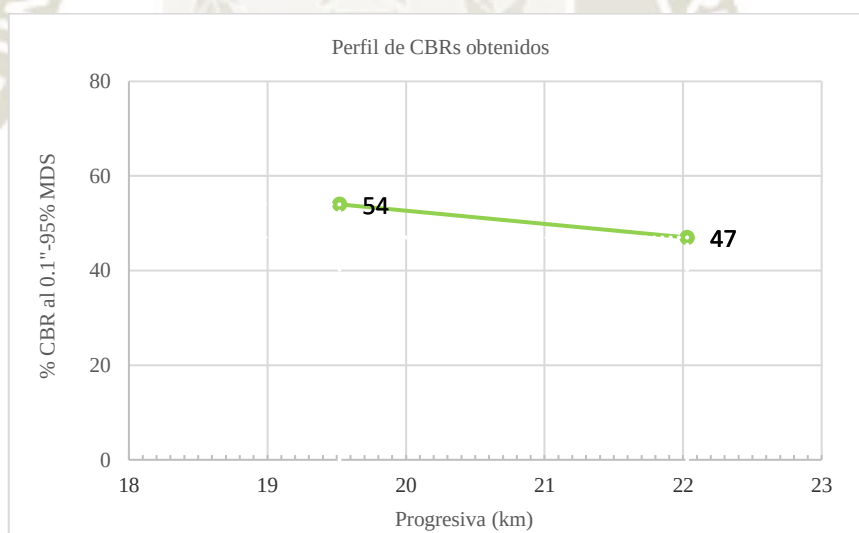
Conforme a lo establecido en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos del MTC, para obtener el CBR de diseño se tomó el valor del percentil 75, debido a que es este dato el que se usará en el diseño del afirmado en el tramo del proyecto, para ello se obtuvo los valores de CBR en los estratos representativos de cada calicata, determinándose el percentil de diseño según lo indicado en la siguiente tabla.

Cuadro 9: Percentiles de diseño por Número de Ejes Equivalentes

Ejes Equivalentes	Percentil
$\leq 10^4$	60
$10^4 @ 10^6$	75
$\geq 10^6$	87.5

Fuente: Percentiles de diseño, AASHTO 93.

El análisis del CBR de la subrasante correspondió a una penetración de 0.1" y al 95% de la máxima densidad seca. La dispersión de valores de CBR obtenido en las calicatas C-01(km 19+520) y C-02(km 22+030) son:

Figura 2: Perfil de CBR's obtenidos


Fuente: Elaboración propia.

Para un percentil del 75%, el CBR de diseño de la subrasante con las características antes mencionadas fue dado en 50.5%. El siguiente cuadro detalla la cantidad de calicatas realizadas junto con su CBR.

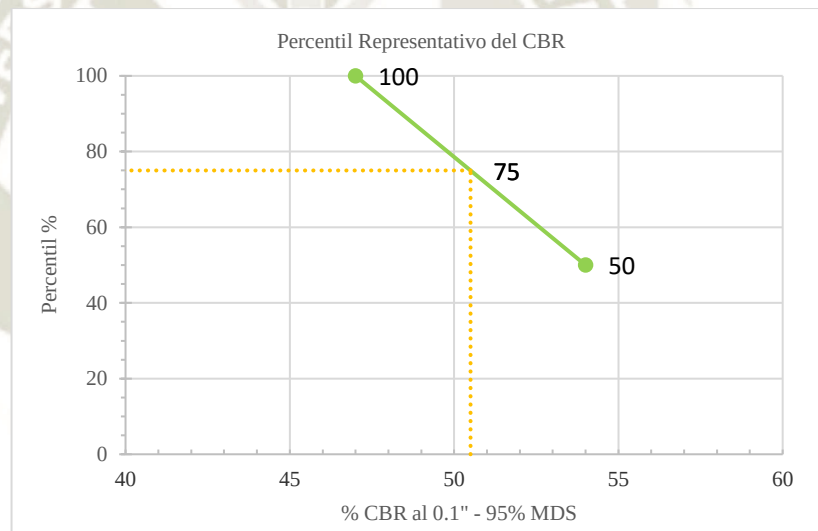
Cuadro 10: Detalle del número de calicatas junto con su CBR

N° de Calicata	Ubicación	CBR	%
C-01	km 19+520	54	50
C-02	km 22+030	47	100

Fuente: Elaboración propia.

Estos datos se trasladaron a la gráfica que se presenta a continuación para determinar su CBR de diseño:

Figura 3: Percentil Representativo del CBR



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Categoría de subrasante

Para que el material de afirmado se apoye sobre la subrasante los últimos 0.60 metros debajo de esta capa de suelo de fundación deben tener un CBR mayor al 6%. Puesto que el CBR de diseño es del 50.5% la subrasante a la que pertenece es de categoría excelente (S5), como se muestra en el cuadro.

Cuadro 11: Categorías de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos-2014 del MTC.

4.4. Espesor del afirmado

El Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, menciona que para dimensionar el espesor de la capa de afirmado se debe utilizar como referencia la siguiente ecuación del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresada en número de repeticiones de EE:

Fórmula 6: Cálculo del espesor de la capa de afirmado

$$e = (219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2) \times \log_{10} \left(\frac{N_{\text{rep}}}{120} \right)$$

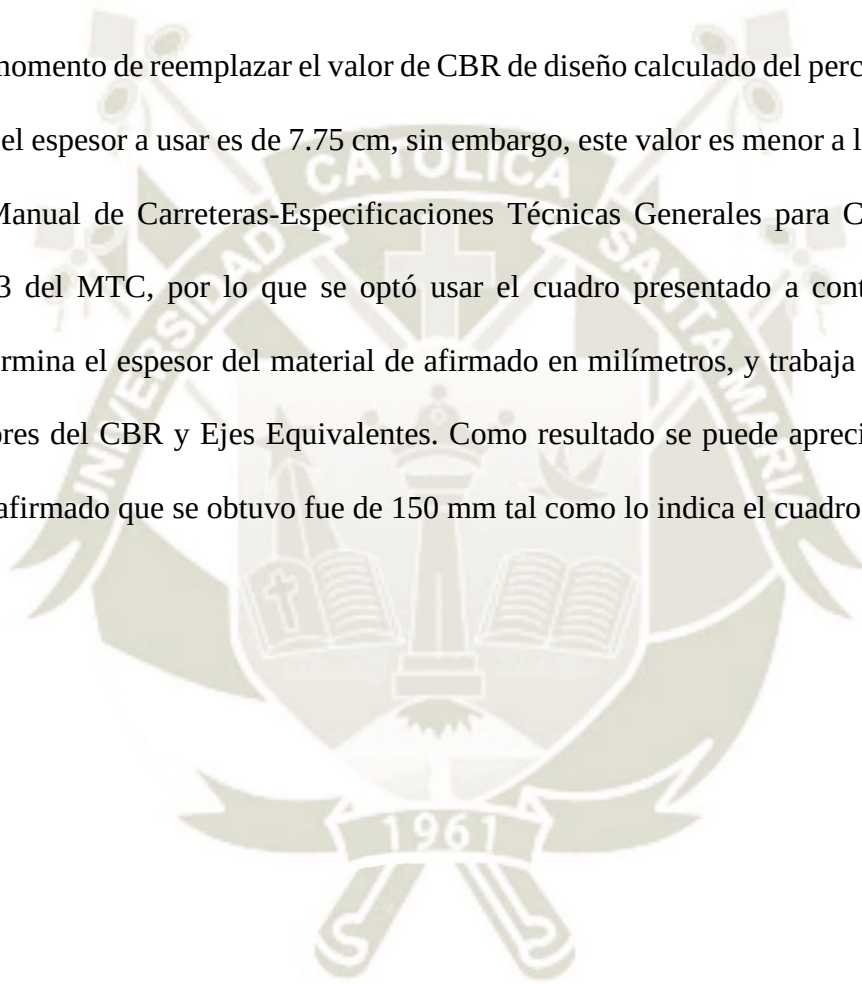
Dónde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valores del CBR de diseño de la subrasante.

N_{rep} = número de repeticiones de E.E. para el carril de diseño.

Al momento de reemplazar el valor de CBR de diseño calculado del percentil 75 se obtuvo que el espesor a usar es de 7.75 cm, sin embargo, este valor es menor a lo que recomienda el Manual de Carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG-2013 del MTC, por lo que se optó usar el cuadro presentado a continuación, el cual determina el espesor del material de afirmado en milímetros, y trabaja en función de los valores del CBR y Ejes Equivalentes. Como resultado se puede apreciar que el espesor del afirmado que se obtuvo fue de 150 mm tal como lo indica el cuadro adjunto.



Cuadro 12: Espesores de capas de revestimiento granular

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
>30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Fuente: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (2014) del MTC.

4.5. Material de afirmado

Según el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (2014) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el afirmado requiere un porcentaje de piedra para sostener las cargas, asimismo, es necesario un porcentaje de arena clasificada para rellenar los huecos vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa, también es importante un porcentaje de finos plásticos para unir los materiales de la capa afirmado. Existen pocos depósitos naturales de material con una gradación ideal donde la materia prima se pueda utilizar directamente. Por tanto, el material debe agitarse para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales son áridos naturales de canteras, de trituración de piedras y grava, o pueden ser una mezcla de productos de ambas fuentes.

Las propiedades que debe cumplir el material afirmado son las descritas en el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos (2014) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. En relación con esto, la calidad del material se determinó mediante ensayos. (Anexo 7: Análisis de Canteras)

Para regular y mezclar material de afirmado, se utilizan las gradaciones recomendadas por AASHTO M 147 como referencia y punto de partida. La que se utilizó para este estudio fue la gradación A-1, debido a que el material se acomodó a los porcentajes pasantes en la granulometría, esta a su vez indica los siguientes requisitos para que el afirmado este en buenas condiciones y servicios.

Cuadro 13: Especificaciones para un óptimo material de afirmado

Propiedades físico-mecánicas	Parámetros
Índice de Plasticidad	4-9%
Límite Líquido	Máximo 35%
Desgaste de los Ángeles	Máximo 50%
CBR (referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una penetración de carga de 0.1")	Mínimo 40%

Fuente: El Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (2014) del MTC.

La limitación en la propiedad del límite líquido se da debido a que el afirmado necesita un mayor porcentaje de finos plásticos por lo que las arcillas naturales le darán la cohesión necesaria para obtener una superficie cómoda para la conducción vehicular.

V. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

5.1. Generalidades:

Para realizar las actividades relacionadas al levantamiento topográfico de la zona en estudio, se coordinó con las autoridades del distrito y de los anexos de la jurisdicción de La Capilla, provincia de General Sánchez Cerro, departamento de Moquegua; para hacer de conocimiento del trabajo a realizar en la vía vecinal referente al presente estudio y tener la comprensión del personal de la zona para los trabajos topográficos a realizar.

Para ejecutar el levantamiento topográfico de la vía vecinal se hizo un plan de las labores a desarrollar en campo, con la finalidad de aprovechar al máximo el tiempo considerando las condiciones climáticas de la zona. Se utilizó 2 equipos para la toma de datos, un GPS Diferencial y un Dron PHANTOM 4 PRO equipado con una cámara de alta resolución.

El estudio topográfico permite determinar la geometría del terreno, identificar características naturales de la zona en estudio, tomar alturas de los relieves, medir pendientes y distinguir las labores realizadas por el personal en el tramo de la vía a mejorar en un futuro replanteo, características que serán representadas gráficamente en un plano a una escala adecuada para su lectura. Los drones por su tecnología, aparte de obtener levantamientos topográficos, es capaz de dar información adicional muy importante como son las curvas de nivel, las ortofotos, el modelo digital de elevaciones, el modelo digital de terreno, restituciones en 3D, monitoreos y seguimientos de obras.

Según la NTC 001-2015 emitida por la Dirección General de Aeronáutica Civil del MTC, el termino dron es una denominación del ámbito militar, para efectos de la NTC, se prescinde de esta nominación y se lo conoce como RPA (Remotely Piloted Aircraft), esta es una aeronave pilotada por un piloto remoto, ubicado en una estación fuera del dirigible,

este piloto es el que monitorea la aeronave y tiene responsabilidad directa de la conducción de esta durante el tiempo que esté en funcionamiento. Esta norma establece los requisitos y limitaciones para la operación de RPAS de uso civil, con el objeto de garantizar la seguridad operacional de todos los demás usuarios del espacio aéreo, así como la seguridad de las personas y bienes en tierra.

El PHANTOM 4 PRO es un dron multirotor que puede trabajar en espacios reducidos (edificaciones), como también en lugares extensos (carreteras, catastro), tiene una gran maniobrabilidad y posee una gran resolución la cual ayuda a tener mejor precisión en el levantamiento topográfico. El estudio topográfico se realizó mediante fotogrametría o fotografías aéreas tomadas con el dron. La fotogrametría es una ciencia que tiene como objetivo conocer las dimensiones y posiciones de objetos en el espacio, a través de medidas realizadas a partir de zonas de solape las cuales son las intersecciones de dos o más fotografías que mediante la visión estereoscópica se puede obtener información tridimensional, esta imagen en 3D se logra mediante la utilización de software (Civil 3D, ArcGIS) que interpreta y triangula la nube densa de puntos.

5.2. Ubicación

La ubicación del estudio tratado es el siguiente:

- Región: Moquegua
- Provincia: General Sánchez Cerro
- Distrito: La Capilla
- Anexos: Entre Talahuayo y Vinomore
- Longitud: 5.0 km.
- Altitud punto de inicio: 2008.371 m.s.n.m.

- Altitud punto de término: 1759.856 m.s.n.m.

5.3. Reconocimiento de la zona

La vía del presente estudio se localiza en el distrito de La Capilla, entre los anexos de Talahuayo y Vinomore teniendo una longitud de 5.0 km (Plano 2: Plano Clave, PC-01); en la actualidad la vía presenta un ancho de 4.00 m y en ciertas tangentes de 4.50 m, las cuales sirven para proporcionar el pase entre vehículos. El inicio de la vía en estudio se ubica en el anexo de Talahuayo al norte del distrito de La Capilla, que corresponde al km 18+000, siendo la progresiva final la del km 23+000 en el anexo de Vinomore.

Los alrededores de la vía presentan una topografía muy variada con presencia de laderas en los flancos del valle, la vía corre por el flanco izquierdo del valle de La Capilla, sus pendientes longitudinales y transversales al eje de la vía son de forma irregular, debido a las ondulaciones que presenta la propia naturaleza del terreno de la sierra. Existe en un porcentaje mínimo la presencia de árboles de mediana altura en la parte adyacente derecha de la plataforma que dificultó el levantamiento topográfico, no obstante, este inconveniente se contrarrestó utilizando tanto el sensor dial con el que cuenta el dron como el GPS diferencial, es por ello que los drones y la topografía tradicional se utilizarán siempre como complementos, es decir que los drones no son un reemplazo de los métodos tradicionales.

Según el Ministerio de Agricultura y Riego la zona en estudio posee un clima templado subhúmedo (de estepa y valles interandinos bajos) donde las precipitaciones no pasan de los 500 mm anuales, por otra parte, de acuerdo con SENAMHI el distrito de la Capilla posee una temperatura máxima media anual de 20 a 24 °C y una temperatura mínima media anual de 8 a 12 °C.

5.4. Metodología de trabajo

El levantamiento topográfico describe las características de los elementos existentes en el terreno, tales como accidentes geográficos, ríos, pendientes, así como también casas, carreteras, puentes, entre otros. Esto permite determinar las diferentes posiciones relativas entre múltiples puntos en un plano horizontal, además de mencionar las diferencias de nivel de todas las características que se encuentran en el área de estudio.

El método de posicionamiento de GPS que se llevó a cabo fue el Post Processing Kinematic (PPK), el cual consiste en realizar las correcciones de posicionamiento una vez que el vuelo del dron haya finalizado. Después de que el vuelo termino, se acoplaron los datos reunidos en la aeronave con los tomados por los puntos de control (ROVER) y, mediante un postproceso de datos, se realizaron las correcciones de posicionamiento oportunas.

Los puntos de control topográficos colocados en la zona de trabajo están enlazados a la estación de rastreo permanente identificado con código “Punto AQ01” ubicada en el Gobierno Regional de Arequipa, esta estación forma parte de la Red Geodésica Geocéntrica Nacional por ende está controlado por el Instituto Geográfico Nacional en el sistema WGS84, reconociendo así las coordenadas UTM y cotas de cada punto. Desde el Punto AQ01, se enlazó otro punto con código “ABC” y desde éste se obtuvieron las coordenadas de los puntos de control en tierra, mediante el proceso de triangulación, lo que hará que las coordenadas de estos puntos sean más precisas.

A continuación, se presenta el cuadro con las coordenadas UTM de las estaciones permanentes que se usaron para la georreferenciación.

Cuadro 14: Coordenadas de la estación permanente

De:	AQ01
Cuadrícula	
Este	232216.879
Norte	8182783.183
Elevación	2415.149

A:	ABC
Cuadrícula	
Este	233897.204
Norte	8185771.075
Elevación	2614.121

Fuente: Reporte del Software utilizado.

5.4.1. Personal

En el levantamiento topográfico para el mejoramiento a nivel de afirmado de la vía vecinal MO-512, participaron:

- Un tesista
- Un técnico especialista en topografía
- Un guía (poblador de la zona)

5.4.2. Equipos

Para el levantamiento topográfico se optó por utilizar los siguientes equipos, instrumentos y herramientas:

- Un GPS Navegador marca GARMIN (eTrex Vista C)
- Un GPS Diferencial (ROVER)
- Una cinta métrica de 5 metros metálica.
- Un Dron PHANTOM 4 PRO, que tiene las siguientes especificaciones técnicas, nombrando las importantes con respecto a la fotogrametría:

- Masa (hélices y baterías incluidas): 1388 g.
- Velocidad máxima del dron: 72 km/h.
- Tope del servicio máximo sobre el nivel del mar: 6000 m.
- Resistencia máxima a la V. del viento: 10 m/s.
- Máximo tiempo de vuelo: aproximadamente 30 min.
- Rango de temperatura de funcionamiento: 0 °C a 40 °C.
- Rango de precisión de desplazamiento:
 - ✓ Vertical
 - $\pm 0.1\text{m}$ (con posicionamiento visual).
 - $\pm 0.5\text{m}$ (con posicionamiento GPS).
 - ✓ Horizontal
 - $\pm 0.3\text{m}$ (con posicionamiento visual).
 - $\pm 1.5\text{m}$ (con posicionamiento GPS).
- Sensor de cámara: 20 megapíxeles.
- Capacidad máxima de memoria: 128 GB.

5.4.3. Materiales

En el levantamiento topográfico se utilizó los siguientes materiales:

- Yeso
- Lapiceros: 3 unidades
- Libreta de anotaciones de campo

5.5. Procedimiento

Las labores de topografía en campo se iniciaron a las 7.30 a.m. en el anexo de Talahuayo en el km 18+000 y terminando a las 10:30 a.m. en el sector de Vinomore en el km 23+000.

Las coordenadas UTM de los puntos de inicio y final del tramo en estudio, son:

– Punto de Inicio Progresiva km 18 + 000

- Coordenada Este 267,449.262
- Coordenada Norte 8'149,287.552

– Punto Final Progresiva km 23 + 000

- Coordenada Este 267,799.439
- Coordenada Norte 8'144,717.833

5.5.1. Inspección de la zona de estudio.

Se realizó una inspección de la zona donde se llevó a cabo el levantamiento topográfico, considerando los lugares con presencia de vegetación, así como también se tomó en cuenta la morfología del terreno, es decir, si el terreno era plano, o presentaba pendientes muy pronunciadas.

5.5.2. Plan de vuelo

Se coordinó el tipo de dron a utilizar, el levantamiento a realizar y el software a ejecutar, ya que de estos criterios depende el alcance del estudio topográfico.

5.5.3. Vuelo del dron

Se debe tener en cuenta 4 parámetros, los cuales son: la altura de vuelo, el porcentaje de traslape, el Ground Sampling Distance y por último el factor climático que es muy importante para el vuelo del dron. La altura de vuelo está directamente

relacionada con la precisión de los puntos a levantar; el porcentaje de traslape es la intersección de dos o más fotografías y los valores ideales oscilan entre un 60% y 90% y habitualmente está calculado por el software de planificación de vuelo.

El Ground Sampling Distance (GSD), es la distancia entre dos centros de píxeles consecutivos medidos en el terreno, cuanto mayor sea el valor de la imagen GSD, menor será la resolución espacial de la imagen y los detalles serán menos visibles. El GSD está relacionado con la altura del vuelo: cuanto mayor sea la altitud del vuelo, mayor será el valor GSD.

El factor climático, es uno de los factores más importante puesto que de ello depende si se realizará o no un trabajo correcto, se debe verificar las condiciones climáticas óptimas para llevar a cabo el vuelo del dron.

Fotografía 3: Aterrizaje del Dron PHANTOM 4 PRO



Fuente: Elaboración propia.

5.5.4. Puntos de apoyo y control terrestre

Para realizar el vuelo del dron, se colocaron puntos de control terrestre, estos puntos ayudaron a orientar el vuelo del dron a un sistema de referencia para tener la exactitud y precisión requeridas tanto en la planimetría como en la altimetría. Los puntos de control se colocaron mediante un sistema de GPS diferencial enlazado con la estación de rastreo permanente, los cuales posteriormente se colocaron en el software de generación de nubes de puntos para la corrección de datos. La cantidad de puntos de control depende de la orografía y también del tipo de dron a utilizar. Los puntos fueron marcados con yeso haciendo una “X” y colocando a su costado una letra para que se aprecien en las imágenes aéreas.

Fotografía 4: Marca de yeso para apreciar las imágenes aéreas



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 5: Colocación del punto de control (Rover) en tierra



Fuente: Elaboración propia.

5.5.5. Planeación y ejecución del vuelo.

Los elementos de gran importancia al planear un vuelo fotogramétrico son: altitud del vuelo, velocidad del dron, porcentaje de sobrexposición de las imágenes tanto dentro de la misma línea de vuelo como de las de líneas adyacentes, otro factor tomado en cuenta son las condiciones climatológicas del día del vuelo. A continuación, se detalla numéricamente las características antes señaladas que se realizó en el estudio topográfico a lo largo de la vía.

- Altitud del vuelo
 Altura promedio en la zona de interés: 120 m.
 Altura promedio en el entorno: 300 m.
- Velocidad promedio del dron: 8 m/s.
- Porcentaje de solape de imágenes: 60%.
- Error: 0.957 píxel equivalente a 6.93 cm.

- Precisión: 0.79 mm.

Existen muchas aplicaciones móviles para planificar vuelos con drones, la elección de la aplicación más adecuada depende del objetivo del proyecto y de la marca del dron, por ejemplo, la marca de drones más utilizada en el Perú es DJI, que cuenta con su propia aplicación llamada DJI GO, que en este caso se utilizó en el estudio.

Los factores externos que se consideró fueron las torres y líneas de alta tensión, objetos que podrían dificultar el plan de vuelo, los permisos requeridos en ciertas zonas para volar drones, entre otros factores, así como también que el piloto tenga todas las habilidades y consideraciones técnicas para que el dron cuando se encuentre en el aire no sea un factor de riesgo.

5.5.6. Puntos de georreferenciación

El WGS-84 es un sistema de coordenadas geográficas que permite ubicar un punto cualquiera sobre la tierra, siendo WGS-84 las siglas de World Geodetic System 84 (en español Sistema Geodésico Mundial 1984). La georreferenciación se realizó in situ utilizando un GPS Diferencial, estableciendo coordenadas UTM en el Sistema WGS-84. Para el presente estudio se geo-referenció 6 puntos de control terrestre:

Cuadro 15: Punto de control terrestre

PTO	ESTE	NORTE	COTA
A	267,465.13	8'149,285.865	2,012.61
B	267,390.06	8'148,264.055	1,950.69
C	267,557.06	8'147,569.123	1,896.87
D	267,604.79	8'146,383.015	1,830.92
E	267,777.75	8'145,151.809	1,793.37
F	267,685.01	8'144,150.602	1,721.14

Fuente: Fuente: Reporte del Software utilizado.

Los puntos de control terrestre fueron colocados en sitios estratégicos para poder ser vistos por el dron y no sean interrumpidos por el paso de autos o por cualquier transporte, puesto que originaría la modificación de su posición.

5.6. Trabajo de gabinete

Concluida la etapa de recolección de datos e información en campo, mediante el GPS Diferencial y el Dron PHANTOM 4 PRO, se procedió a importar los datos a una computadora con la finalidad de realizar el análisis pertinente del levantamiento topográfico.

5.6.1. Proceso fotogramétrico

Según Geodrones (2020), el proceso fotogramétrico consiste en seis procesos los cuales se detallan a continuación:

1. Rectificación simple, donde el efecto de inclinar la foto debe corregirse y preservarla para producir una imagen en una escala constante (pero aún desconocida) cuando el terreno u objeto fotografiado es relativamente plano.
2. Orientación interna, recupera la geometría de cada una de las grabaciones fotogramétricas mediante las marcas de registro.
3. Orientación Relativa, se crean modelos estereoscópicos y se encuentran las coordenadas de estos modelos. En general, se utilizan puntos homólogos ubicados en el área de superposición estereoscópica.
4. La Aero triangulación, consiste en determinar puntos en el suelo utilizando métodos fotogramétricos. La aplicación principal es obtener un número suficiente de puntos de apoyo para poder alinear absolutamente todos los pares estereoscópicos que están involucrados en un proyecto de mapeo.

5. La orientación absoluta, es donde el modelo estereoscópico se escala y nivela desde varios puntos de posición conocidos. Para poder comparar las medidas del "modelo" con las de la "realidad", se requiere una red de puntos de partida, que no se determina necesariamente en el terreno, sino también por triangulación aérea u otro método.
6. Los detalles cartográficos de planimetría y altimetría se recuperan para crear nuevos mapas o actualizar los existentes a este proceso se le conoce como restitución.

Algunos de los softwares más utilizados para el procesamiento de imágenes de drones son el Pix4D y el AGISOFT PHOTOSCAN, siendo este último el que se utilizó para la generación de nube de puntos, modelos digitales de elevación, curvas de nivel, ortofotos, entre otros.

5.6.2. Precisión del levantamiento

La precisión a la que llega un trabajo de fotogrametría digital con RPAS obedece a algunas variables, las cuales se nombrarán a continuación:

- La cantidad de puntos de control
- Altura de vuelo
- Tamaño del sensor
- Clima
- Cantidad de luz en la zona

Teniendo en cuenta las variables antes mencionadas, la precisión no tendrá por qué ser superior a 3 cm tanto altimétrica como planimétricamente. Se recuerda que este

levantamiento topográfico está referenciado hacia una fase de proyecto más no en fase de trabajo.

5.6.3. Procesamiento de la información de campo y dibujo de planos

El último paso es cambiar al formato requerido para la información, el formato se puede utilizar para procesar en un entorno CAD (DWG) o en sistemas de información geográfica (SHP). En resumen, no es el dron, sino el procesamiento especial de la información lo que marca la diferencia entre poder realizar topografía con drones o, más bien, generar productos topográficos a partir de levantamientos fotogramétricos (Geodrones, 2020).

Posteriormente con el apoyo del AutoCAD Civil 3D 2019, se realizó lo siguiente:

- El plano de curvas de nivel.
- El eje central de la vía en planta.
- Las curvas horizontales.
- El perfil longitudinal de la vía, considerando la nueva rasante.
- El diseño geométrico con los planos obtenidos, tanto en planta como en perfil.
- Las secciones transversales y el diseño definitivo.

Los planos que se realizaron fueron los siguientes:

- Plano de ubicación.
- Plano topográfico.
- Plano de planta general.
- Planos de perfil longitudinal.
- Planos de secciones transversales.

- Cuadro de áreas y volúmenes de la carretera.
- Cuadro de cálculo de los elementos de curva.

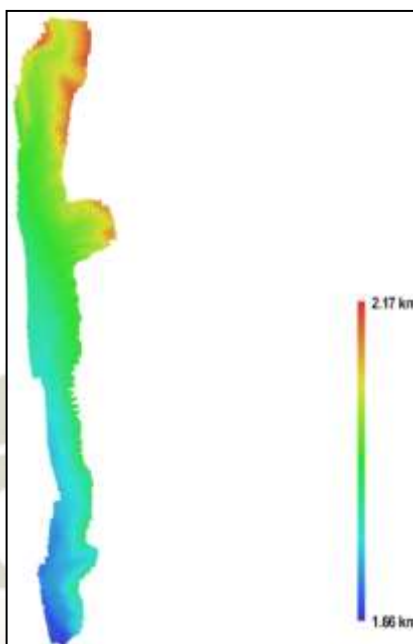
5.6.4. Resultados del trabajo fotogramétrico

Los resultados que se obtuvieron del trabajo fotogramétrico fueron los siguientes:

- Nube de puntos
- Modelo digital de elevaciones
- Modelo digital de terreno
- Ortofotos
- Curvas de nivel

Donde el modelo de elevación digital es una representación visual y matemática de los valores de elevación en relación con el nivel medio del mar, lo que permite caracterizar las formas de relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. A continuación, se presenta el MDE para el levantamiento realizado en la vía en estudio.

Figura 4: Modelo Digital de Elevaciones



Fuente: Reporte del Software utilizado.

Por otra parte, los modelos digitales del terreno son las capas que representan diferentes propiedades de la superficie terrestre y se derivan de una capa de elevación llamada modelo de elevación digital. Esto significa que el DTM muestra claramente la presentación del terreno.

La ortofoto es una fotografía aérea georreferenciada en la que la representación del territorio desde una perspectiva cónica se convierte en una perspectiva ortogonal con el fin de corregir las deformaciones que afectan a las fotografías.

VI. ESTUDIO DISEÑO GEOMÉTRICO

6.1. Generalidades

El diseño geométrico de vías es una técnica de la ingeniería civil que se basa en situar un trazado óptimo de una vía. En general, se estudian varios corredores estimando los costos ambientales, económicos o sociales que demandaría la construcción de una carretera. Una vez que se selecciona un corredor, se determina el diseño exacto, minimizando los precios y estimando el costo total del proyecto de construcción, especialmente estos están relacionados con el volumen del movimiento de tierras y el afirmado requerido.

6.2. Clasificación de las carreteras

Según el artículo N°19 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la clasificación de las carreteras se da según su función, demanda y condiciones orográficas.

6.2.1. Clasificación de acuerdo con su función

Según el reglamento de jerarquización vial del MTC, la vía en estudio pertenece a la “red vecinal” ya que conectan a centros poblados de su jurisdicción, están orientadas a facilitar el transporte de personas y el intercambio comercial a nivel local, permitiendo el empalme con las demás redes y asocia los centros de producción con los centros de consumo a nivel local.

6.2.2. Clasificación de acuerdo con su demanda

Según la Sección 101.06 del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del MTC, esta vía clasifica como una “trocha carrozable”, puesto que presenta una cantidad menor a 200 vehículos/día, a lo que se hará un mejoramiento para que se

convierta en una carretera de tercera clase y puesto que su diseño estará de acuerdo con esos parámetros, presentando características geométricas, que la trocha carrozable no alcanzará.

6.2.3. Clasificación por su orografía

Según el plano topográfico que se tiene, se determinó que, por las pendientes longitudinales y transversales, el terreno debe estar comprendido entre ondulado y accidentado, debido que el terreno tiene en promedio de pendientes transversales entre 11 y 50%, su orografía es de tipo ondulada y en lo que son las pendientes longitudinales en promedio están en un rango de 6% a 8%, que pertenece a la orografía accidentada. Por ser una vía que pertenece a la sierra del Perú es recomendable trabajarla como terreno accidentado y no ondulado, puesto que los radios de curva tendrán que ser más largos, y en la sierra hacer este tipo de trazo es dificultoso debido a las quebradas que existen.

6.3. Parámetros básicos para el diseño

6.3.1. Índice medio diario anual

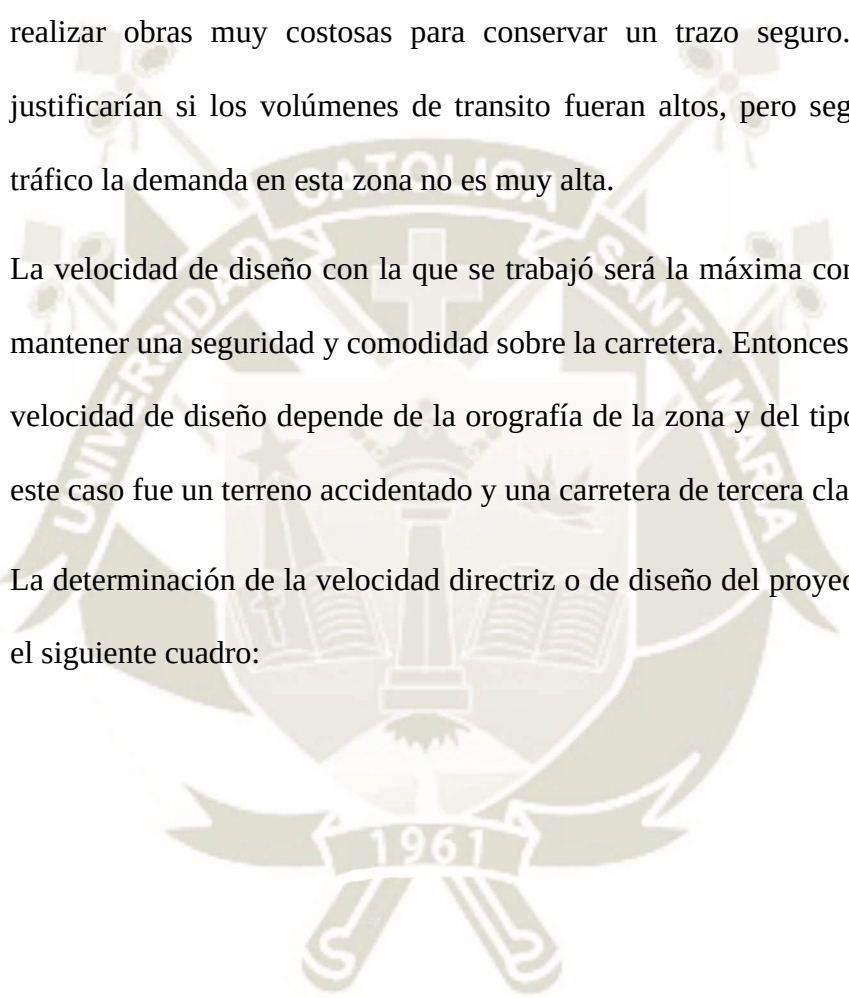
El $IMDA_0$ corregido para el año 2021, año donde empieza el servicio es de 53 vehículos/día, la cantidad de repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril de diseño es de 72121.070, esto clasifica a la vía como una Carretera de Bajo Volumen de Tránsito – Tipo T_{NP2} (Tráfico Pesado), considerando una superficie de rodadura de afirmado.

6.3.2. Velocidad de diseño

Para la elección de la velocidad de diseño se tuvo en cuenta el análisis técnico-económico puesto que el trazo que se realizará dependerá de la orografía de la zona. En terrenos accidentados si se deseara tener una velocidad alta de diseño se debería realizar obras muy costosas para conservar un trazo seguro. Estas obras se justificarían si los volúmenes de tránsito fueran altos, pero según el estudio de tráfico la demanda en esta zona no es muy alta.

La velocidad de diseño con la que se trabajó será la máxima con la que se podrá mantener una seguridad y comodidad sobre la carretera. Entonces se resume que la velocidad de diseño depende de la orografía de la zona y del tipo de carretera, en este caso fue un terreno accidentado y una carretera de tercera clase.

La determinación de la velocidad directriz o de diseño del proyecto se realizó con el siguiente cuadro:



Cuadro 16: Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

De acuerdo con el cuadro en una Carretera de Tercera Clase con una topografía accidentada se puede escoger entre tres velocidades de diseño: 30 km/h, 40 km/h y 50 km/h. Para este caso teniendo en cuenta los argumentos antes mencionados (relación velocidad de diseño y costo de la carretera) se trabajó con la velocidad directriz de 30 km/h.

6.3.2.1. Velocidad específica en curvas horizontales

Es la velocidad máxima a la que debe diseñarse cualquier elemento geométrico. Esta no puede ser menor que la velocidad de diseño de la sección y tampoco 20 km/h mayor. Esta velocidad específica está en función de las

secciones contiguas y de la longitud del segmento en tangente entre estas curvas, se debe enfatizar que, para no distorsionar el valor de la velocidad de diseño, se debe hacer una sugerencia cuando se asigne la velocidad específica a las curvas horizontales, de manera que estén lo más cerca posible a la velocidad de diseño. Para determinar esta velocidad específica, se despejó de la fórmula 7 (ver página 107), para así calcular dicha velocidad, debido a que los datos de radio, peralte y coeficiente de fricción ya se conocen.

6.3.2.2. Velocidad de Operación

Según el Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG-2018 del MTC, es la velocidad máxima a la que los vehículos pueden viajar en un determinado tramo de carretera, dependiendo de la velocidad de diseño, las condiciones de tráfico predominantes, el estado del pavimento, las condiciones meteorológicas, el grado de relación entre estas y otras carreteras con la propiedad adyacentes.

Un concepto para la mejor estimación de la velocidad de operación es lo que se conoce como el percentil 85 de velocidad, que consiste en determinar la velocidad a la que viaja el 85% de los vehículos. Es por lo que se utilizó las ecuaciones de Fitzpatrick que ayuda a estimar las velocidades de operación de acuerdo con las condiciones de alineamiento (pendientes), dichas ecuaciones se presentan a continuación:

Cuadro 17: Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente ($-9\% < i < -4\%$)	$V_{85} = 102.10 - \frac{3077.13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente ($-4\% < i < 0\%$)	$V_{85} = 105.98 - \frac{3709.90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente ($0\% < i < 4\%$)	$V_{85} = 104.82 - \frac{3574.51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente ($4\% < i < 9\%$)	$V_{85} = 96.61 - \frac{2752.19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V_{85} = 105.32 - \frac{3438.19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad ($K \leq 43 \text{ m} / \%$)	$V_{85} = 103.24 - \frac{3576.51}{R}$; (nota 2)
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	V_{85} se asume como la velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada ($K > 43 \text{ m} / \%$) sobre recta horizontal	V_{85} se asume como la velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada ($K \leq 43 \text{ m} / \%$) sobre recta horizontal	$V_{85} = 105.08 - \frac{149.69}{K}$

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG-2018 del MTC.

Se realizó el análisis comparativo entre estas dos velocidades para cada tramo de curva horizontal, el cual se presenta a continuación:

Cuadro 18: Análisis comparativo entre velocidad específica y velocidad de operación entre las curvas C1 a la C10

Nº de Curvas	Radio	V. Específica (km/h)	V. de Operación (km/h)
C1	100	46.57	71.33
C2	150	57.04	81.59
C3	200	65.87	86.71
C4	200	65.87	88.13
C5	200	65.87	88.13
C6	100	46.57	70.94
C7	100	46.57	68.88
C8	200	65.87	88.13
C9	150	57.04	82.40
C10	55	34.54	38.53

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 19: Análisis comparativo entre velocidad específica y velocidad de operación entre las curvas C11 a la C20

Nº de Curvas	Radio(m)	V. Específica (km/h)	V. de Operación (km/h)
C11	55	34.54	46.15
C12	55	34.54	46.15
C13	200	65.87	88.13
C14	55	34.54	46.15
C15	55	34.54	42.81
C16	100	46.57	71.33
C17	100	46.57	71.33
C18	55	34.54	42.81
C19	55	34.54	38.53
C20	55	34.54	38.53

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 20: Análisis comparativo entre velocidad específica y velocidad de operación entre las curvas C21 a la C30

Nº de Curvas	Radio(m)	V. Específica (km/h)	V. de Operación (km/h)
C21	55	34.54	38.53
C22	100	46.57	69.07
C23	200	65.87	86.71
C24	100	46.57	71.33
C25	55	34.54	46.15
C26	55	34.54	46.15
C27	55	34.54	39.83
C28	55	34.54	39.83
C29	55	34.54	46.15
C30	150	57.04	82.40

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 21: Análisis comparativo entre velocidad específica y velocidad de operación entre las curvas C31 a la C40

Nº de Curvas	Radio(m)	V. Específica (km/h)	V. de Operación (km/h)
C31	100	46.57	68.88
C32	200	65.87	87.43
C33	100	46.57	71.33
C34	55	34.54	38.53
C35	55	34.54	46.15
C36	200	65.87	86.71
C37	55	34.54	39.83
C38	55	34.54	38.53
C39	55	34.54	38.53
C40	25	23.29	25.00

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede apreciar que en tramos donde el radio es considerable, la velocidad se incrementa debido a que el radio es amplio y el estado de la capa de rodadura esta mejorada, lo que permite un aumento de velocidad considerando siempre aspectos de seguridad y comodidad; estas velocidades podrían adecuarse a vehículos ligeros ya que ante cualquier eventualidad estos podrían reaccionar de mejor manera que un vehículo pesado.

6.3.3. Distancia de visibilidad

La distancia de visualización es la distancia continua hacia adelante de la vía visible para el conductor del vehículo, para poder ejecutar con seguridad las maniobras con las que se vea obligado. Se consideran las siguientes distancias de visibilidad:

6.3.3.1. Visibilidad de parada

La visibilidad de un punto de parada dentro de un carril es la distancia entre un vehículo y un obstáculo inmóvil que se encuentra en el camino y es el

momento en que el conductor puede verlo sin desaparecer de su campo de visión.

Para determinar la visibilidad de la parada, se infiere que el objetivo inmóvil tiene una altura mayor de 0.15 m y que los ojos del conductor están a 1.07 m por encima del nivel de la rasante.

La pendiente influye en la distancia de parada. Esta influencia es de importancia práctica para pendientes de subida o bajada iguales de 3%, 6%, 9%, como también para pendiente en terreno plano. A continuación, se muestra los cuadros con dicha información.

Cuadro 22: Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de percepción reacción (m)	Distancia durante el frenado a nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Cuadro 23: Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros)

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente. En este caso:

Para las pendientes en bajada de 3%, 6%, 9%, la distancia de visibilidad fue de 35 m y para las pendientes en subida fue de:

3% → 31 m

6% → 30 m

9% → 29 m

6.3.3.2. Visibilidad de paso o adelantamiento

En carreteras convencionales, la visibilidad de adelantamiento es la distancia entre la posición del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento y la

posición del vehículo que se mueve en la dirección opuesta al momento en que pueda divisarlo sin que desaparezca de los ojos hasta el final de esta maniobra.

Es la distancia mínima que debe ser visible para que el conductor del vehículo pueda sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor con comodidad y seguridad, sin alterar la velocidad de un tercer vehículo que se desplaza en sentido contrario y que se hace visible cuando se inicia la maniobra de adelantamiento. Dichas condiciones de comodidad y seguridad se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h. Para determinar la visibilidad de los adelantamientos, se infiere que la altura del vehículo que viaja en la dirección opuesta es de 1.30 m, y que el ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es de 1.07 m. Las distancias mínimas de adelantamiento se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 24: Distancia de visibilidad de adelantamiento

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se estima que para una velocidad directriz de 30 km/h, la velocidad del vehículo adelantado es de 29 km/h y del vehículo que adelanta es de 44 km/h con una distancia mínima de visibilidad de adelantamiento de 200 m.

Según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que las distintas normativas existentes no involucran una corrección a la distancia de adelantamiento por efecto de la pendiente, debido que la aceleración es menor en terreno llano, es por lo que se tendrá un margen de seguridad para pendientes mayores a 6%. Por consiguiente, para pendientes mayores a la indicada se usará una distancia de adelantamiento correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la de la vía en estudio. Los sectores con visibilidad permitida para adelantar deberán dividirse los más homogéneo posible a lo largo del alineamiento. Se pretende que los sectores donde se pueda adelantar se mantengan dentro de los porcentajes que se indican.

Cuadro 25: Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En la zona en estudio para obtener la cantidad mínima de visibilidad de adelantamiento se tendrá que multiplicar los 5 kilómetros por el 35% que es el porcentaje deseable, lo cual resulta que debe haber un total de 1750 m para usarlo como un espacio para adelantar, esta distancia estará relacionado con

la distancia mínima de adelantamiento, la cual puede ser mayor o menor del 6%, si es que se va a considerar el margen de seguridad de la pendiente y dicha longitud se debe distribuir a lo largo del alineamiento como zonas de anticipo. En el diseño la pendiente longitudinal promedio a lo largo de la vía es mayor a 6%, por lo que se tomó como distancia de visibilidad la longitud de 270 metros tal como indica el Cuadro 24, obteniendo 7 sectores de visibilidad para adelantar con comodidad y seguridad, respetando parámetros como la diferencia de velocidad entre el vehículo que adelanta y el vehículo adelantado que debe ser de 15 km/h; estos sectores se determinaron por análisis de visibilidad proporcionada por el programa AutoCAD Civil 3D y comprobándolo de manera manual en el plano mediante progresivado, tanto en planta como en perfil (curvas convexas y cóncavas no son largas ni antiestéticas), determinando los sectores de adelantamiento que se presentan a continuación:

- Del km 18+010 al km 18+280
- Del km 20+000 al km 20+270
- Del km 20+315 al km 20+585
- Del km 20+620 al km 20+890
- Del km 21+180 al km 21+450
- Del km 21+860 al km 22+130
- Del km 22+730 al km 23+000

Esta cantidad se obtuvo de dividir la longitud total para adelantar a lo largo de la vía, es decir 1750 metros y la distancia de adelantamiento de 270 metros.

6.4. Alineamiento horizontal

6.4.1. Consideraciones de diseño

La orientación horizontal debe permitir la circulación continua de los vehículos, tratando de mantener la misma velocidad de conducción a lo largo de la longitud máxima de la carretera.

La alineación de la carretera está diseñada lo más directamente posible, adaptada a las condiciones del terreno y el número de cambios en la dirección. El trazado en planta de un segmento de carretera consiste en la secuencia apropiada de líneas rectas (tangentes) y curvas circulares.

Los radios mínimos son calculados en función a la velocidad de diseño, la fricción transversal y el peralte máximo permitido. Con la alineación horizontal desarrollada a una cierta velocidad, se debe evitar el uso de curvas de radio mínimo.

Debe buscarse una alineación horizontal homogénea, en la que las tangentes y las curvas se sigan unas a otras armoniosamente. El uso de tangentes demasiado largas está lo más restringido posible para evitar el deslumbramiento nocturno y la fatiga del conductor durante el día.

Al final de las tangentes largas, las curvas horizontales que se introduzcan deben concordar con la anterior, proporcionando que las curvas decrezcan gradualmente para orientar al conductor. En ocasiones cuando una tangente una a dos curvas sucesivas del mismo sentido y la carretera sea de 3ra clase la tangente podrá ser de reducida longitud o bien sustituida por un espiral.

En casos de curvas sucesivas en sentidos contrarios sus extremos coincidentes deben ser unidos por cortas extensiones de tangente.

6.4.2. Tramos en tangente

Las longitudes mínimas tolerables y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en el siguiente cuadro.

Cuadro 26: Longitudes de tramo en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Dónde:

$L_{\text{min-S}}$: Longitud mínima entre dos curvas de sentido contrario

$L_{\text{min-O}}$: Longitud mínima entre dos curvas del mismo sentido

L_{max} : Longitud máxima deseable

6.4.3. Curvas circulares

Son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas.

Elementos de una curva circular

Los elementos y nomenclaturas de las curvas horizontales circulares que se dan a continuación deben usarse sin cambios y son los siguientes:

P.C.: Punto de inicio de la curva.

P.I.: Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas.

P.T.: Punto de tangencia.

E: Distancia a externa (m).

M: Distancia de la ordenada media (m).

R: Longitud del radio de la curva (m).

T: Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m).

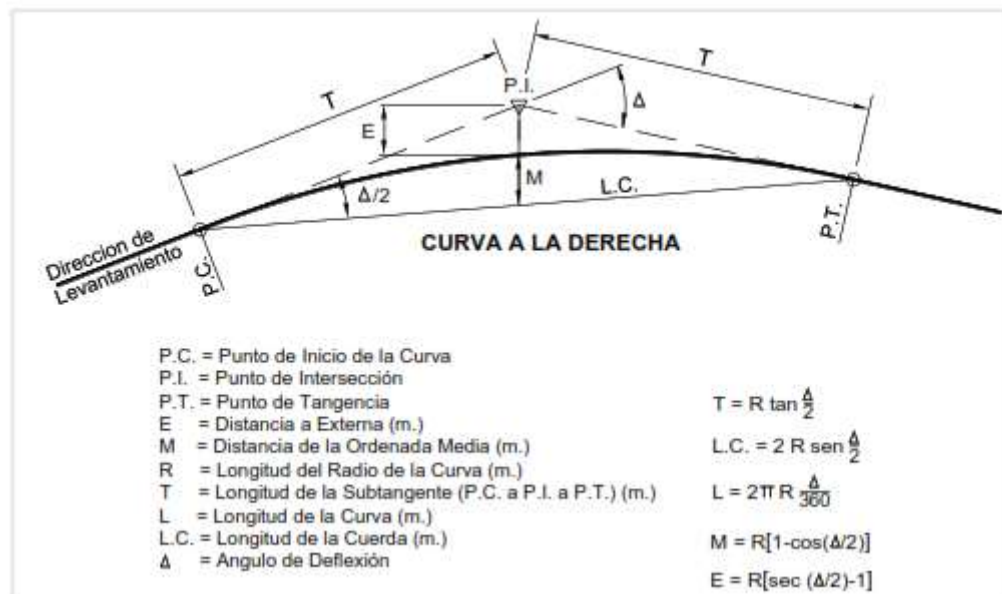
L: Longitud de la curva (m).

L.C.: Longitud de la cuerda (m).

Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$).

En la siguiente figura se ilustran los elementos indicados y nomenclatura de la curva horizontal circular.

Figura 5: Simbología de la curva circular



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

6.4.4. Radio mínimo

El diseño de una curva con radio mínimo debe calcularse con la garantía de que tenga seguridad y comodidad en el recorrido a una velocidad de diseño, este radio es cuantificado con la siguiente fórmula:

Fórmula 7: Obtención del radio mínimo

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(P_{\max} + f_{\max})}$$

Donde:

$R_{\min}$: Radio mínimo

V: Velocidad de diseño

$P_{\max}$: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno)

$f_{\text{máx}}$: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

El resultado de la aplicación de la fórmula antes mencionada se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro 27: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Este proyecto se desarrolló en un área rural con una orografía accidentada, por lo tanto, según la ubicación de la vía para el diseño geométrico de los radios se determinó un radio mínimo de 25 m.

En general, cuando se realiza un trazo en planta de tramo homogéneo la velocidad de diseño debe ser con el radio mínimo y el peralte máximo, se debe evitar el uso de curvas con un radio mínimo, por lo que se utilizó curvas con un radio amplio, reservando el uso de radios mínimos para condiciones críticas.

6.4.5. Coordinación entre curvas circulares

El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, menciona que cuando se enlacen curvas circulares consecutivas sin una tangente entre ambas o mediante una tangente menor a 200 m, la relación de radios de las curvas circulares no debe ser mayor al cuadro que se presenta a continuación:

Cuadro 28: Relación entre radios consecutivos sin tangente intermedia o cuya tangente sea menor a 200 m

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
40	60	50	360	> 670	212
50	75	50	370	> 670	216
60	90	50	380	> 670	220
70	105	50	390	> 670	223
80	120	53	400	> 670	227
90	135	60	410	> 670	231
100	151	67	420	> 670	234
110	166	73	430	> 670	238
120	182	80	440	> 670	241
130	198	87	450	> 670	244
140	215	93	460	> 670	247
150	232	100	470	> 670	250
160	250	106	480	> 670	253
170	269	112	490	> 670	256
180	289	119	500	> 670	259
190	309	125	510	> 670	262
200	332	131	520	> 670	265
210	355	137	530	> 670	267
220	381	143	540	> 670	270
230	408	149	550	> 670	273
240	437	154	560	> 670	275
250	469	160	570	> 670	278
260	503	165	580	> 670	280

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En la carretera en estudio existen algunas tangentes que unen dos curvas consecutivas, pero estas tangentes son de corta extensión, menores a las que indica la norma (Cuadro 26), por lo que se realizará un listado de dichas longitudes y se comprobará con el cuadro anterior si es posible la utilización de esa tangente sin causar problemas adversos a la comodidad y seguridad del conductor.

Cuadro 29: Comprobación de radios de curvas de entrada y salida

Curva de entrada		Curva de salida		Longitud de tangente (m)	Rango de aceptación	
Nº de curva	Radio (m)	Nº de curva	Radio (m)		Mínimo	Máximo
C1	100	C2	150	38.36	67	151
C5	200	C6	100	34.95	131	332
C8	200	C9	150	28.59	131	332
C11	55	C12	55	22.07	50	75
C19	55	C20	55	13.62	50	75
C20	55	C21	55	33.23	50	75
C25	55	C26	55	27.82	50	75
C27	55	C28	55	3.71	50	75
C37	55	C38	55	24.21	50	75
C38	55	C39	55	36.44	50	75
C39	55	C40	25	22.70	50	75

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se muestra los radios de las curvas de entrada como de salida que están dentro del rango especificado de acuerdo con el cuadro 28, por lo que se puede emplear una tangente de corta longitud como enlace entre dos curvas consecutivas cumpliendo con el peralte respectivo, para que no afecte el transcurso del vehículo, así como su seguridad y comodidad del conductor.

6.4.6. Curvas de transición

Cada vehículo motorizado sigue un camino de transición al entrar o salir de una curva horizontal, es decir que estas curvas tienen como objetivo evitar las discontinuidades en las curvas ubicadas en el trazo.

Si el radio de las curvas horizontales es menor que el normado, se deben usar las curvas de transición. Cuando se usan curvas de transición, se recomienda usar espirales que se aproximen a la curva de Euler o Clotoide.

6.4.6.1. Radio que permiten prescindir de la curva de transición

Según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, si no hay una curva de transición, el cambio instintivo que realiza el conductor con respecto al eje de su carril disminuye al aumentar el radio de la curva circular. Se estima que un desplazamiento de menos de 0.1 m es lo suficientemente pequeño como para prescindir de la curva de transición que evitaría esto.

En el caso de carreteras de Tercera Clase y cuando el radio de las curvas horizontales sea superior al señalado en el cuadro mostrado, se podrá prescindir de curvas de transición.

Cuadro 30: Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

6.4.7. Sobre ancho de la calzada en curvas circulares

La calzada aumenta su ancho en las curvas para lograr condiciones de operación comparables a las de las tangentes. En curvas, el vehículo de diseño ocupa un ancho mayor que en las secciones rectas. También es más difícil para los conductores mantener el vehículo en el medio del carril.

Los valores del sobreancho variarán según el tipo de vehículo, radio de la curva y de la velocidad del diseño. Se asumirá que el radio hasta el extremo del parachoques delantero es relativamente igual al radio de curvatura, por lo que el sobreancho se calculó de la siguiente manera:

Fórmula 8: Cálculo del Sobreancho

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

Sa: Sobreancho (m)

n: Número de carriles

RC: Radio de curvatura circular (m)

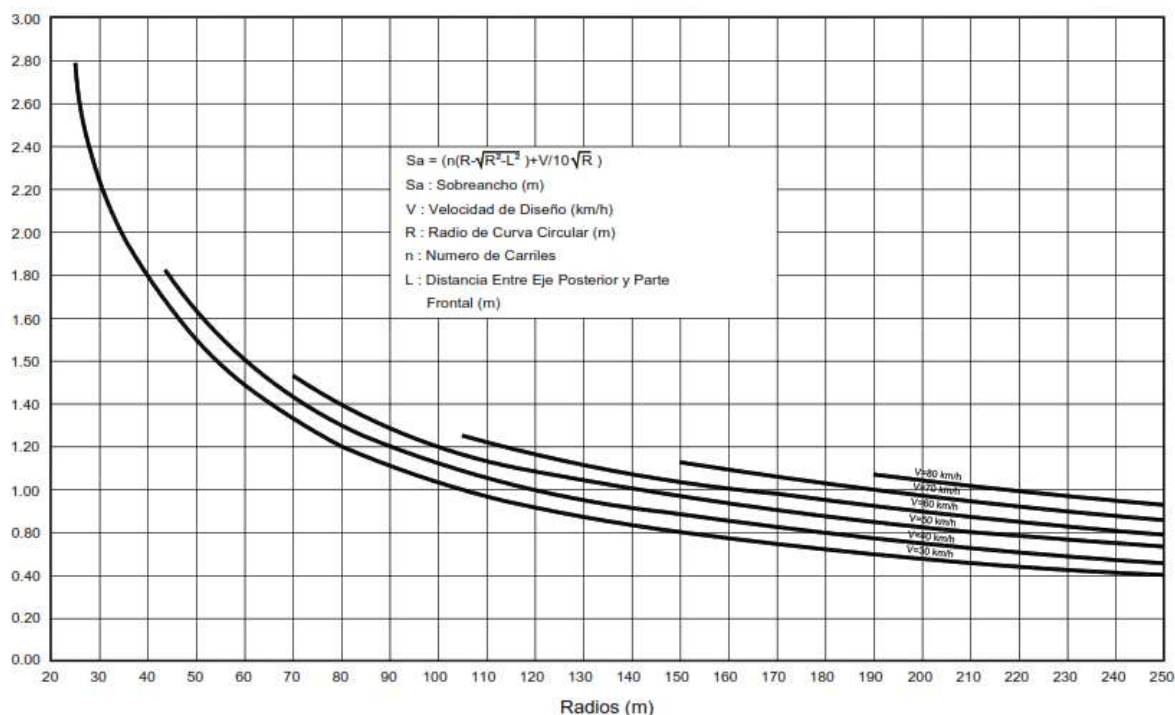
L: Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

El primer término depende de la geometría y el segundo de las consideraciones empíricas, que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad en el cálculo de las distancias transversales en las curvas. Cabe señalar que la inclusión de este valor adicional debe ser evaluada y determinada por el diseñador para las velocidades que considera bajas para la sección en el diseño.

El valor mínimo de sobreancho que se aconseja es de 0.40 m, también se puede determinar este valor en función a la longitud del tipo de vehículo de diseño, empleando la siguiente figura.

Figura 6: Valores de sobreancho en función a “L” del tipo de vehículo de diseño



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El valor del sobreancho estará limitado para curvas de radio menor a los 250 m (asociado a $V < 80$ km/h) y se debe aplicar solamente en el borde interior de la calzada.

El sobreancho se calculó de acuerdo con la fórmula 8 mencionada anteriormente, el único dato que va a variar es el radio de curvatura, debido a que la distancia entre el eje posterior y la parte frontal se consideró de 7.2 m para el vehículo más crítico que circula en la vía de estudio el cual es el camión C-2, reemplazando dichos datos se obtuvo los siguientes sobreanchos para cada curva:

Cuadro 31: Número de curva y sobreancho

N° de Curvas	Sobreancho (m)	N° de Curvas	Sobreancho (m)	N° de Curvas	Sobreancho (m)	N° de Curvas	Sobreancho (m)
C1	1.1	C11	1.5	C21	1.5	C31	1.1
C2	0.9	C12	1.5	C22	1.1	C32	0.9
C3	0.9	C13	0.9	C23	0.9	C33	1.1
C4	0.9	C14	1.5	C24	1.1	C34	1.5
C5	0.9	C15	1.5	C25	1.5	C35	1.5
C6	1.1	C16	1.1	C26	1.5	C36	0.9
C7	1.1	C17	1.1	C27	1.5	C37	1.5
C8	0.9	C18	1.5	C28	1.5	C38	1.5
C9	0.9	C19	1.5	C29	1.5	C39	1.5
C10	1.5	C20	1.5	C30	0.9	C40	2.7

Fuente: Elaboración propia.

Como se indicó en el párrafo anterior el sobreancho dependerá de una variable la cual es el radio de curvatura, por lo mismo se presenta a continuación la relación entre los radios a utilizar y su respectivo sobreancho.

Cuadro 32: Relación radio de curvatura y sobreancho

Radio de curvatura (metros)	Sobreancho (metros)
25	2.7
55	1.5
100	1.1
150	0.9
200	0.9

Fuente: Elaboración propia.

6.5. Alineamiento vertical

6.5.1. Consideraciones para el alineamiento vertical

En el alineamiento vertical, el perfil longitudinal forma la rasante que consiste en una serie de líneas rectas conectadas por curvas parabólicas a los que estas líneas rectas son tangentes. Para los propósitos del proyecto, la dirección de las pendientes se define de acuerdo con la progresión del kilometraje, donde la dirección positiva es el aumento de la altitud y la dirección negativa es la disminución de la altitud.

Las curvas verticales entre dos pendientes consecutivas permiten la transición entre pendientes de diferentes tamaños, eliminando la terminación abrupta de la rasante. El diseño de estas curvas asegura suficiente distancia de visión.

Para la definición del perfil longitudinal, se establecerán los siguientes criterios, excepto en casos debidamente justificados:

- Excepto en casos especiales en terrenos llano, la rasante estará sobre el nivel del terreno para favorecer el drenaje.
- En terreno ondulado, la rasante se adapta a las curvas del terreno por razones económicas. Se tienen en cuenta los criterios de seguridad, visibilidad y estética.
- En terreno accidentado, la rasante debe adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendientes, para evitar alargamientos innecesarios.
- En terreno escarpado el perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.
- Es deseable lograr una rasante compuesta en gradientes moderadas que representan desviaciones graduales entre los alineamientos de una manera compatible con la categoría de camino y la topografía del terreno.

- Si es posible, deben evitarse las rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de la misma dirección combinadas con una alineación corta). Para curvas convexas, los sectores largos están con visibilidad limitada, y si son cóncavos, la visibilidad del conjunto es antiestética y se crea confusión en la evaluación de las distancias y curvaturas.
- En pendientes de bajada, largas y pronunciadas, es conveniente disponer, cuando sea posible, carriles de emergencia que permitan maniobras de frenado.

6.5.2. Pendiente

Para el proyecto se consideró emplear en ciertos tramos según la topografía, pendientes superiores a 10% que no excedieron los 180 m de longitud como indica el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del MTC, esto debido a razones económicas ya que el incremento de la pendiente resultaría costoso para el proyecto.

Para la velocidad de diseño de 30 km/h, se tuvo en cuenta no sobrepasar la pendiente máxima de 10%, con excepciones de aumento en 1% para evitar cortes de terreno exagerado, perjudicando en el presupuesto.

El trazo debe tener una pendiente mínima para asegurar el drenaje en la vía de 0.5%, como lo recomienda el manual de Manual de carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Seguidamente se muestra el cuadro de pendientes máximas de acuerdo con la demanda de la carretera y a su velocidad de diseño.

Cuadro 33: Pendiente Máximas

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h																9.00	8.00	9.00	10.00	
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

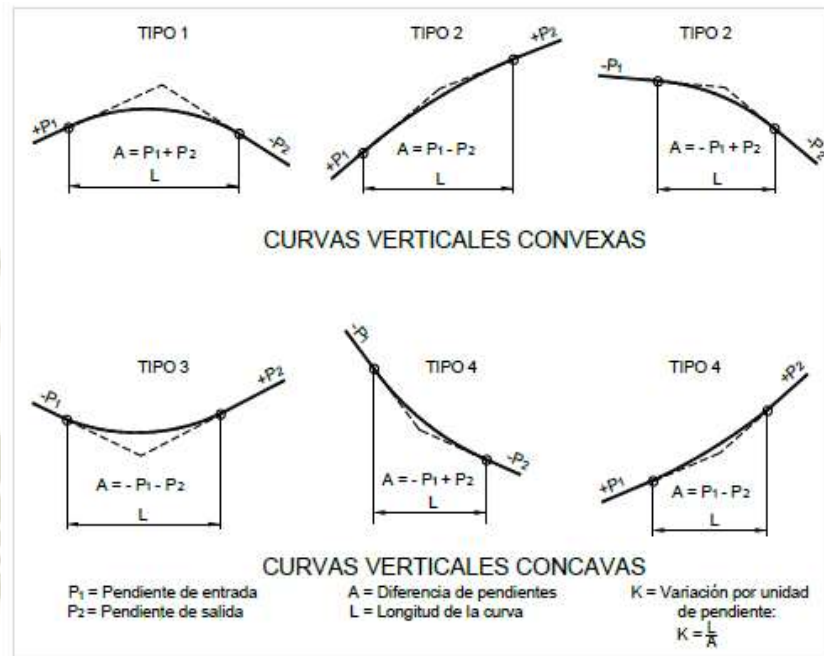
6.5.3. Curvas verticales

Los segmentos de rasante sucesivos están vinculados a curvas parabólicas verticales cuando la diferencia algebraica de sus pendientes es más del 1% para caminos pavimentados y mayor del 2% para los caminos afirmados tal como indica el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del MTC.

6.5.3.1. Tipos de curvas verticales

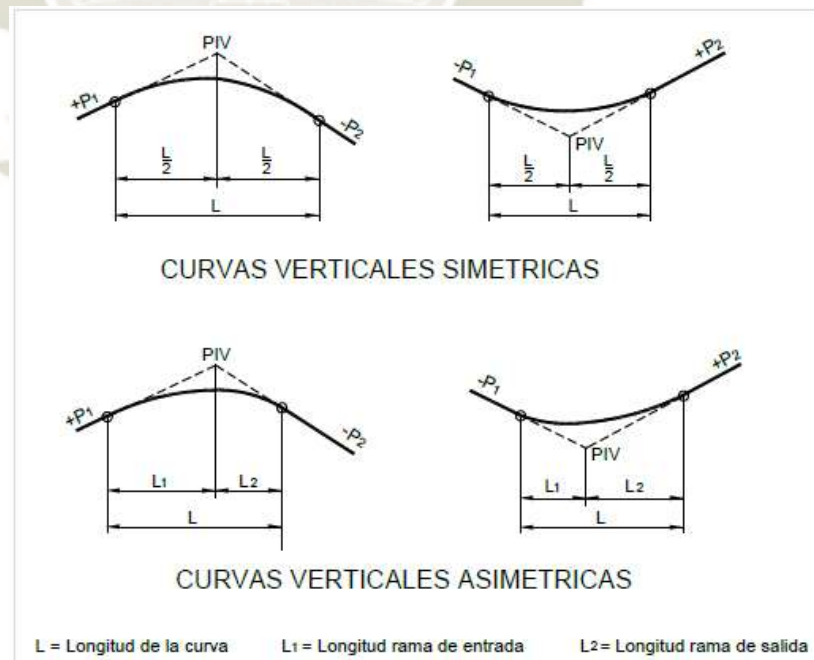
Existen dos tipos de curvas verticales, las curvas convexas y las curvas cóncavas, estas pueden ser tanto simétricas como asimétricas, pero siempre teniendo en cuenta que cumpla con el alineamiento del terreno. Se muestra en las siguientes figuras el tipo de curvas verticales:

Figura 7: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Figura 8: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas



Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En el diseño geométrico de la vía en estudio se trabajó con curvas simétricas ya sean convexas o cóncavas según lo requiera el alineamiento, teniendo en cuenta que para este tipo de curva simétrica esta debe ser una parábola cuadrática. Se debe tener ciertos criterios, para el diseño de curvas verticales, como son los que aconseja el manual de Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG -2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Debido a los efectos dinámicos, la comodidad requiere que el cambio de inclinación sea gradual. Esto es más crítico en las curvas cóncavas debido a la gravedad y las fuerzas centrífugas que actúan en la misma dirección.

- Debido a los efectos dinámicos, la comodidad requiere que el cambio de inclinación sea gradual. Esto es más crítico en las curvas cóncavas debido a la gravedad y las fuerzas centrífugas que actúan en la misma dirección.
- El criterio de confort se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas, en las que la fuerza centrífuga que se produce en el vehículo al cambiar de dirección se agrega a su propio peso. En general, siempre está cubierto por el criterio de seguridad.
- El criterio de seguridad se aplica a las curvas cóncavas y convexas. La longitud de la curva debe ser tal que la distancia visual sea mayor o igual que la distancia de frenado a lo largo de su desarrollo.

La longitud de la curva vertical se diseñó con una longitud mayor a la distancia de visibilidad de parada, con los valores que se presentan a continuación:

Cuadro 34: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva
vertical convexa en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K
20	20	0.6
30	35	1.9
40	50	3.8
50	65	6.4
60	85	11
70	105	17
80	130	26
90	160	39

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Cuadro 35: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva
vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

De los anteriores cuadros se infiere que la mínima longitud a usar tanto para la curva convexa como para la cóncava debe de ser de 35 m, debido a la velocidad de diseño, pero por criterio de seguridad, se diseñó con una longitud de 50 m para todas las curvas verticales presentes en el alineamiento.

6.6. Secciones Transversales

El diseño de la alineación horizontal y vertical no debe ser independiente entre sí. Para garantizar la seguridad, la velocidad, una apariencia agradable y un servicio de transporte eficiente, estos diseños deben coordinarse entre sí.

El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que, el diseño geométrico de la sección transversal (Plano 16: Secciones Transversales), reside en describir los elementos de la carretera en un plano de corte vertical perpendicular al alineamiento horizontal.

Este también enfatiza que el elemento más importante de la sección transversal es el área destinada a la banda de rodadura o calzada y las dimensiones del nivel de servicio proporcionado en el proyecto sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, como bermas, aceras, zanjas, pendientes y elementos complementarios.

6.6.1. Elementos de la sección transversal

Los elementos que constituyen la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto.

6.6.2. Calzada o superficie de rodadura

Parte de la carretera que tiene como función la de que los vehículos circulen por esta, no incluye la berma. La calzada se compone de carriles, los cuales están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido. En carreteras de calzada única estará compuesta de dos carriles por calzada, el ancho mínimo de calzada en tangente para la carretera del proyecto fue de 6.00 m.

Cuadro 36: Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehiculos/día	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2,001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60		
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

6.6.3. Bermas

La función de las bermas es servir como confinamiento de la superficie de rodadura y utilizar este espacio para cada situación de emergencia. Este ancho se establece en función de la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía. Para la carretera en estudio se utilizó como ancho de berma la longitud de 0.50 m, como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 37: Ancho de bermas

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																	1.20	1.20	0.90	0.50
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

6.6.3.1. Inclinación de bermas

Según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para las carreteras a nivel afirmado, las bermas en los tramos en tangentes siguen la inclinación de la carretera, y solo el valor del peralte se ejecutará en los tramos en curva, por ende, el declive que siguieron las bermas en la vía en estudio fue la misma que la del bombeo.

6.6.4. Bombeo

Cumple la tarea de evacuar las aguas superficiales y su valor depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación en la zona. Según el cuadro adjunto se escogerá el bombeo.

Cuadro 38: Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La zona en estudio tiene una precipitación menor de 500 mm/año, debido a que está emplazada en un valle interandino que, según el Ministerio de Agricultura, presenta un clima templado subhúmedo.

En el estudio de la carretera se empleó un bombeo del 3.0%, de la manera denominada dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes, dicha inclinación también fue propia de las bermas.

6.6.5. Peralte

Es la pendiente transversal que se da a las curvas horizontales con el fin de contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga del vehículo, logrando que la resultante total de las fuerzas se conserve paralela al plano horizontal. Para los peraltes máximos se describe la siguiente tabla.

Cuadro 39: Valores del peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El peralte con el que se diseño fue del 8%, y en casos excepcionales será de 12%, teniendo en cuenta que, si un vehículo transitara a una velocidad inferior a la de diseño, cabe la posibilidad que este resbale en el sentido transversal.

El peralte mínimo será del 2%, para las velocidades de diseño y radios de curvatura, que se indican a continuación:

Cuadro 40: Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En el tramo en estudio no se tiene esos radios de curvatura ni se diseñó con esas velocidades por lo cual el peralte del 2% no se usó en la vía en estudio.

El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que también se puede obviar el peralte tal como se explica en el cuadro siguiente:

Cuadro 41: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥ 100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

6.6.6. Taludes

Según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del MTC, el talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Esta inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal. Los taludes para las secciones de corte y relleno varían según la estabilidad del terreno en el que se estén. Las alturas permisibles del talud y su inclinación se determinan en la medida de lo posible mediante cálculos o teniendo en cuenta la experiencia con el comportamiento de la roca o el suelo, taludes de corte similares y características geotécnicas estables en condiciones ambientales similares.

Dichos cálculos verificarán si el factor de seguridad del talud cumple con lo establecido para así evitar una falla (deslizamiento) o en el caso que se necesita una banqueteta para aminorar su peso y evitar lo nombrado anteriormente; este análisis se detallará en el capítulo de Estabilidad de taludes.

A continuación, se adjunta la tabla mostrando valores referenciales de taludes en zonas de corte.

Cuadro 42: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V)

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los taludes presentes en la zona estudio este compuesto mayormente de arena, por lo que se trabajará con una relación H: V de 2:1; en el talud se proyectó banquetas en los casos que fueron necesarios, estas fueron más que todo imprescindibles en altura de corte crítico, de acuerdo a como lo señala el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del MTC, las banquetas estarán ubicadas en alturas de corte mayor a 7 m y si fuera necesario la realización de otra, esta deberá estar posicionada cada 10 m.

Por otro lado, los taludes en zonas de relleno (terraplenes), también variarán en función de las características del material con el cual está formado. En la tabla adjunta se muestra taludes referenciales.

Cuadro 43: Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

Fuente: Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

El material que predominará al momento de rellenar serán las arenas, por lo que se consideró la opción de usar la relación V:H de 1:2 en el terraplén.

6.6.7. Cunetas

Son canales que se construyen lateralmente a lo largo de la vía, cuyo servicio es de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, originarios de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento.

6.6.8. Resumen y consideraciones en zona rural

Cuadro 44: Resumen del diseño geométrico de la carretera

Clasificación según el servicio a diseñar	Carretera de Tercera Clase
Características	Carretera de una calzada con dos carriles
Orografía	Accidentado
Velocidad de Diseño	30 km/h
Visibilidad de parada	Pendiente nula y en bajada: 35 m
	Pendiente en subida: 3%=31m, 6%=30m, 9%=29m
Visibilidad de Adelantamiento	200 m
Superficie de Rodadura	Afirmado
Ancho de Calzada	6 m
Berma	0.5 m
Bombeo de Berma	3.00%
Bombeo Transversal	3.00%
Radio Mínimo	25 m
Talud de Corte (H: V)	02:01
Talud de Relleno(V:H)	01:01.5
Pendiente máxima	11%
Pendiente mínima	1%
Peralte máximo (%)	8%
Nº de Curvas horizontales	40

Fuente: Elaboración propia.

6.6.9. Casos de coordinación del trazo en planta y perfil

La superposición (ajuste de ubicación) de la curvatura vertical y horizontal generalmente conduce a una forma más segura y cómoda. Los cambios posteriores en el perfil longitudinal que no se combinan con una curva horizontal pueden dar lugar a una serie de depresiones que son invisibles para el conductor del vehículo.

No es conveniente comenzar o finalizar una curva horizontal cerca del vértice de una curva vertical. Esta condición puede ser particularmente insegura por la noche si el conductor no reconoce el principio o el final de la curva horizontal. El diseño horizontal y vertical de una vía debe coordinarse para que el usuario pueda conducir por ella de manera cómoda y segura. En particular, se evita la pérdida visual cuando se conduce a la velocidad de diseño.

De acuerdo con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 de MTC indica el siguiente listado de casos recomendables y no deseables de los elementos en el trazado en planta y perfil.

- 1) No deben ser utilizadas tangentes cortas entre dos curvas cóncavas ni tampoco entre dos curvas convexas.
- 2) Se debe preferir parámetros convexos mayores que los cóncavos, para mejorar la visibilidad.
- 3) Se debe eludir la pérdida de trazado, ya que esta ocasiona una aparente desaparición de la plataforma a la vista del conductor.
- 4) Se debe evitar una curva horizontal de radio mínimo, próxima al punto más bajo de una curva vertical cóncava que conecte rasantes de pendientes fuertes.

- 5) Se debe prevenir que una curva vertical este emplazada al inicio o al final de una curva horizontal.
- 6) En terrenos planos y ondulados, no deben diseñarse curvas verticales sucesivas y de corta longitud debido a que producen el efecto de pérdida de trazado, en la vía de estudio a pesar de no ser un terreno plano ni ondulado, consta de curvas verticales las cuales no están posicionadas en forma continua y la longitud de dichas curvas están de acuerdo como indica al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

6.7. Alternativas de diseño

Para llegar a un diseño geométrico óptimo se tuvo que analizar varias propuestas. Dentro de las cuales se consideró 3 alternativas representativas que se describen a continuación:

Alternativa N°1

Después de haber analizado esta posibilidad se comprobó que existían pendientes de 11.24%, 12.10% y 18.95% de inclinación, siendo descartada esta opción automáticamente, puesto que la pendiente máxima en este tipo de vías debe ser de 11%, otra de las deficiencias que se encontró fue que no cumplían con las diferencias algebraicas entre pendientes ni con la pendiente mínima de 0.5%.

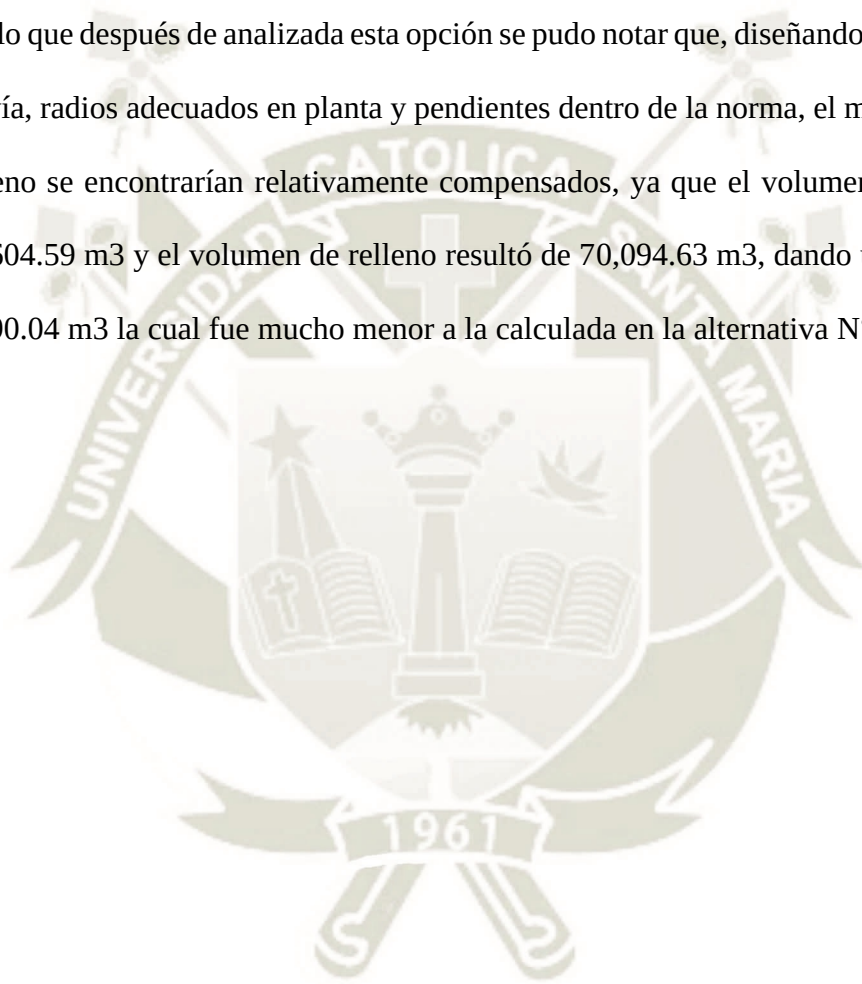
Alternativa N°2

En esta alternativa se propuso correr el trazo hacia el talud para poder ensanchar la vía, debido que en la parte derecha de ésta se tuvo la limitante de la ladera abajo natural del terreno, después de analizar esta opción se tuvo que desestimar, debido a que el volumen del material de corte resultó de 89,064.64 m³ y el volumen de relleno fue de 73,009.95

m³, dando una diferencia de 16,054.69 m³, lo cual fue demasiado, puesto que lo ideal es que ambos volúmenes se compensen o se aproximen.

Alternativa N°3

En esta alternativa se decidió alejarse un poco del talud para reducir el volumen de corte, por lo que después de analizada esta opción se pudo notar que, diseñando un óptimo ancho de vía, radios adecuados en planta y pendientes dentro de la norma, el material de corte y relleno se encontrarían relativamente compensados, ya que el volumen de corte fue de 66,604.59 m³ y el volumen de relleno resultó de 70,094.63 m³, dando una diferencia de 3,490.04 m³ la cual fue mucho menor a la calculada en la alternativa N°2.



VII. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS:

7.1. Formaciones Geomorfológicas

Estas formaciones geomorfológicas fueron obtenidas del mapa geológico del cuadrángulo de Puquina (34-t). Las formaciones presentes a lo largo de la vía en estudio son tres, las cuales se nombran a continuación:

- Formación Puente (Grupo Yura)
- Depósitos fluviales
- Formación Labra (Grupo Yura)

Seguidamente se procede a describir cada una de las formaciones antes mencionadas.

a. Formación Puente (INGEMMET, 1978)

La Formación Puente está presente en la vía en estudio desde el km 18+000 al km 18+900 y del km 19+500 al km 19+760 aproximadamente (Plano: Mapa Geológico, MG-01). Pertenece a la edad Jurásica Superior y a la formación del Grupo Yura, las cuales constan de rocas sedimentarias y volcánicas. Litológicamente, está representado por una secuencia de rocas clásticas que consisten mayormente en areniscas cuarzosas de color pardo y lutitas carbonosas, con algunas intercalaciones de derrames volcánicos en diferentes niveles de la sección.

Las areniscas cuarzosas son de grano fino a medio, en superficies frescas tiene color gris, gris verdoso y pardo amarillento que por acción del intemperismo cambian a pardo rojizo, presentando manchas marrón-rojizo producidas por la alteración de minerales de fierro, siendo frecuente distinguir en su masa limonita y piritita.

Las areniscas casi no varían su carácter y están estratificadas en capas delgadas con disyunción en lajas. En aquellos lugares donde las areniscas se tornan más cuarzosas, los mantos varían de grosor entre 0.30 a 1.00 m. En estos horizontes se encuentran restos de plantas mal conservadas. Las lutitas son carbonosas, fisibles, con algunas estructuras arriñonadas y altamente fracturadas, de color gris oscuro a negras.

b. Depósitos fluviales (INGEMMET, 1978)

Los depósitos fluviales se encuentran presentes en la vía en estudio desde el km 18+900 al km 19+500 y del km 19+760 al km 21+660 aproximadamente. (Plano: Mapa Geológico, MG-01). Pertenecen a la edad Cuaternaria Reciente y consta de rocas sedimentarias y volcánicas. Se estudia bajo este nombre, a todos los depósitos recientes cuyos materiales han sido arrancados y transportados por el agua y depositados a poca distancia de su lugar de origen. Estos materiales se presentan poco consolidados y sus elementos no tienen ninguna selección, tratándose más bien de una mezcla heterogénea de rocas de diferentes tamaños y formas, en escasa matriz fina y con variaciones notables de su exposición a otra.

c. Formación Labra (INGEMMET, 1978)

La Formación Labra está ubicada dentro de la vía en estudio en lo que va del km 21+660 al km 23+000 (Plano: Mapa Geológico, MG-01). Conciernen a la edad Cretácea Inferior, de la Formación del Grupo Yura y se compone de rocas sedimentarias y volcánicas, como las areniscas cuarzosas, cuarcitas y lutitas en los niveles inferiores; areniscas, areniscas calcáreas y lutitas con algunos lentes calcáreos en los niveles medios y finalmente cuarcitas y lutitas en los niveles superiores. Las areniscas son de grano fino a medio, tienen color blanco grisáceo

en fractura fresca, gradando a rojo o ligeramente amarillento en superficies intemperizadas.

Las areniscas calcáreas son de grano medio en matriz fina rica en carbonato de calcio, de color pardo amarillento. Las cuarcitas son de color blanco a blanco grisáceo, con matices rosados en fracturas frescas, dichas coloraciones se tornan rojizas por intemperismo. Las lutitas son de color gris oscuro a negras, localmente varían a verde amarillento. Los afloramientos se exponen conformando colinas, con algunos escarpes que se hacen prominentes debido al carácter litológico de la formación, diferenciándose enormemente de la topografía que muestran las lutitas del miembro Cachíos. Estratigráficamente, esta unidad suprayace aparentemente en concordancia al miembro Cachíos e infrayace a las calizas Gramadal.

7.2. Estudio de suelos

7.2.1. Alcance

El presente Estudio de Mecánica de Suelos para el Proyecto “Diseño integral para el mejoramiento a nivel de afirmado de la vía vecinal MO-512, tramo Talahuayo – Vinomore, distrito de La Capilla, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, 2019”, es sólo para dicha área de estudio, de ninguna manera se puede aplicar para otros sectores o fines.

La mecánica de suelos muestra que el terreno se comporta como otra estructura con sus propiedades físicas entre ellas: la densidad, porosidad, cohesión y ángulo de fricción interna, lo que le otorga ciertas propiedades de resistencia a diferentes cargas, compresiones y cizallamientos.

Sobre la base de todas de estas variables, se pueden hacer clasificaciones útiles desde un punto de vista constructivo, que define una tipología del suelo que refleja las características generales de cada grupo y su capacidad para soportar los diferentes tipos de estructuras civiles.

7.2.2. Descripción del Proyecto

El mejoramiento del tramo en estudio consiste en ensanchar la calzada a 6.00 m, con un espesor de afirmado de 0.15 m, con sus respectivas cunetas y alcantarillas, tomando en cuenta también las bermas de 0.5 m para cada lado de la calzada. El estudio de mecánica de suelos fue de gran importancia para el presente proyecto, debido que está relacionado directamente con el mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado, debido a ello se tuvo el cuidado necesario y la seriedad del caso al efectuarse las calicatas y la recolección de muestras para obtener resultados confiables.

a.- Calicatas para muestreo de suelo

Las calicatas son una de las técnicas de prospección utilizadas para facilitar la detección geotécnica, son excavaciones de tamaño pequeño a mediano, que generalmente se llevan a cabo con una pala, barreta y una picota. (GEOSEISMIC, 2017)

Las calicatas permiten una inspección directa del suelo a estudiar, por lo tanto, este método de exploración generalmente proporciona una información más confiable y completa. En los suelos con grava, el pozo es el único recurso de exploración que puede proporcionar información confiable, y es un medio muy eficaz para explorar y muestrear suelos de fundación.

Si no se ejecuta un pozo planificado, es preferible dejar el número de pozo como "no realizado" en el registro, en lugar de reutilizar el número en otro lugar para evitar confusiones.

b.- Determinación del número de calicatas para ensayos principales:

El propósito en conocer las características físico-mecánicas del suelo de la subrasante, es la ejecución de calicatas de exploración de 1.50 m de profundidad mínima, conforme lo determina el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos (2014) del MTC; el número mínimo de calicatas por kilómetro estará de acuerdo con el cuadro siguiente:

Cuadro 45: Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicata por km	Se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada

Fuente: Capítulo IV. Suelos, del Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos, 2014 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

El presente estudio se realizó a nivel de perfil, basándose en lo que indica el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos (2014) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; que en caso no haya información secundaria existente se efectuará el número

de calicatas del cuadro anterior espaciadas cada 4 km en vez de cada km. Por lo tanto, en el tramo en estudio se realizó 2 calicatas, la primera en el km 19+520 y la segunda en el km 22+030, estas ubicaciones se escogieron aproximadamente basándose en un diseño geométrico previo, puesto que se determinó que la altura de corte en dichas zonas entre el nivel de la subrasante y el nivel del terreno natural estaban relativamente próxima.

c.- Determinación del número de ensayos de CBR

Se extrajeron muestras representativas de la subrasante para realizar los ensayos de CBR, el número de ensayos dependió del tipo de carretera, tal como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 46: Número de Ensayos de CBR

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Nº de CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un $IMDA \leq 200$ veh/día, de una calzada	Calicata a 1.50 m	Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Capítulo IV. Suelos, del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

7.2.3. Descripción de los trabajos

a. Actividades generales

Se llevó a cabo labores de campo, mediante la excavación de calicatas cuyas dimensiones fueron de 2.00 m por 1.50 m y con 1.50 m de profundidad, con la

finalidad de obtener muestras representativas y poder realizar los ensayos para evaluar los suelos que conforman la subrasante de la carretera en estudio.

La distancia entre ambos pozos exploratorios fue de aproximadamente 3.0 km., de tal manera que las muestras sean representativas en todos los estratos identificados. (Anexo 5 y 6)

Se excavaron 02 calicatas, de las cuales se obtuvo muestras de aproximadamente 120 kg por cada estrato, que fueron depositados en sacos plásticos de polipropileno para conservar sus propiedades e inmediatamente fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Católica de Santa María, de la provincia de Arequipa y región del mismo nombre, y sometidas a los siguientes ensayos bajo las normas del Manual de Ensayo de Materiales (2016), del Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

- Análisis Granulométrico por tamizado, Norma MTC E107.
- Determinación del Límite Líquido, Norma MTC E110.
- Determinación del Límite Plástico, Norma MTC E111.
- Humedad Natural, Norma MTC E108.
- Gravedad Específica de los Suelos, Norma MTC E113.
- Proctor Modificado, Norma MTC E115.
- California Bearing Ratio (CBR), Norma MTC E132.

Los ensayos mencionados son netamente para la subrasante, sin embargo, para el material de afirmado se realizó los mismos, pero con la inclusión de otros ensayos, los cuales se detallarán más adelante en el estudio de las canteras. Las

hojas de cálculo de los ensayos realizados ya sea para las canteras y la subrasante se mostrarán en el anexo de Análisis de Suelos.

b. Ubicación de las calicatas

La ubicación de las calicatas se identificaron con sus respectivas coordenadas y progresivas de la siguiente manera:

Cuadro 47: Ubicación de Calicatas con sus Coordenadas

CÓDIGO	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD
C-1	267470.286	8147808.440	Subrasante Anexo Challahuayo	km 19+520	1.50 m
C-2	267828.927	8145430.376	Subrasante Anexo Vinomore	km 22+030	1.50 m

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 6: Calicata N°1 ubicada en el km 19+520



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 7: Calicata N°2 ubicada en el km 22+030



Fuente: Elaboración propia.

c. Descripción de los resultados de suelos por calicata

La descripción de las características del suelo de cada calicata se ajusta al estudio de suelos realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UCSM, bajo las normas del Manual de Ensayos de Materiales (2016) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; para la descripción de las características por tipo de suelo se realizó según Duque E. & Escobar P. (2002), y complementado con los resultados de los ensayos realizados.

MUESTRA N° 1-Cantera Challahuayo

Clasificado en el sistema SUCS como un suelo SP y en el sistema AASHTO, como un suelo A-1-a, posee 4.35% de material que pasa por la malla N°200. Se puede emplear para terraplenes de suave talud, tiene moderada facilidad de uso en obra, posee una permeabilidad y comprensibilidad alta.

Fotografía 8: Cantera Challahuayo



Fuente: Elaboración propia.

MUESTRA N° 2-Cantera Vinomore

Clasificado en el sistema SUCS como un suelo GP y en el sistema AASHTO como un suelo A-1-a, posee 4.49% de material que pasa por la malla N°200. Apto para emplearlo como afirmado en una vía, tiene una elevada facilidad de uso en obra, así como permeabilidad, resistencia al corte y comprensibilidad.

Fotografía 9: Cantera Vinomore



Fuente: Elaboración propia.

CALICATA N° 1-Subrasante km 19+520

Estrato N.º 1

El primer estrato tuvo un espesor de 0.30 m aproximadamente con presencia de grava con un tamaño que no excedía 1", más gravoso que el segundo estrato

Estrato N.º 2

Ligeramente más arenoso que el primero con presencia de grava sobrepasando la 1", teniendo un material uniforme hasta el límite de excavación de 1.50 m, distinguiéndolo del primer estrato por el ligero cambio de color entre ambos.

En ambos estratos según su granulometría fue clasificado en el sistema SUCS como un suelo SP-SC, según esta clasificación es una arena pobremente gradada con arcilla de baja plasticidad, se puede usar para terraplenes de suave talud, revestimiento de canales y capas de pavimento, tiene una facilidad muy alta en

tratamiento en obra, alta resistencia al corte y a la comprensibilidad y baja permeabilidad; en el sistema AASHTO, la muestra es clasificada como un suelo A-2-6 (arena arcillosa), teniendo un buen uso para base de pavimentos y en subbases.

CALICATA N° 2-Subrasante km 22+030

Estrato N.º 1

Tiene un espesor de 0.30 m aproximadamente de tonalidad claro uniforme, conteniendo a vista un poco más de partículas gravosas que el segundo estrato.

Estrato N.º 2

Al momento de seguir excavando hasta llegar al 1.50 m se observó que el material seguía uniforme siendo su tonalidad un poco más oscura y ligeramente más arenosa que el primero.

Los estratos de esta calicata presentaron el mismo tipo de suelo de la calicata anterior, por ende, poseen las mismas propiedades antes mencionadas. De los resultados de las muestras extraídas de cada calicata, se muestra a continuación el análisis de las características físicas – mecánicas más resaltantes:

Cuadro 48: Resumen del análisis de EMS de las Calicatas

Nº	Descripción del ensayo	Unidad	Calicatas			
			C-1		C-2	
			E-1	E-2	E-1	E-2
1.00	GRANULOMETRÍA (% que pasa)					
1.01	1 1/2"	%	100	98.11	97.20	98.10
1.02	1"	%	98.47	94.78	92.90	94.75
1.03	3/4"	%	95.42	92.68	90.00	92.47
1.04	1/2"	%	87.27	89.24	84.10	87.57
1.05	3/8"	%	82.49	85.15	81.70	83.32
1.06	Nº4	%	69.94	79.68	78.10	79.85
1.07	Nº10	%	59.08	70.64	71.01	73.62
1.08	Nº40	%	37.74	48.47	48.88	54.22
1.09	Nº100	%	16.71	21.94	16.27	16.19
1.10	Nº200	%	6.53	8.76	7.28	5.08
2.00	Límite Líquido	%	18.25	19.01	17.61	19.22
3.00	Límite Plástico	%	NP	NP	NP	NP
4.00	Índice de Plasticidad	%	18.25	19.01	17.61	19.22
5.00	Clasificación SUCS		SP-SC	SP-SC	SP-SC	SP-SC
6.00	Clasificación AASHTO		A-2-6	A-2-6	A-2-6	A-2-6
7.00	CBR					
7.01	Max. Densidad Seca al 100%	g/cm3	1.99	1.88	1.78	1.74
7.02	Max. Densidad Seca al 95%	g/cm3	1.89	1.76	1.65	1.58
7.03	Óptimo Contenido de Humedad	%	8.9	9.8	9.8	10.6
7.04	CBR al 100%	%	170	109	95	117
7.05	CBR al 95%	%	54	57	47	58

Fuente: Datos obtenidos del estudio de suelos-Laboratorio U.C.S.M.

Por otra parte, se determinó el perfil estratigráfico de las calicatas realizadas utilizando los signos convencionales del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – Clasificación SUCS, para idealizar los perfiles en cada calicata (Anexo 4: Símbolos gráficos para suelos – SUCS). De acuerdo con esta simbología y a la Norma Técnica Peruana 339.150 llamada “Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual”, se efectuó dicho perfil estratigráfico. (Anexo 5 y 6: Perfil estratigráfico de calicatas 1 y 2)

7.3. Estudio de la cantera

Se estableció la calidad de los agregados, para determinar si estos son o no aptos para el tipo de obra a emplear y así disponer de los volúmenes necesarios de materiales que satisfagan la demanda para la ejecución del diseño integral. Este estudio fue solo para el proyecto en mención, de ninguna manera se podrá aplicar para otros sectores u otros proyectos.

7.3.1. Identificación de las canteras

Cantera N°1

- ✓ Nombre : Cantera Challahuayo,
- ✓ Anexo : Challahuayo
- ✓ Distrito : La Capilla
- ✓ Provincia : General Sánchez Cerro
- ✓ Departamento : Moquegua
- ✓ Coordenadas : 267691.92 E; 8147763.153 N

La cantera Challahuayo se encuentra ubicada al noreste del km 19+640 a unos 180 metros aproximadamente del eje de la vía. (Plano: Ubicación de cantera N°1)

Fotografía 10: Ubicación Cantera de Challahuayo



Fuente: Imagen extraída de la ortofoto realizada por el Dron.

Cantera N°2

- ✓ Nombre : Cantera Vinomore
- ✓ Anexo : Vinomore
- ✓ Distrito : La Capilla
- ✓ Provincia : General Sánchez Cerro
- ✓ Departamento : Moquegua
- ✓ Coordenadas : 267696.397E; 8144147.418N

La cantera Vinomore se encuentra ubicada en el km 23+720 a unos 7 m del eje de la vía. (Plano: Ubicación de cantera N°2)

Fotografía 11: Ubicación Cantera de Vinomore



Fuente: Imagen extraída de la ortofoto realizada por el Dron.

7.3.2. Evaluación de las características de la cantera

Un buen material para la capa superficial del afirmado deberá estar compuesto principalmente de grava triturada y arena gruesa con partículas más finas para llenar los vacíos y una porción pequeña de arcilla para actuar como ligante.

Se realizó los ensayos de granulometría, Proctor modificado y CBR en el laboratorio de la Universidad Católica Santa María, el cual está provisto de un grupo de equipos que permite la determinación de una serie de propiedades físicas, granulométricas y otras relacionadas al análisis del suelo. Según el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que para el material de afirmado se debe ejecutar los siguientes ensayos:

a) Ensayos estándar

- Análisis Granulométrico por Tamizado, MTC E204.
- Límite Líquido Malla N° 40, MTC E110.
- Límite Plástico Malla N° 40, MTC E111.
- Clasificación SUCS ASTM D-2487.
- Clasificación de Suelos AASHTO M-145, ASTM D-3282.
- Gravedad Específica y Absorción de Agregado Finos, MTC E205.
- Contenido Sales Solubles Totales, MTC E219.
- Partículas Chatas y Alargadas, MTC E223.
- Porcentaje de Caras de Fractura, MTC E210.

b) Ensayos especiales

- California Bearing Ratio (CBR), MTC E132.
- Ensayo de Abrasión Los Ángeles, MTC E207.
- Equivalente de Arena, MTC E114.
- Proctor Modificado, MTC E115.

Los ensayos mencionados tanto para la subrasante como para el material de afirmado se muestran en el Anexo 7 y 8. Estos ensayos son indicados en el Manual de Ensayo de Materiales para su realización, pero en el Manual de Carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, no se indican sus respectivas especificaciones o rangos de aceptación para algunos ensayos, sin embargo, se analizaron en el laboratorio, presentando los resultados en el anexo

antes mencionado. Se muestran a continuación un resumen de los ensayos realizados para el estudio de las canteras.

Cuadro 49: Resultado del EMS de la Cantera

Descripción del ensayo	Unidad	Canteras		Normativa
		Challahuayo	Vinomore	
Granulometría (% que pasa)				
1 1/2"	%	100	100	
1"	%	91.09	91.96	
3/4"	%	82.67	82.42	
1/2"	%	72.70	68.65	
3/8"	%	67.32	61.23	
Nº4	%	55.85	47.93	
Nº10	%	43.92	37.76	
Nº40	%	27.07	23.25	
Nº100	%	13.66	6.98	
Nº200	%	4.35	4.49	
Límite Líquido	%	26.23	19.61	35% máximo
Límite Plástico	%	20.85	14.97	
Índice de Plasticidad	%	5.38	4.64	4-9%
Clasificación SUCS		SP	GP	
Clasificación AASHTO		A-1-a	A-1-a	
Proctor Modificado				
Max. Densidad Seca al 100%	g/cm3	2.19	2.21	
Óptimo Contenido de Humedad	%	7.2	6.9	
CBR				
CBR al 100%	%	113	176	40% mínimo
CBR al 95%	%	50	78	

Fuente: Datos obtenidos del estudio de suelos-Laboratorio U.C.S.M.

Según el Manual de Carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, EG-2013 del MTC, el CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40% referido al 100% de la máxima densidad seca y a una penetración de carga de 0.1", por ende, ya que el material para el afirmado cumple con las especificaciones

técnicas se puede indicar que es óptimo para utilizarlo como superficie de rodadura.

Seguidamente se presenta las características físicas de cada una de las canteras.

Cuadro 50: Características físicas Cantera Challahuayo

CANTERA CHALLAHUAYO	
Ubicación	Al sureste del anexo de Challahuayo
Acceso	A 180 metros del eje de la vía en el km 19+640
Potencia bruta	35000 m ³ (50x35x20)
Tipo de material	Grava, arena
Método de explotación	Tajo abierto
Forma	Granular
Color	Claro
Textura	Ligeramente rugosa

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 51: Características físicas Cantera Vinomore

CANTERA VINOMORE	
Ubicación	Al término del anexo de Vinomore, en el km 23+720
Acceso	Junto a la carretera, acceso directo
Potencia bruta	14000 m ³ (35x20x20)
Tipo de material	Grava, arena
Método de explotación	Tajo abierto
Forma	Granular
Color	Claro
Textura	Ligeramente rugosa

Fuente: Elaboración propia.

Las potencias de las canteras se determinaron de acuerdo con los diferentes factores, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 52: Potencias de las Canteras

	C. Challahuayo	C. Vinomore
Área de la cantera (m2)	1750	700
Área de la cantera (ha)	0.175	0.070
Altura promedio aprovechable aproximada (m)	20	20
Top soil o suelo superficial que debe eliminarse (m)	0.25	0.25
Over de la cantera (material mayor de 3", después del desbroce)-Porcentaje	10%	10%
Potencia bruta en banco (m2)	35000	14000
Desbroce (m2)	437.5	175
Potencia neta en banco bruta-desbroce (m2)	34562.5	13825
Over de la Potencia Neta (m2)	3456.25	1382.5
Potencia neta aprovechable (m2)	31106.25	12442.5

Fuente: Elaboración Propia.

El área de las canteras se obtuvo de la ortofoto dada por el dron, donde se descontó el top soil y el over de dichas canteras, este top soil no servirá para relleno del terraplén debido a que puede poseer cobertura vegetal, por lo que estará destinado hacia el botadero o para la remediación de canteras.

7.4. Estudio de la fuente de agua

7.4.1. Ubicación

En el proyecto se identificó la fuente de agua que podría ser utilizada para las labores de mejoramiento de la carretera, así mismo se tuvo en cuenta las siguientes características:

Tipo de fuente:

Canal de regadío proveniente del río y puquio originario del anexo de Coalaque.

Ubicación

- ✓ Sector : Torca, quebrada “El Mogote”, km 18+160.
- ✓ Anexo : Talahuayo.
- ✓ Distrito : La Capilla.
- ✓ Provincia : General Sánchez Cerro.
- ✓ Departamento : Moquegua.
- ✓ Coordenadas : 267478.670E, 8149129.092N.

Según el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos del MTC, para muestrear el agua de la superficie proveniente de un flujo de agua en circulación, como por ejemplo un río, un arroyo o un canal se debe ubicar un punto estratégico donde el agua este en movimiento, puesto que no es recomendable muestrear de un lugar con agua estancada.

7.5. Botadero

7.5.1. Ubicación

El botadero está ubicado en el km 22+830 con coordenadas 267981.459E y 8144854.798N, en la zona llamada “La Yanque” a 45 metros del eje de la vía al margen izquierdo, el cual cuenta con el suficiente espacio para almacenar todo el volumen del tierra o cobertura vegetal que no se utilizará, por otro lado, en el margen derecho de la vía también hay bastante área para usarlo como acopio de este material.

Antes de realizar las labores de traslado, los lugares designados como botaderos, tienen que ser cedido por el propietario de los predios o por la autoridad competente, de tal manera que no se genere conflictos, por el material depositado. Así mismo, los espacios seleccionados estarán en zonas planas y secas, es decir donde no existan filtraciones o curso de agua, de manera que cuando llueva no ocasione arrastre de material de desmonte hacia las zonas agrícolas.



VIII. ESTABILIDAD DE TALUDES

8.1. Generalidades

Los taludes son superficies inclinadas con respecto a la horizontal que adoptan permanentemente las masas de tierra, normalmente se habilitan para ambos lados de la vía, esto depende de la morfología del terreno y de las características que exige el diseño geométrico., esta inclinación debe garantizar la estabilidad de la obra. Cuando el talud se produce en forma natural, sin que intervenga el hombre se le denomina ladera, caso contrario es cuando el talud se forma por acción del hombre, esta toma el nombre corte o talud artificial, según sea el origen de su formación; en el corte se ejecuta una excavación en un terreno natural, mientras tanto los taludes artificiales son los inclinados en los terraplenes.

Las incertidumbres relacionadas con la estabilidad de laderas difieren de los que se presentan en taludes contruidos por el hombre, las diferencias más importantes radican en la naturaleza de los materiales involucrados y en las circunstancias de cómo se formó el talud es decir su historia geológica.

8.2. Definición de estabilidad

Es la seguridad que debe poseer una masa de tierra contra algún movimiento, por lo que es necesario definir criterios de estabilidad, como por ejemplo aclarar cuál será la inclinación adecuada ya sea en un corte o en un terraplén. Para distintas inclinaciones del talud compete diferentes masas de material terreo por mover.

Cualquier talud tenga cualquier pendiente debe funcionar satisfactoriamente desde todos los puntos de vista, excepto, el económico, debido a que donde se realice mayor movimiento de tierras, existirá un costo elevado.

8.3. Fallas más comunes en los taludes de las vías terrestres

En primer lugar, se distinguen las que afectan principalmente a las laderas naturales de las que ocurren en los taludes artificiales:

a) Factores Geomorfológicos

- Topografía de los alrededores del talud
- Distribución de las discontinuidades y estratificaciones

b) Factores Internos

- Propiedades mecánicas de los suelos
- Estados de esfuerzos cortantes
- Factores climáticos

Se indican a continuación las fallas más comunes presentes en los taludes:

8.3.1. Deslizamiento

Se define como deslizamiento a la rotura y al desplazamiento del suelo situado debajo del talud, el cual origina n movimiento hacia abajo y hacia afuera de toda la masa que participa del mismo.

Generalmente se produce como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. No obstante, existen otros casos donde la falla se produce por desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a filtraciones de agua, etc.

La falla por deslizamiento se divide en tres:

- Deslizamientos superficiales (creep)
- Movimiento del cuerpo del talud

- Flujos

8.3.1.1. Deslizamientos superficiales (creep)

Esta falla es de un proceso continuo, pero lento, en el cual el deslizamiento ladero abajo se presenta en la zona superficial de las laderas naturales. El creep suele involucrar grandes áreas y el movimiento se crea sin una transición brusca entre la parte de la superficie móvil y las masas inmóviles más profundas.

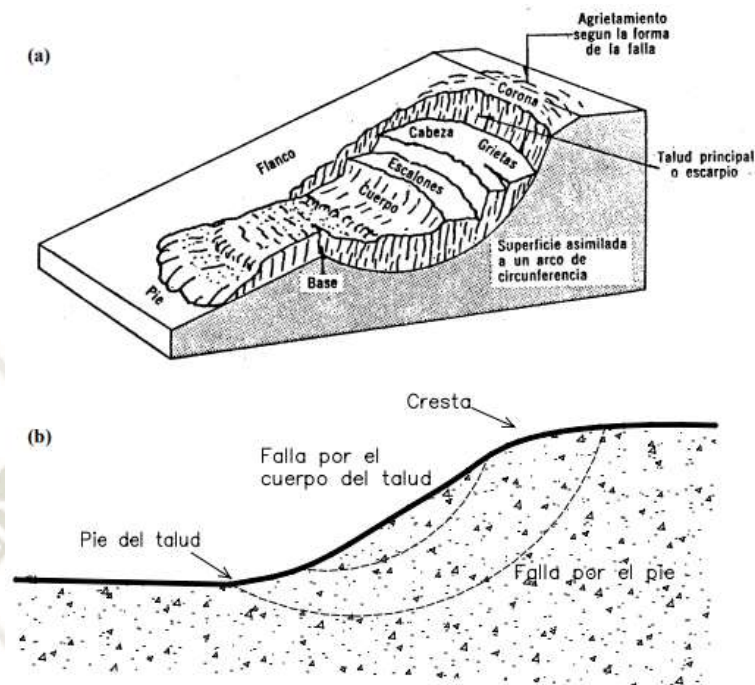
8.3.1.2. Movimiento del cuerpo de talud

Ocasiona movimientos bruscos que afectan a masas considerables, en la superficie de falla actúan esfuerzos cortantes que sobrepasan la resistencia al corte del material, a consecuencia de ello se produce la ruptura. A este movimiento se le conoce como deslizamiento de tierras y se dividen en dos tipos:

a) Falla rotacional

El movimiento del talud ocurre a lo largo de una superficie de falla curva, aunque pueden existir formas algo diferentes, esto depende de la formación geológica y la naturaleza de los materiales. Este tipo de fallas acontece por lo general en materiales arcillosos. Frecuentemente afectan a zonas profundas de talud, siendo esta profundidad superior cuanto mayor sea la pendiente.

Figura 9: Nomenclatura de zona de falla y tipos de falla



Fuente: Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura.

b) Falla Traslacional

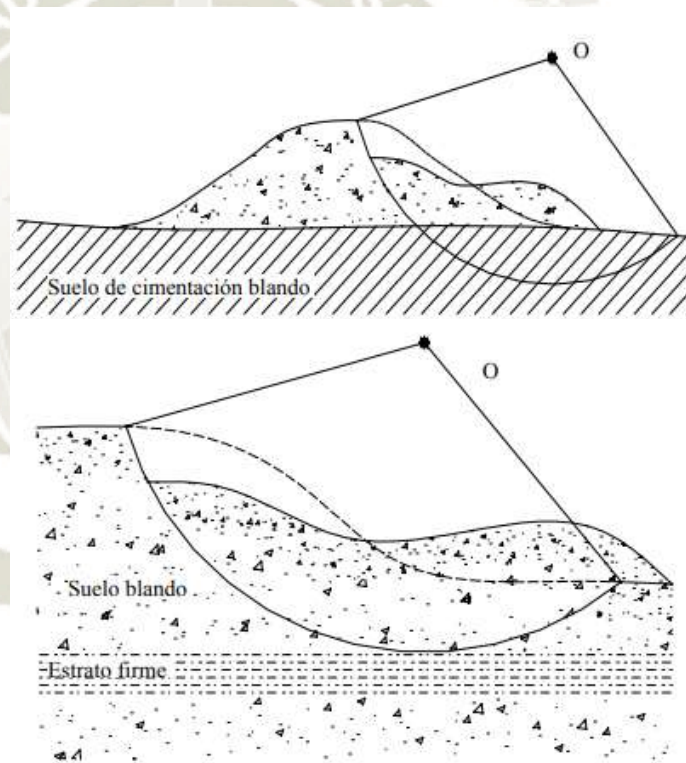
Estas fallas por lo general residen en movimientos traslacionales importantes del cuerpo del talud sobre superficies de falla básicamente planas añadido a la presencia de estratos poco resistentes que se encuentran a poca profundidad del talud.

Los estratos débiles que ayudan a estas fallas son por lo usual arcillas blandas, arenas finas o limos sueltos. Las fallas también pueden estar involucradas a las temporadas de lluvia de la zona en estudio.

Las fallas del material en bloque están asociadas a discontinuidades que forman un corte o una ladera, siempre añadiendo la presencia de un estrato débil subyacente.

Las fallas de una franja superficial son comunes de laderas naturales formadas por materiales arcillosos, esta falla se suele provocar por el efecto de sobrecarga dada por un terraplén construido sobre la ladera.

Figura 10: Falla de base y falla limitada por estrato firme



Fuente: Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Las fallas presentes en los taludes a lo largo de la zona en estudio se analizaron como falla traslacional debido a que está compuesto por arena mayormente, sin embargo, el círculo de falla estará limitado por un estrato firme, tal como se observa en la figura anterior.

8.3.1.3. Flujos

Este tipo de falla a comparación del deslizamiento superficial (creep), tiene movimientos más rápidos por parte de la ladera natural, por esta razón el movimiento y la distribución de velocidades se asemeja a la conducta de un líquido viscoso.

El material que fluye por la ladera pueden ser fragmentos de roca, suelos finos o arcillas francas, como también son frecuentes los flujos de lodo. Existen varios tipos de flujos como se nombrarán a continuación:

- Flujos en materiales relativamente secos
- Flujos de tierra no tan húmedos
- Flujos de tierra de suelos granulares finos
- Flujos de lodo
- Flujos de lodo rápidos

8.4. Cálculo de estabilidad de taludes

Según el Instituto Geológico y Minero de España, los métodos de análisis de estabilidad se basan en un planteamiento fisicomatemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras, que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad.

Se pueden agrupar en dos: métodos determinísticos, dentro de los cuales están los métodos de equilibrio límite y los tenso-deformacionales; y los métodos probabilísticos.

Los más empleados son los métodos de equilibrio límite, los cuales estudian el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consisten en comparar las fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una superficie de rotura. Para los métodos de equilibrio límite existe una subdivisión en función de la exactitud de los resultados, donde es posible encontrar el grupo de los métodos exactos y el de los no exactos.

En el primer caso, las leyes de la estática otorgan una solución exacta dada la geometría que tiene la masa de suelo que falla, por lo que allí se encuadran los cálculos realizados para roturas del tipo plano y las desarrolladas por cuñas.

Por otro lado, en el segundo grupo, las soluciones de la estática no son suficientes y el problema se vuelve hiperestático, debiendo recurrir entonces a una hipótesis inicial o a alguna simplificación para resolverlo (IGME, 1987). Dentro de los métodos no exactos se localizan aquellos que consideran completa la masa de suelo que se desliza, como un todo, y son conocidos como métodos de estabilidad global de la masa de terreno; y, aquellos que dividen la masa deslizante en fracciones más pequeñas para simplificar el análisis, los cuales se denominan métodos de las dovelas.

El cálculo del factor de seguridad de los taludes críticos a lo largo de la vía en estudio se analizó por el método ordinario o de Fellenius y por el método de Bishop. Para la metodología de Fellenius se tuvo en consideración que la superficie de falla es circular y que se divide el área de falla en tajadas verticales, las cuales son llamadas dovelas, obteniendo tanto fuerzas actuantes como resultantes para cada tajada y mediante la sumatoria de esta se obtiene el Factor de Seguridad (Suarez Díaz, 2011). Las fuerzas que actúan sobre las dovelas son:

- El peso o fuerza de gravedad, la cual se descompone en una normal y una tangente a la superficie de falla.
- Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción actúan en forma tangente a la superficie de falla.
- Las fuerzas de presión de tierras y cortante entre las dovelas, no son consideradas por Fellenius.

Puesto que Fellenius no considera estas fuerzas, se realizó el método de Bishop para complementar, puesto que este si toma en cuenta la interacción de fuerzas entre dovelas y no presenta esfuerzos de corte entre las mismas.

El factor de seguridad se determinó con las siguientes fórmulas:

Fórmula 9: Método de Fellenius

$$FS = \frac{Mr}{M} = \frac{\sum (c' \cdot \Delta l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot \Delta l \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \tan \Phi')}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

Fórmula 10: Método de Bishop

$$FS = \frac{\sum \left(\frac{c' \Delta l \cdot \cos \alpha + (W - u \cdot \Delta l \cdot \cos \alpha) \tan \Phi'}{m \alpha} \right)}{\sum W \sin \alpha}$$

$$m \alpha = \cos \alpha + \frac{(\sin \alpha \cdot \tan \Phi')}{FS}$$

Donde:

α = Ángulo de radio de círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada dovela (°).

W = Peso de cada dovela (ton).

u = Presión de poros (ton).

Δl = ancho de cada dovela (m).

c, Φ = parámetros de resistencia de suelo.

Cabe resaltar que no se consideró la presión de poros debido a que no existe nivel freático en el talud, además que los materiales que conforman a este son arenas y gravas que son materiales drenantes que poseen de mediana a alta permeabilidad. El factor de seguridad adecuado para que el talud sea estable es aquel que sea mayor a 1.5 (Peter L. Berry y David Reid), este valor coincide con lo que indica el título H de la Norma Sismo Resistente de Colombia, la cual menciona que el factor de seguridad debe justificarse teniendo en cuenta lo siguiente.

- La magnitud de la obra.
- Las consecuencias de una posible falla.
- La calidad de información disponible en materia de suelos.

Tomando en cuenta lo anterior y para una condición de servicio en un talud con condición estática los valores del FS en diseño será de 1.50 y en construcción de 1.25. De acuerdo con las formaciones geológicas presentes a lo largo de la vía en estudio, se calculó el factor de seguridad, es decir por cada formación geológica se analizó el talud crítico, el cual para los taludes de corte fue el que tuvo mayor altura crítica, y en el caso de terraplén se admitió como crítico el de mayor pendiente natural, así como también se tomó en cuenta dos cargas puntuales del vehículo más pesado que transitó por la vía. Por lo que se analizó los taludes de dos maneras, la primera fue escogiendo un talud crítico por cada formación y la segunda analizándolo para corte y terraplén.

Se localizaron los taludes más críticos de acuerdo con la formación geológica por la que atraviesa la vía vecinal a mejorar. Las propiedades geotécnicas se obtuvieron de acuerdo con tablas de referencia de la Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba.

8.4.1. Propiedades Geotécnicas Formación Puente

El talud más crítico en corte en esta formación geológica está emplazado en el km 18+190. Se muestra a continuación las propiedades geotécnicas utilizadas:

Cuadro 53: Propiedades Geotécnicas de la Formación Puente

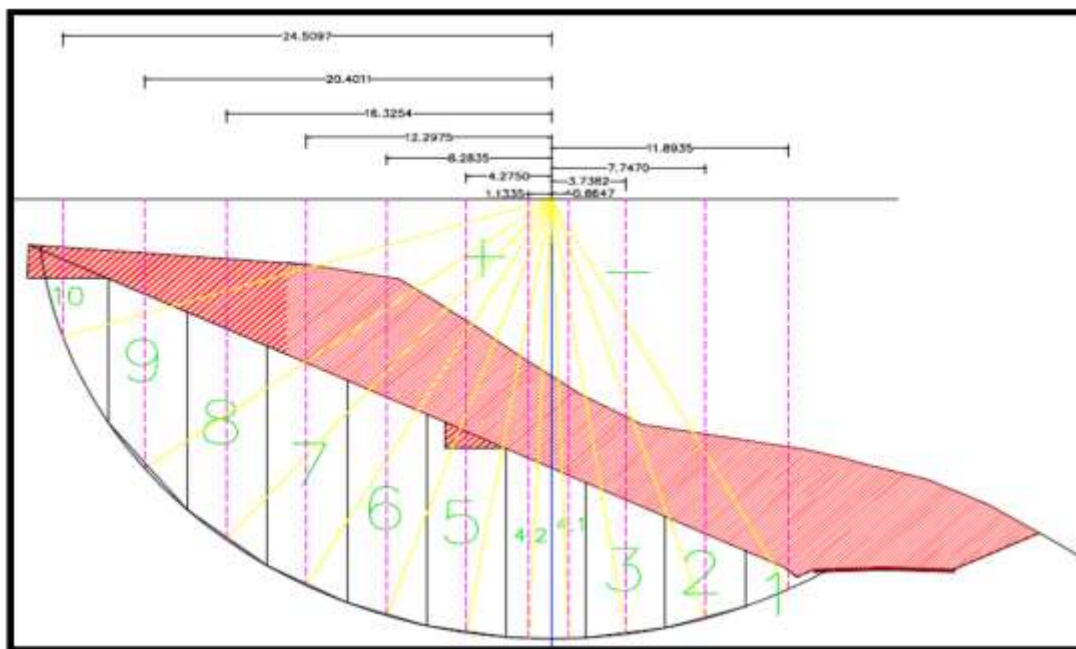
Propiedades geotécnicas		Datos de localización del talud	
Densidad del suelo(ton/m ³)	1.43	Ubicación	La Capilla- General Sánchez Cerro-Moquegua
Ángulo de fricción interna (°)	30-35	Anexo	Talahuayo
Cohesión (ton/m ²)	0	Progresiva	Km 18+190

Fuente: Elaboración propia.

8.4.1.1. Análisis de estabilidad para el talud de corte

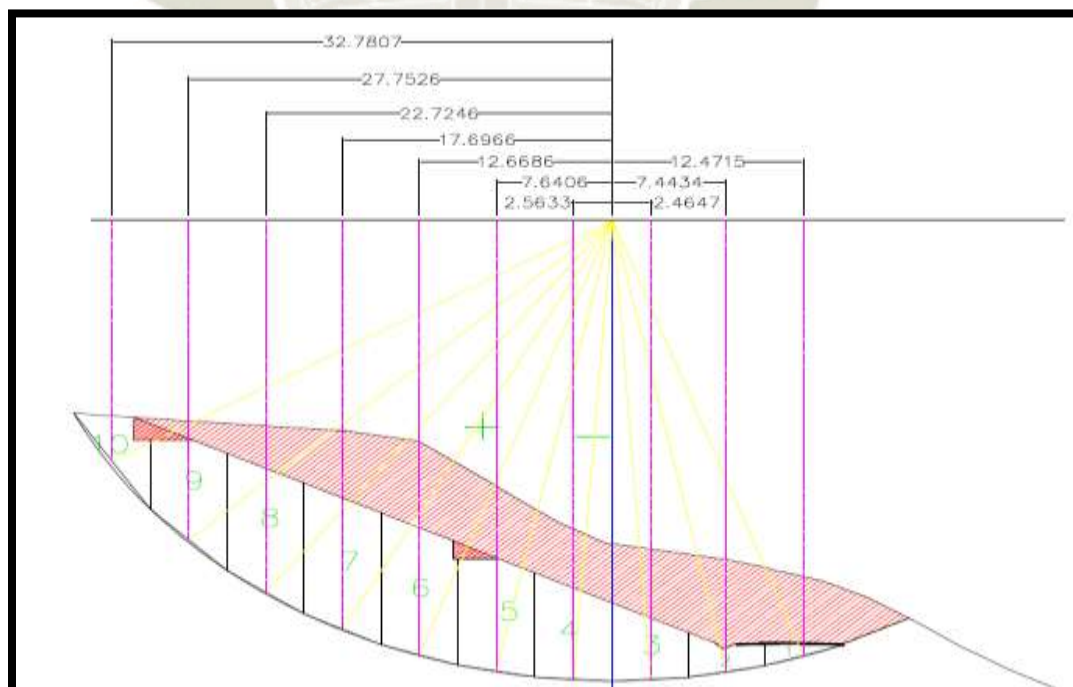
Se realizaron 5 análisis de estabilidad para el talud de corte en cada una de las formaciones geomorfológicas, desde fallas al pie de talud hasta fallas puntuales, se efectuó dichos análisis para determinar el círculo de falla más crítico, esto se determinó ubicando los centros de los círculos en distintas posiciones con sus respectivos radios, finalmente el círculo de falla más crítico fue aquel donde el FS fuese menor al parámetro. A continuación, se mostrarán los gráficos para cada círculo de falla que se determinó mediante AutoCAD y en el anexo 9 se indican sus respectivos cálculos.

Figura 11: Método de las Dovelas – Caso 1-Formación Puente-Talud de Corte



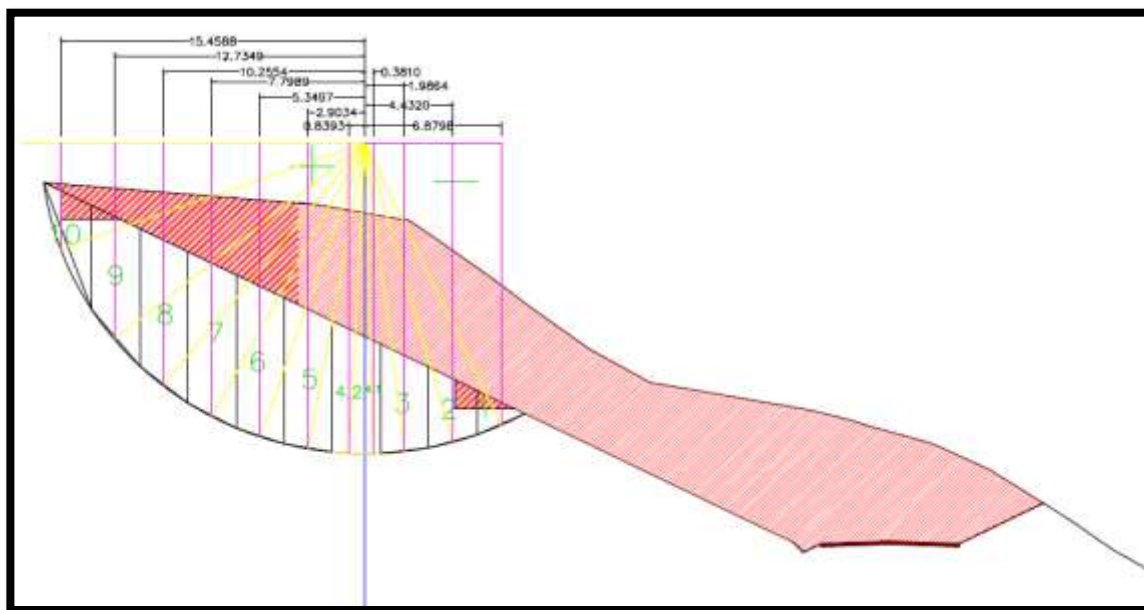
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12: Método de las Dovelas – Caso 2-Formación Puente-Talud de Corte



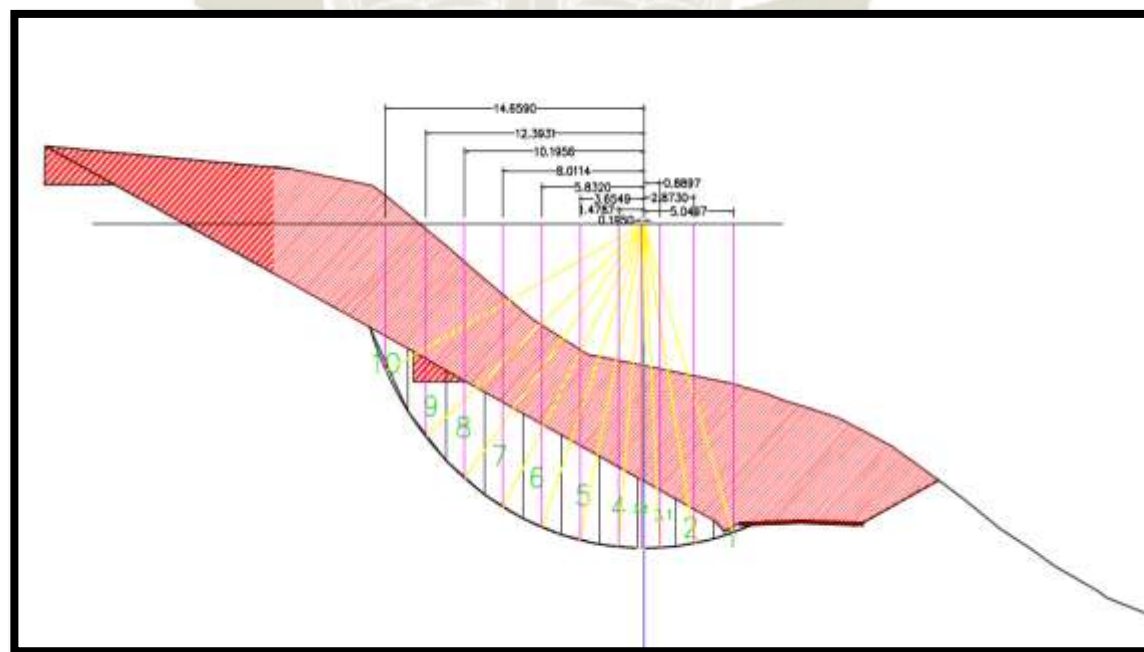
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 13: Método de las Dovelas – Caso 3-Formación Puente-Talud de Corte



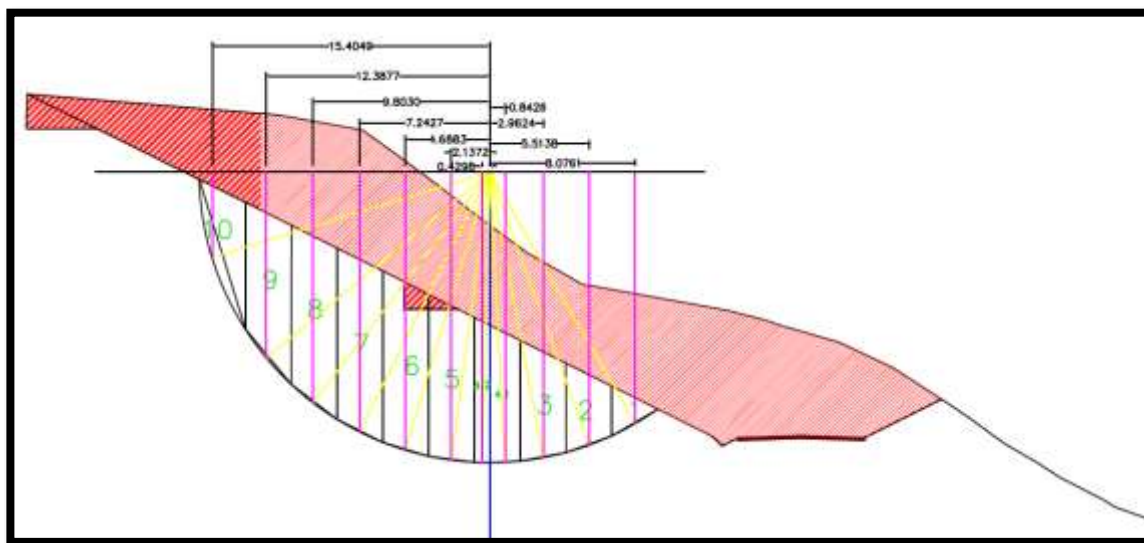
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14: Método de las Dovelas – Caso 4-Formación Puente-Talud de Corte



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15: Método de las Dovelas – Caso 5-Formación Puente-Talud de Corte



Fuente: Elaboración Propia.

Seguidamente se presenta un cuadro resumen de los 5 casos con sus respectivos Factores de seguridad:

Cuadro 54: Resumen de los factores de seguridad para talud de corte

Análisis de Falla	Factor de Seguridad	
	Método de Fellenius	Método de Bishop
1	1.835	2.267
2	1.919	2.207
3	1.807	2.186
4	1.707	1.959
5	1.897	2.449

Fuente: Elaboración Propia.

8.4.1.2. Análisis de estabilidad de talud para los terraplenes

Así como se determinó los factores de seguridad para los taludes de corte, se procedió a realizar lo mismo, pero para los terraplenes, el FS para terraplenes según el FHWA recomienda los siguientes factores de seguridad mínimos, los cuales son los siguientes:

- Al final de la construcción: 1.3
- A largo plazo: 1.5

Se comenzará con el terraplén crítico ubicado dentro de la Formación Puente, el cual está emplazado en el km 18+360, las propiedades geotécnicas y los datos de localización del talud serán colocados a continuación:

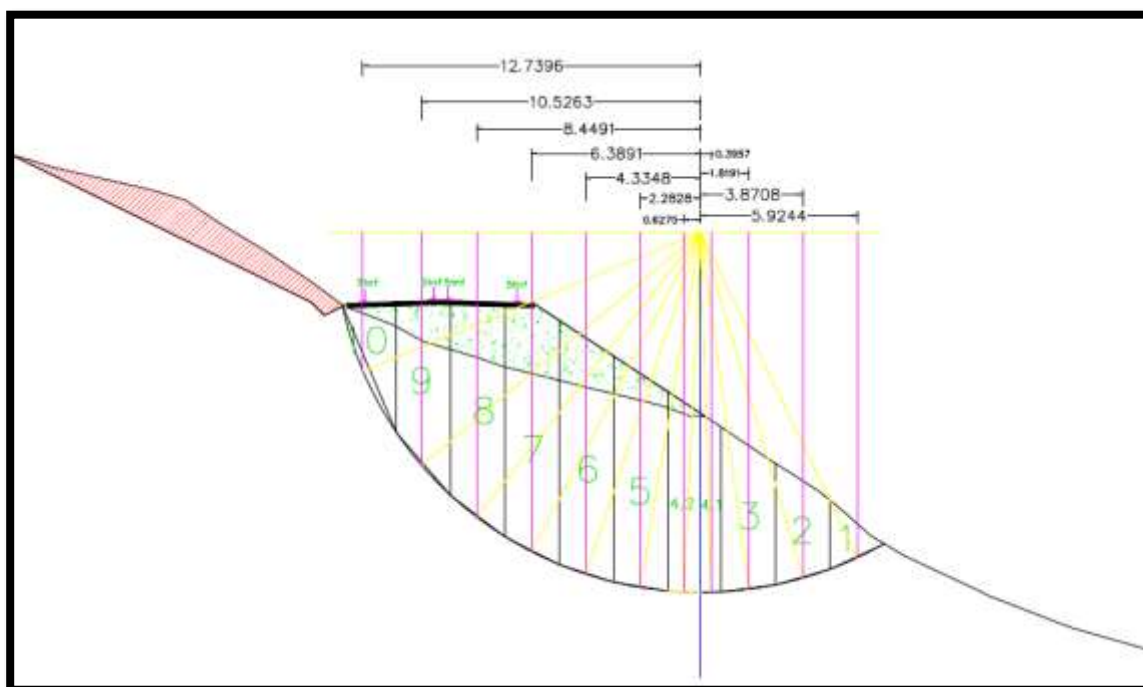
Cuadro 55: Propiedades geotécnicas de la Formación Puente en zona de terraplén

Propiedades geotécnicas		Datos de localización del talud	
Densidad del suelo(ton/m ³)	1.43	Ubicación	La Capilla- General Sánchez Cerro-Moquegua
Ángulo de fricción interna (°)	30-35	Anexo	Talahuayo
Cohesión (ton/m ²)	0	Progresiva	Km 18+360

Fuente: Elaboración Propia.

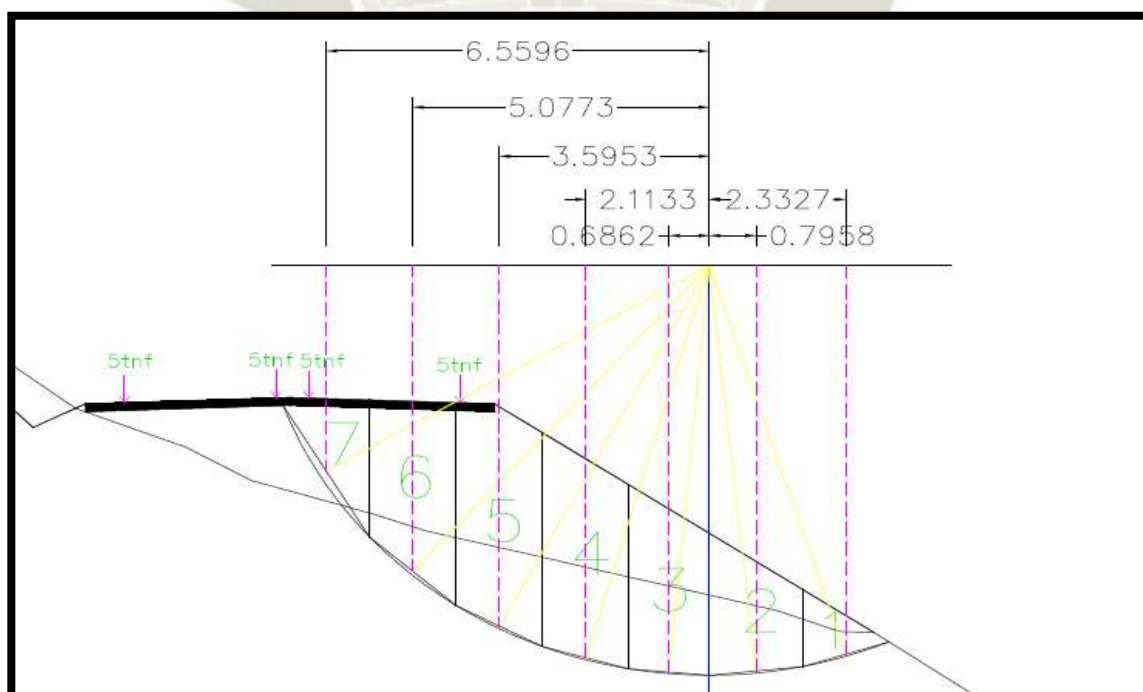
Se realizaron 3 análisis de estabilidad por cada formación geomorfológica para el talud de terraplén, añadiéndole cargas puntuales las cuales derivaron del vehículo más pesado que transitó por la vía. A continuación, se indica los cuadros de cálculo con su respectivo gráfico para cada círculo de falla.

Figura 16: Método de las Dovelas – Análisis 1-Formación Puente-Terraplén



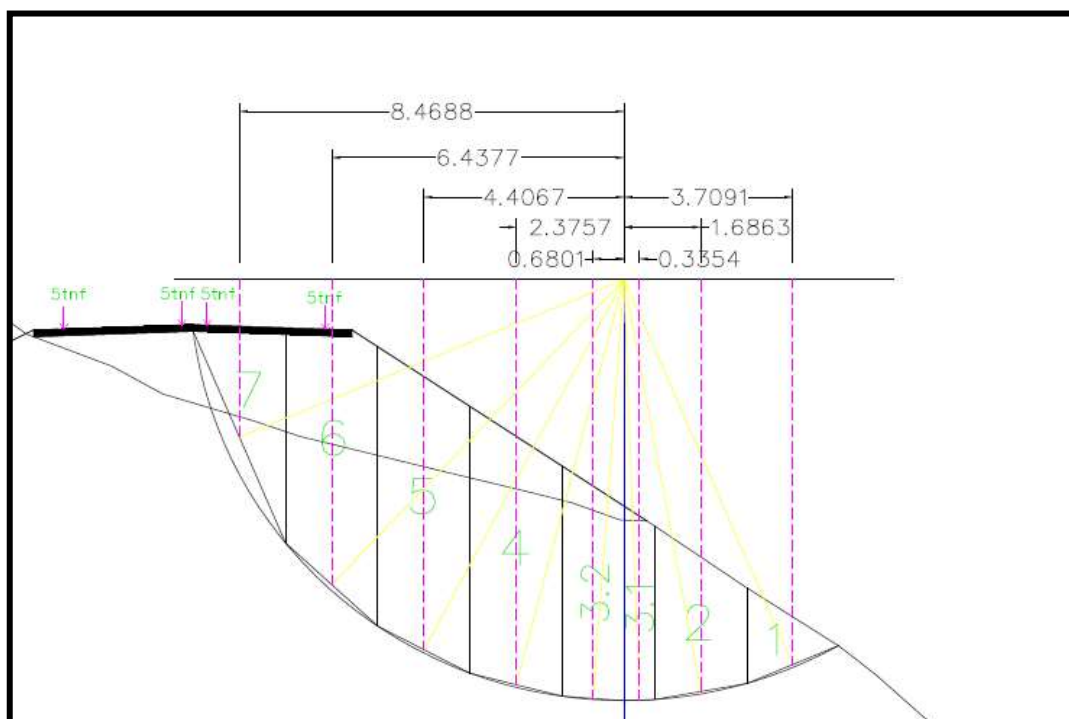
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17: Método de las Dovelas – Análisis 2-Formación Puente-Terraplén



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18: Método de las Dovelas– Análisis 3-Formación Puente-Terraplén



Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente se presenta un cuadro resumen de los 3 análisis con sus respectivos factores de seguridad:

Cuadro 56: Resumen de los factores de seguridad para terraplén

Análisis de Falla	Factor de Seguridad	
	Método de Fellenius	Método de Bishop
1	1.646	1.682
2	1.363	1.620
3	1.418	1.788

Fuente: Elaboración Propia

8.4.2. Propiedades Geotécnicas Depósitos Fluviales

Se analizó esta formación geológica ubicada en el km 20+120.

Cuadro 57: Propiedades Geotécnicas Depósitos Fluviales

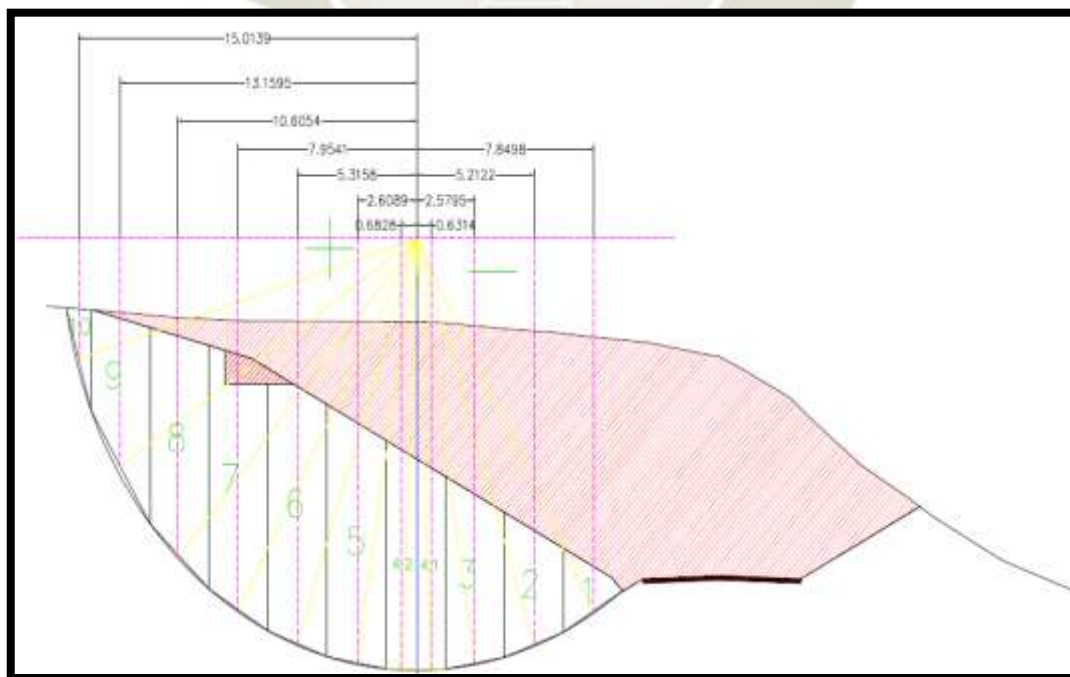
Propiedades geotécnicas		Datos de localización del talud	
Densidad del suelo(ton/m ³)	1.43	Ubicación	La Capilla- General Sánchez Cerro-Moquegua
Ángulo de fricción interna (°)	30-35	Anexo	Tala
Cohesión (ton/m ²)	0	Progresiva	Km 20+120

Fuente: Elaboración Propia

8.4.2.1. Análisis de estabilidad para el talud de corte

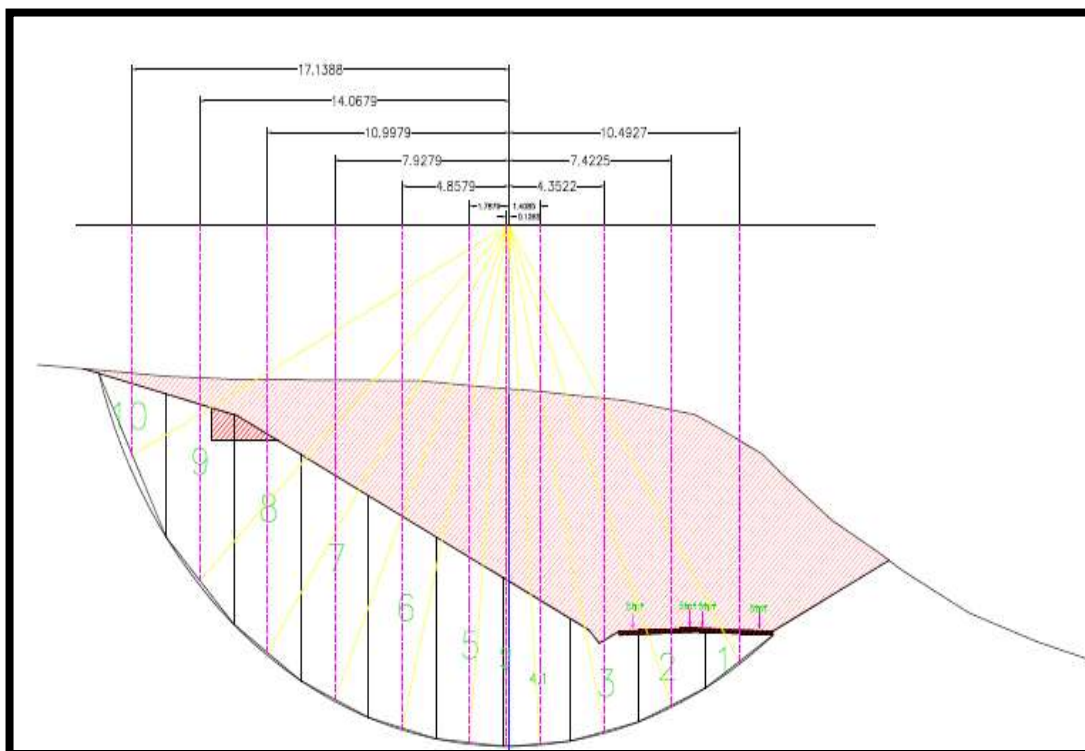
Se realizaron 5 análisis de falla, las cuales se presentan a continuación.

Figura 19: Método de las Dovelas – Caso 1- Depósito Fluvial -Talud de Corte



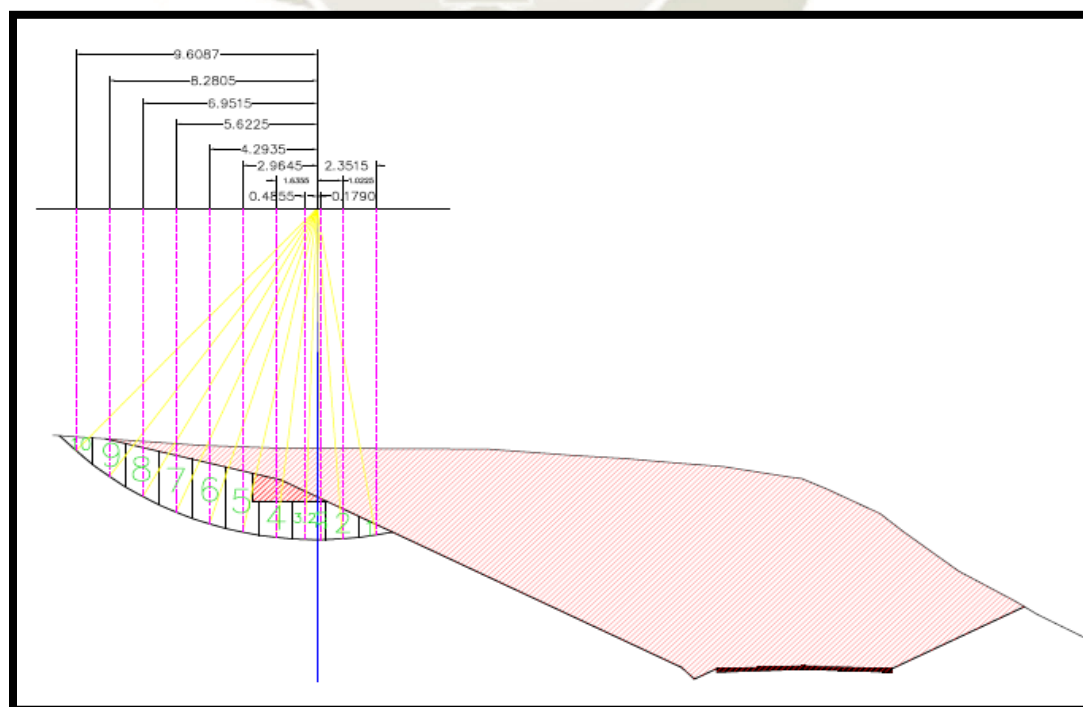
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20: Método de las Dovelas – Caso 2- Depósito Fluvial -Talud de Corte



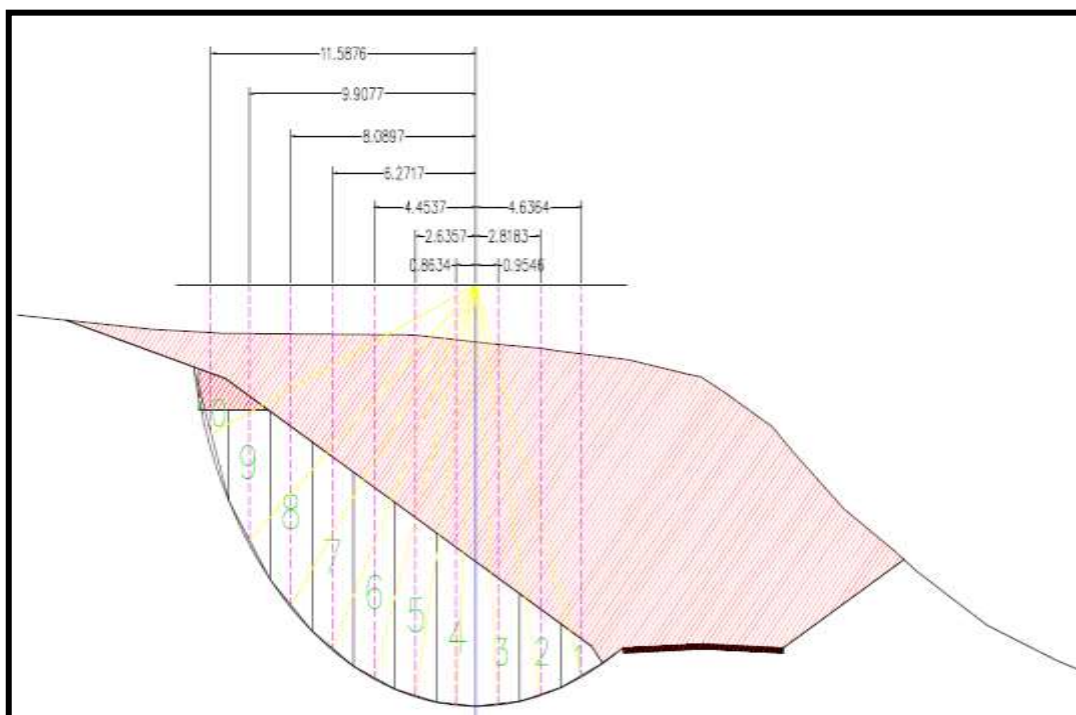
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21: Método de las Dovelas – Caso 3- Depósito Fluvial -Talud de Corte



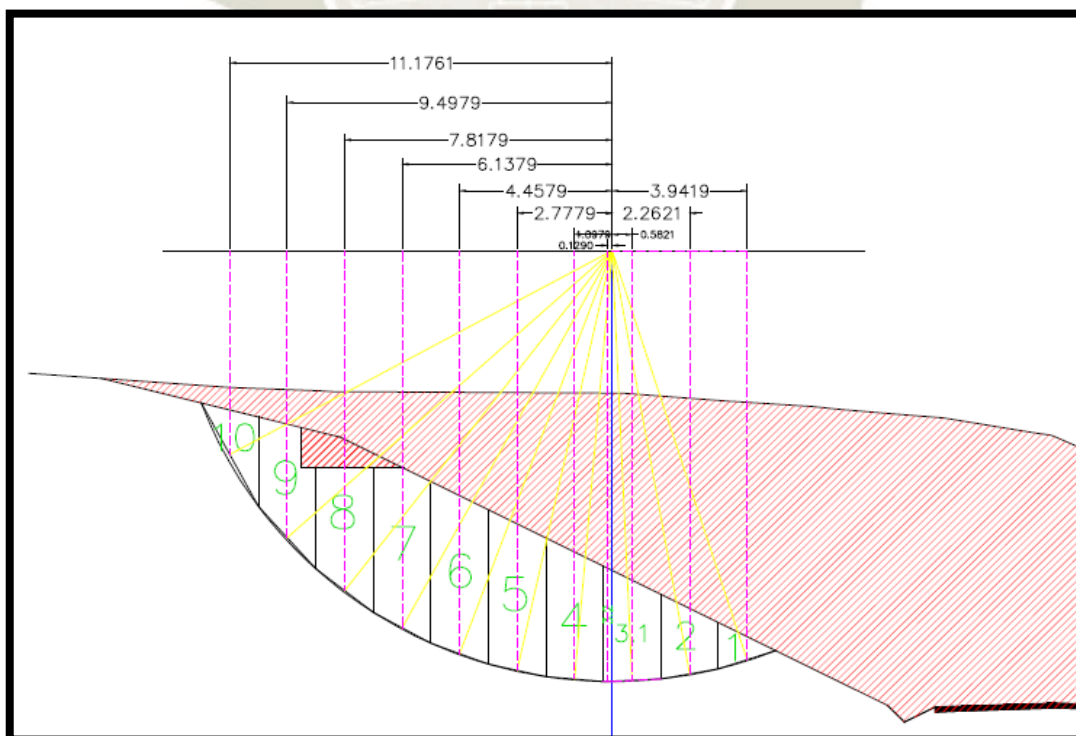
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22: Método de las Dovelas – Caso 4 - Depósito Fluvial -Talud de Corte



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 23: Método de las Dovelas – Caso 5-Depósito Fluvial -Talud de Corte



Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 58: Resumen de los factores de seguridad para talud de corte

Análisis de Falla	Factor de Seguridad	
	Método de Fellenius	Método de Bishop
1	2.237	2.744
2	3.045	3.819
3	2.323	2.466
4	1.911	2.251
5	1.895	2.168

Fuente: Elaboración Propia

8.4.2.2. Análisis de estabilidad de talud para los terraplenes

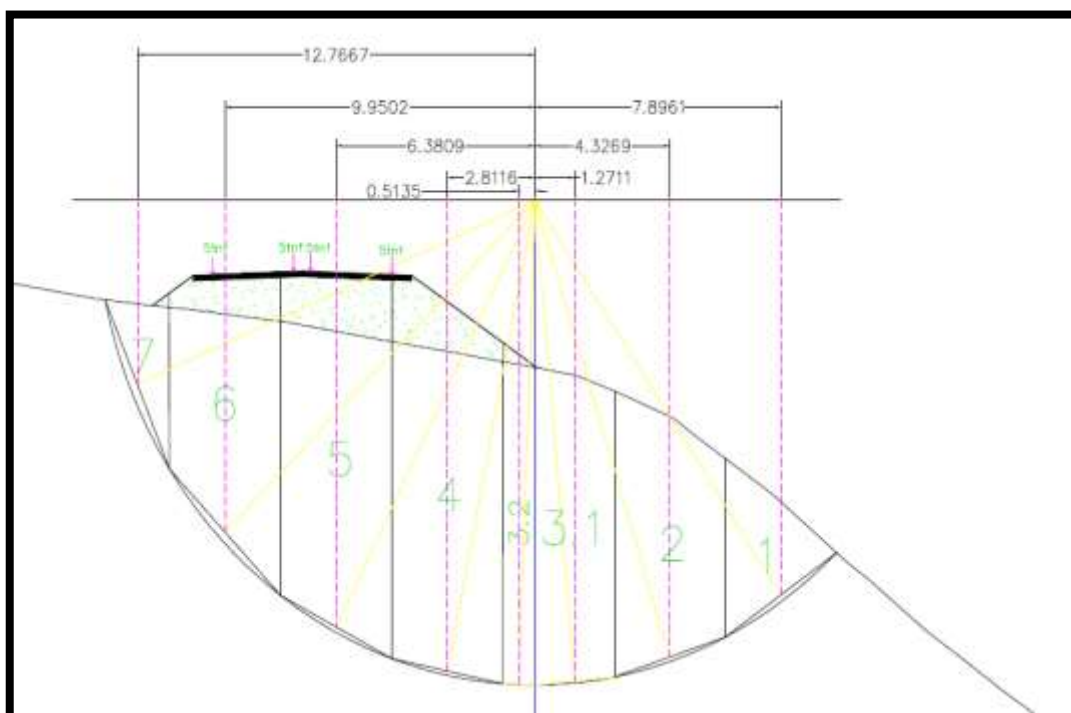
De la misma manera se analizó tres círculos de falla para la zona de relleno.

Cuadro 59: Propiedades geotécnicas de los Depósitos Fluviales en zona de terraplén

Propiedades geotécnicas		Datos de localización del talud	
Densidad del suelo(ton/m ³)	1.43	Ubicación	La Capilla- General Sánchez Cerro-Moquegua
Ángulo de fricción interna (°)	30-35	Anexo	Curuyo
Cohesión (ton/m ²)	0	Progresiva	Km 20+460

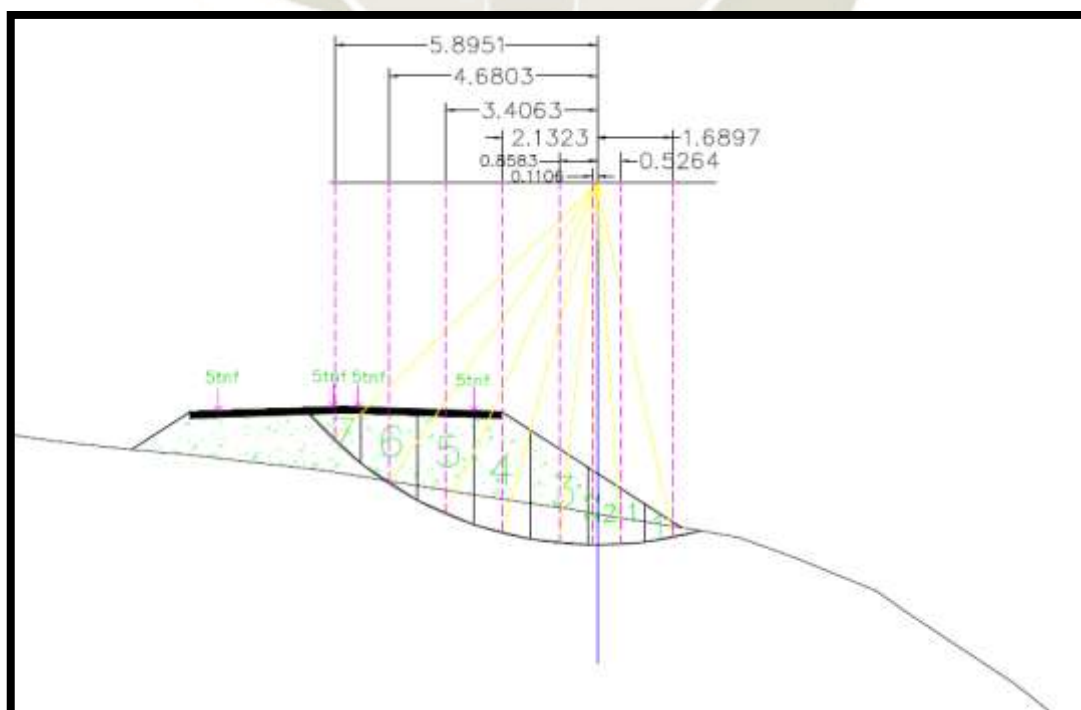
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 24: Método de las Dovelas – Caso 1-Depósito fluvial-Terraplén



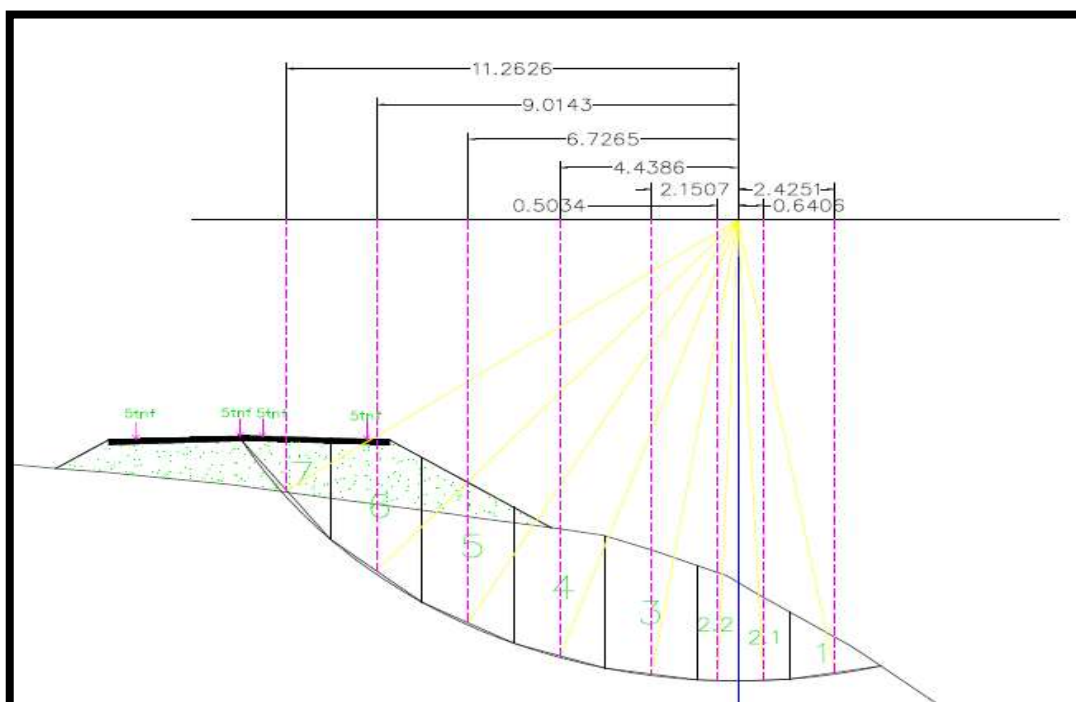
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25: Método de las Dovelas – Caso 2-Depósito fluvial-Terraplén



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26: Método de las Dovelas – Caso 3-Depósito fluvial-Terraplén



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los análisis con sus respectivos factores de seguridad:

Cuadro 60: Resumen de los factores de seguridad para terraplén

Análisis de Falla	Factor de Seguridad	
	Método de Fellenius	Método de Bishop
1	2.734	3.357
2	1.642	1.771
3	1.442	1.648

Fuente: Elaboración Propia.

8.4.3. Propiedades Geotécnicas Formación Labra

Formación del Grupo Yura, se compone de rocas sedimentarias y volcánicas, areniscas cuarzosas, cuarcitas, areniscas calcáreas y lutitas. Se analizará el talud más crítico en la Formación Labra a la altura de la progresiva 21+950.

Cuadro 61: Propiedades Geotécnicas Formación Labra

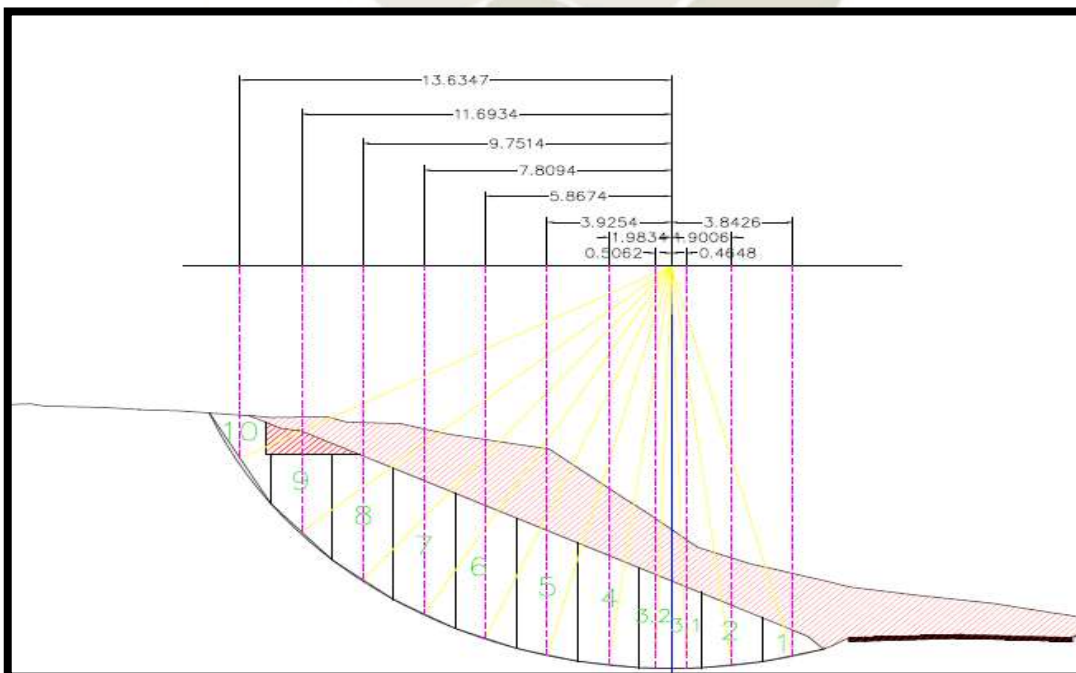
Propiedades geotécnicas		Datos de localización del talud	
Densidad del suelo(ton/m ³)	1.43	Ubicación	La Capilla- General Sánchez Cerro-Moquegua
Ángulo de fricción interna (°)	30-35		
Cohesión (ton/m ²)	0	Progresiva	Km 21+950

Fuente: Elaboración Propia.

8.4.3.1. Análisis de estabilidad para el talud de corte

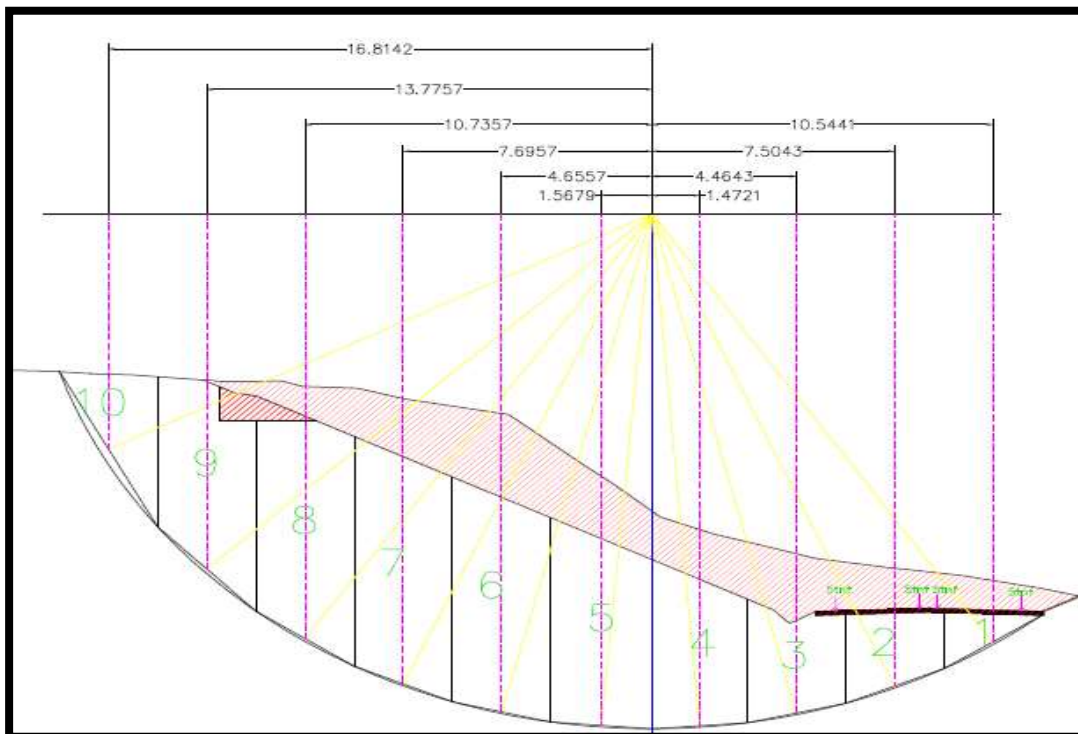
Se determinó 5 análisis de falla, las cuales se muestran a continuación.

Figura 27: Método de las Dovelas – Caso 1-Formación Labra-Talud de Corte



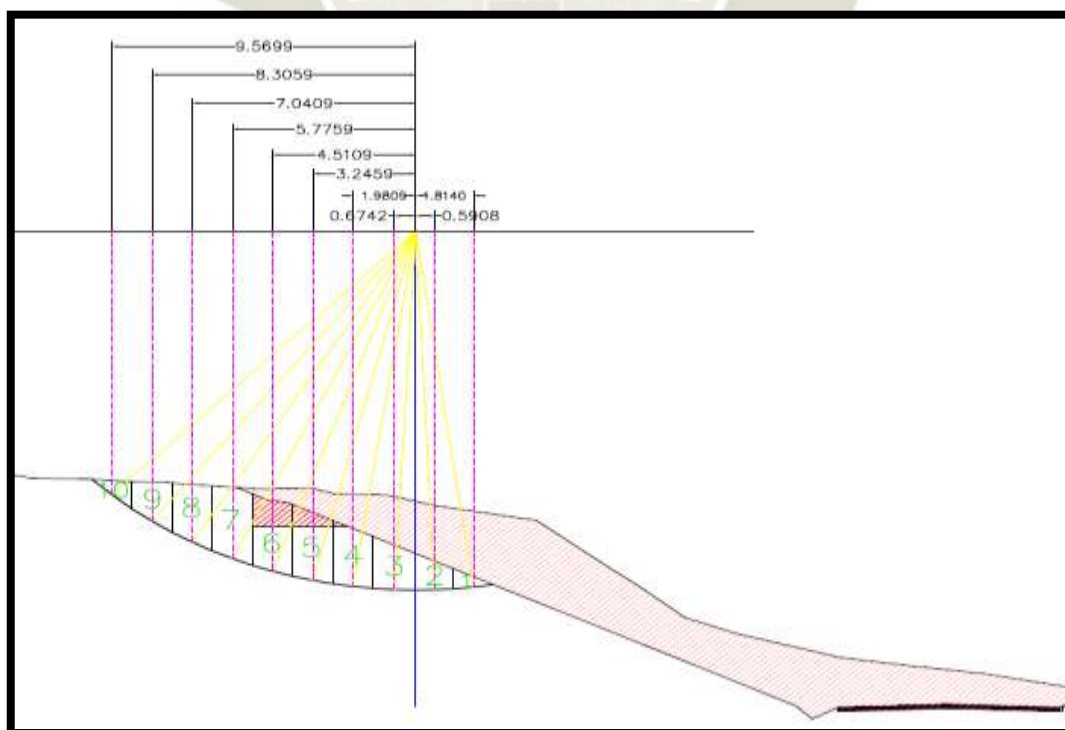
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 28: Método de las Dovelas – Caso 2-Formación Labra-Talud de Corte



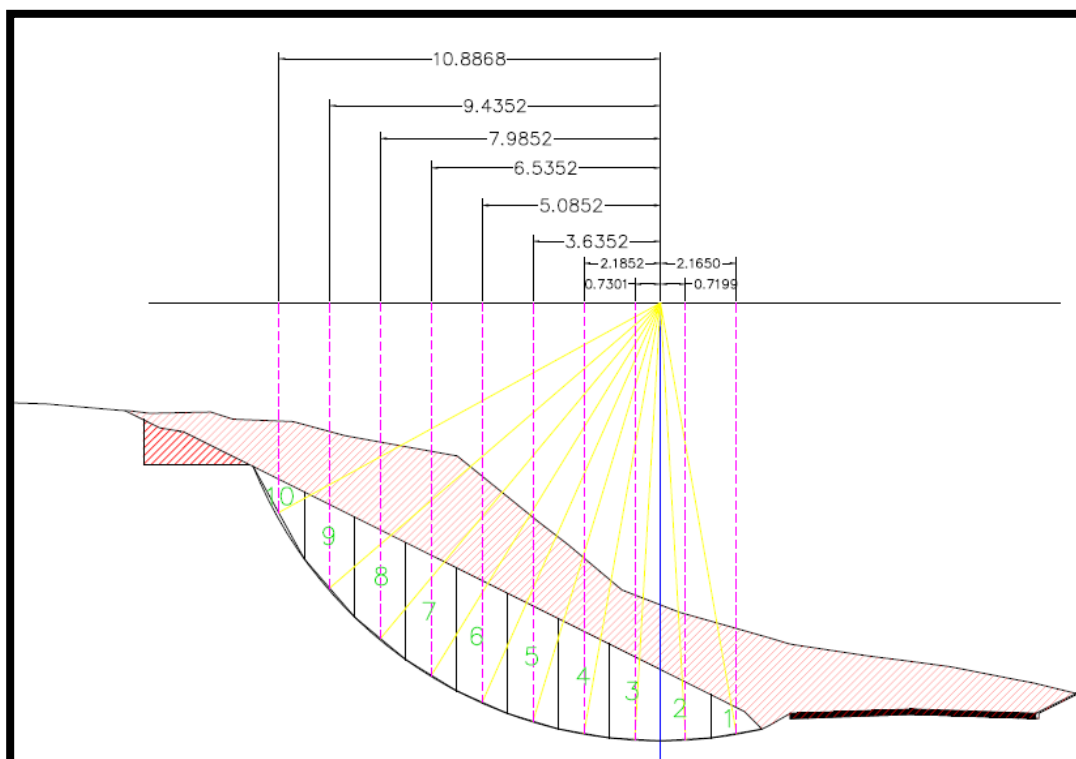
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29: Método de las Dovelas – Caso 3-Formación Labra-Talud de Corte



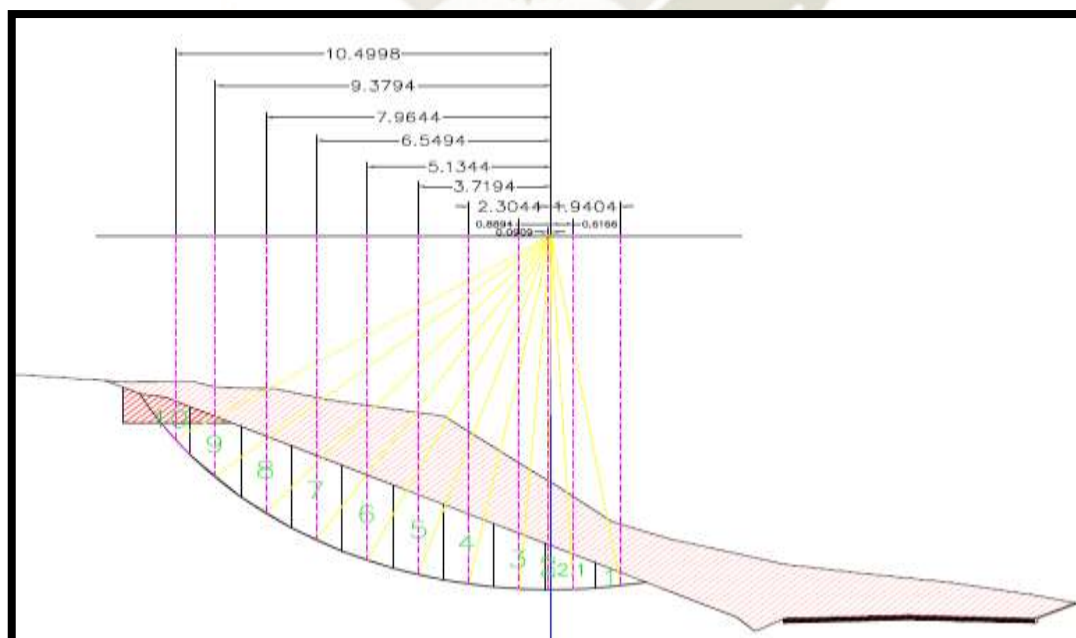
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 30: Método de las Dovelas – Caso 4-Formación Labra-Talud de Corte



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 31: Método de las Dovelas – Caso 5-Formación Labra-Talud de Corte



Fuente: Elaboración Propia.

Seguidamente se presenta un cuadro resumen de los 5 análisis con sus respectivos factores de seguridad:

Cuadro 62: Resumen de los factores de seguridad para talud de corte

Análisis de Falla	Factor de Seguridad	
	Método de Fellenius	Método de Bishop
1	1.768	2.005
2	3.120	3.911
3	2.202	2.326
4	1.600	1.800
5	1.738	1.884

Fuente: Elaboración Propia.

8.4.3.2. Análisis de estabilidad de talud para los terraplenes

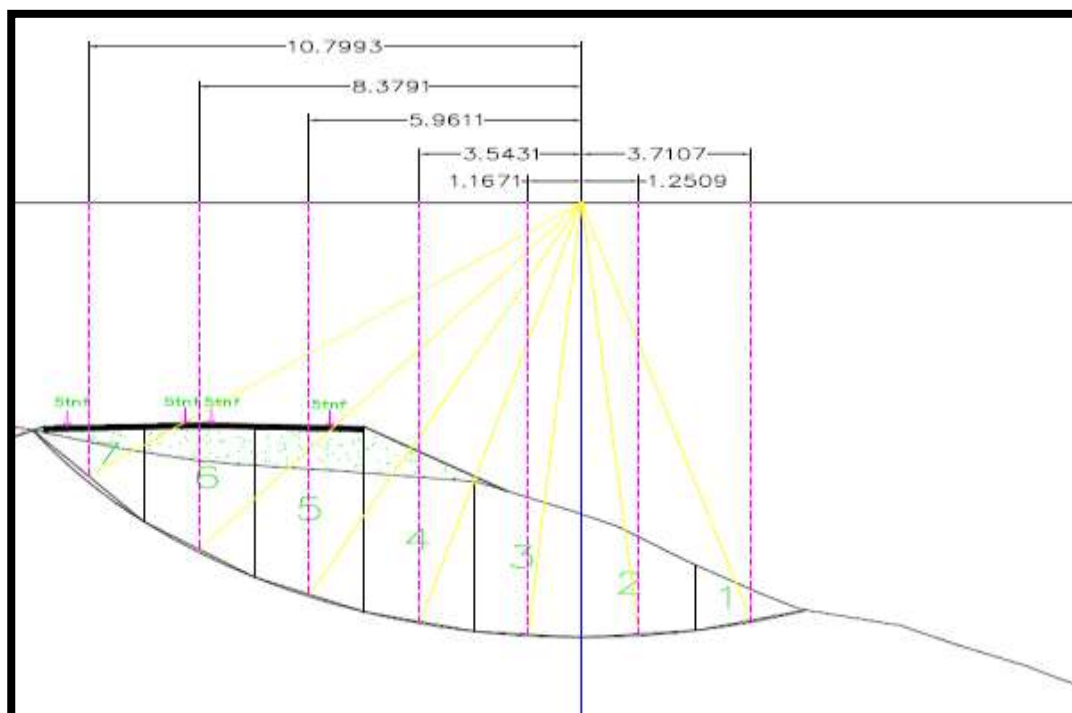
Se estableció 3 círculos de falla para el talud de relleno con sus respectivos cálculos determinados en el Anexo 9.

Cuadro 63: Propiedades geotécnicas de la Formación Labra en zona de terraplén

Propiedades geotécnicas		Datos de localización del talud	
Densidad del suelo(ton/m ³)	1.43	Ubicación	La Capilla- General Sánchez Cerro-Moquegua
Ángulo de fricción interna (°)	30-35		
Cohesión (ton/m ²)	0	Progresiva	Km 21+740

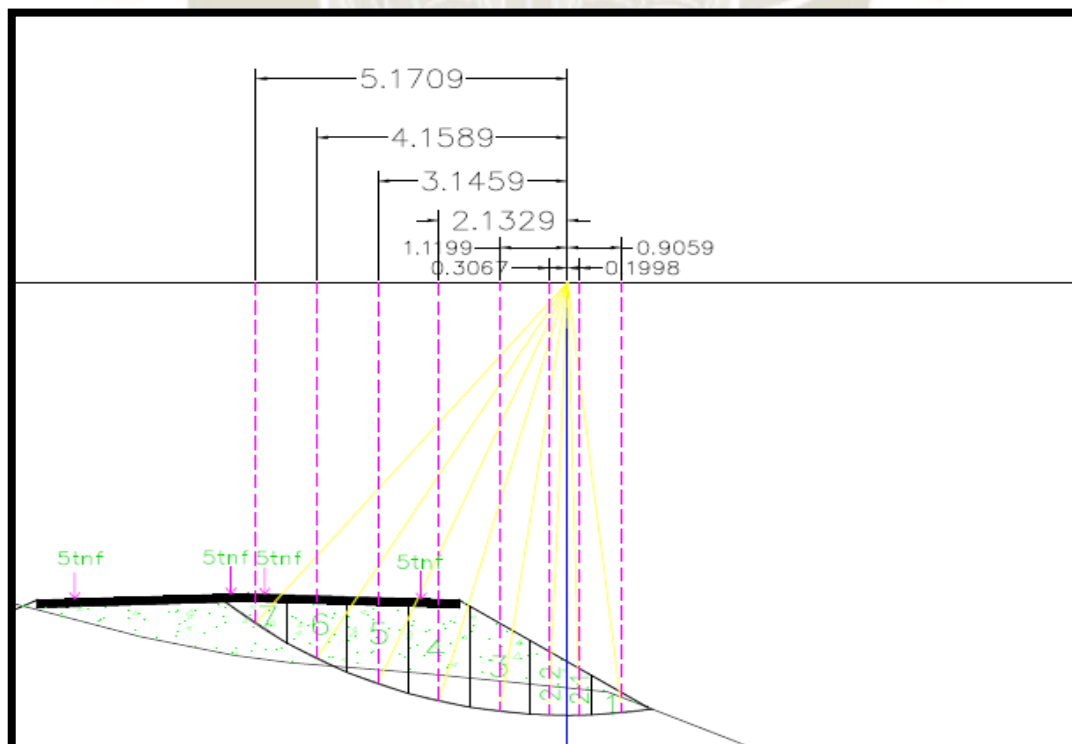
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 32: Método de las Dovelas – Caso 1-Formación Labra-Terraplén



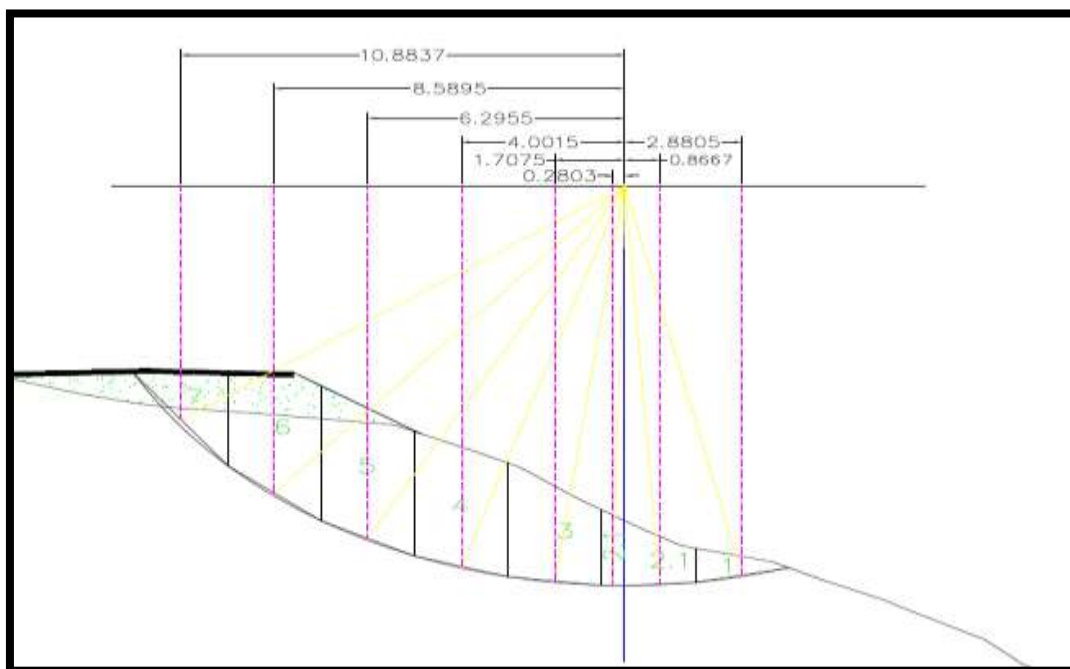
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 33: Método de las Dovelas – Caso 2-Formación Labra-Terraplén



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 34: Método de las Dovelas – Caso 3-Formación Labra-Terraplén



Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente se presenta un cuadro resumen de los 3 análisis con sus respectivos factores de seguridad:

Cuadro 64: Resumen de los factores de seguridad para terraplén

Análisis de Falla	Factor de Seguridad	
	Método de Fellenius	Método de Bishop
1	1.639	1.897
2	1.713	1.806
3	1.350	1.539

Fuente: Elaboración Propia.

IX. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y OBRAS DE ARTE

9.1. Generalidades

La hidrología es aquella ciencia que permite estimar los caudales de diseño que constituyen el sistema de drenaje de la carretera. La información requerida deberá ser proporcionada por el servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI), esta información que consta de datos hidrométricos o pluviométricos deben tener la representatividad, calidad y consistencia necesaria, estas características se logran teniendo un mínimo de 25 años de registro como antecedente, que permita a partir de esta información la predicción de eventos futuros, esta información debe ser representativa del área en donde se ubica el proyecto. (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011 del MTC).

El sistema de drenaje de la vía debe garantizar esencialmente la estabilidad de esta y reponer las características del sistema de drenaje natural o artificial que podría dañarse o alterarse con la reconstrucción de la carretera. Desde estos puntos de vista, se debe considerar lo siguiente:

9.1.1. En la fase de planificación.

- 1) Localizar la carretera lo más lejos posible de las áreas húmedas o pantanosas, zonas de grandes huaicos, zonas con torrentes de agua temporales, zonas con corrientes de agua subterránea y áreas inestables o con fuertes pendientes.
- 2) Si es posible, evite localizar la vía próxima a embalses y cursos de agua naturales o artificiales existentes, especialmente si son la causa de la posible erosión de la plataforma vial.

9.1.2. En la fase de diseño del sistema de drenaje

- 1) En los taludes mantener lo máximo posible la vegetación natural existente.
- 2) No modificar o reconstruir el drenaje natural del curso del agua.
- 3) Encauzar el agua de lluvia superficial sobre la explanación de la carretera a los cursos de agua existentes fuera de la carretera para evitar que tenga velocidad erosiva.

9.2. Drenaje

El propósito del drenaje es alejar el agua de la carretera para evitar los efectos negativos del agua en la estabilidad, la durabilidad y la permeabilidad de las vías.

9.2.1. Finalidad del drenaje

Un drenaje adecuado evitará la destrucción total o parcial de la carretera, también reducirá los impactos ambientales no deseados debido al cambio en la escorrentía a lo largo de la carretera.

9.2.2. Criterios de función

Los elementos de drenaje se seleccionan teniendo en cuenta criterios funcionales, por ejemplo, soluciones técnicas disponibles, fácil adquisición, así como los costos de construcción y mantenimiento. El daño que finalmente produciría los flujos de agua correspondientes al tiempo de retorno, es decir, los valores máximos del período de diseño.

9.2.3. Período de retorno

La selección del periodo de retorno para el cual se planificará el drenaje depende de la probabilidad o el peligro de que este flujo se exceda durante este tiempo para lo cual se está diseñando las obras de arte.

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, el riesgo admisible para alcantarillas de paso y descarga de agua de cunetas es de 35%, y para el drenaje de la plataforma a nivel longitudinal es del 40%. Para determinar el periodo de retorno se aplica la siguiente fórmula:

Fórmula 11: Riesgo de falla admisible

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

Dónde:

R=riesgo admisible (%).

T= periodo de retorno (años).

n= vida útil (años).

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la vida útil para alcantarilla y drenaje de plataforma es de 15 años. Seguidamente después de reemplazar los valores antes mencionados en la ecuación, se obtuvo un periodo de retorno de 30 y 35 años, para cunetas y alcantarillas respectivamente. El periodo de retorno como se menciono depende de dos factores, los cuales son el porcentaje de riesgo que se da por no controlar algún peligro y el segundo factor es la vida útil de las obras que se realizarán.

9.2.4. Riesgo de obstrucción

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, las condiciones de operación de los elementos de drenaje se verán afectadas por su obstrucción debido a cuerpos sólidos arrastrados por la corriente. Para evitar esto, se necesita un diseño adecuado, un tamaño excesivo y una conservación o mantenimiento efectivos.

9.2.5. Daños debidos a la escorrentía

Son considerados como daños aquellos producidos por la presencia de la carretera. Es decir, las diferencias entre los efectos producidos por el flujo debido a la carretera y sus elementos de drenaje y los producidos antes de la construcción de estas. Se puede suponer que la corriente no causa ningún daño significativo por erosión de la superficie del canal o cauce si su velocidad promedio no excede los límites establecidos.

Si la corriente transporta materiales flotantes (limo, arena, etc.), se debe tener cuidado de que una reducción de la velocidad del agua no conduzca a su sedimentación o que los depósitos de sedimentación estén dispuestos para su recolección, además que sean fáciles de limpiar y conservar de manera efectiva.

9.3. Elementos físicos del drenaje

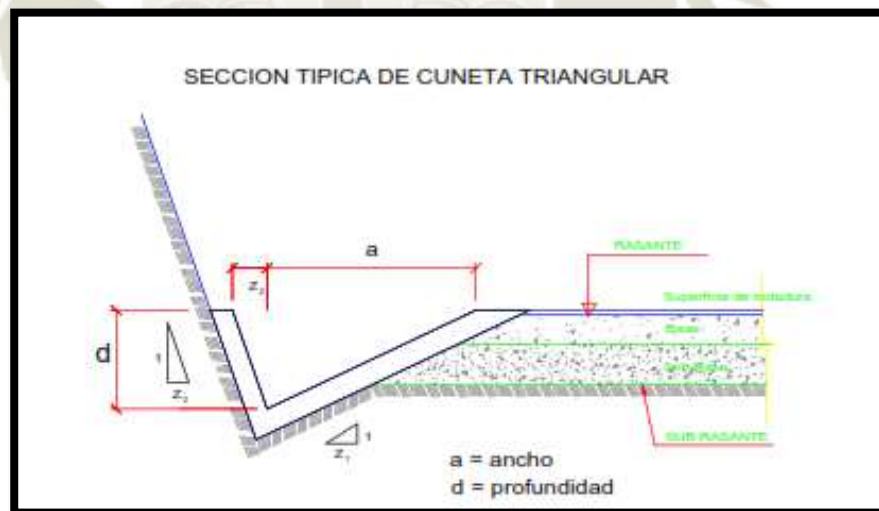
La eliminación del agua de la superficie de rodadura se realiza en las secciones en tangentes y del peralte en las curvas horizontales, discurriendo el agua hacia las cunetas. En general, la rasante se proyecta con una inclinación no menos del 0.5%, para facilitar el movimiento del agua desde las cunetas hacia los aliviaderos o alcantarillas.

Si la plataforma de la carretera está en un terraplén o relleno y el talud es degradable, las aguas que escurren sobre la carretera deben ser encauzadas por ambos lados de la carretera de tal manera que se evite la erosión de las laderas.

9.3.1. Cunetas

Las cunetas generalmente tienen una sección transversal triangular y se proyectan para todas las secciones al pie de los flancos de corte. Sus dimensiones se ajustan según la velocidad de diseño, las condiciones de precipitación y su volumen de diseño de la vía en estudio. El ancho se mide desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad se mide verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

Figura 35: Sección típica de cuneta triangular



Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El drenaje del agua de las cunetas se realizará a través de alcantarillas de alivio. Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones la longitud de las cunetas entre las alcantarillas de alivio es un

máximo de 250 m para suelos no erosionables o apenas erosionables. Para otros tipos de suelo susceptibles a la erosión, la distancia puede reducirse de acuerdo con los resultados de la evaluación técnica de las condiciones de precipitación, cobertura del suelo, pendientes naturales y otras características del área.

9.3.2. Banquetas

Son obras de estabilización de taludes, según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018 del MTC, para aquellas alturas de corte superiores a 7 m, se requerirán banquetas con un ancho de 3 m y una pendiente longitudinal máxima de 3%, deben estar sembradas en todo su ancho de la banqueta, estas sirven para aliviar el peso del talud y así el factor de seguridad este dentro de los parámetros establecidos, evitando deslizamientos futuros.

9.3.3. Sumideros

Es un dispositivo de desagüe, generalmente protegido por una rejilla, por donde se vacía el agua de lluvia de las calzadas de una carretera, pero dispuesto de forma que la entrada del agua sea en sentido sensiblemente vertical, se coloca generalmente en zonas donde se localizan curvas cóncavas, es decir en donde exista punto de confluencia entre una pendiente positiva y negativa. Para la vía en estudio se utilizó un sumidero de rejilla en cuneta o llamado también Grate Inlet, estas son estructuras de captación cubiertas por una rejilla por donde penetran las aguas de lluvia, se usan en zonas donde se quiera captar agua de pendientes longitudinales pronunciadas.

9.3.4. Alcantarillas de paso y alcantarillas de alivio

Según el Manual de hidrología, hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el tipo de alcantarilla siempre debe seleccionarse teniendo en cuenta el flujo que se eliminará, el tipo, la pendiente de la tubería y el costo de la disponibilidad de materiales. La cantidad y la ubicación se ajustan para garantizar el drenaje y evitar la retención excesiva de agua, lo cual compromete el acondicionamiento del cauce a la entrada y salida de la alcantarilla.

Las dimensiones internas mínimas de las alcantarillas deben ser aquellas que permitan su limpieza y conservación. En carreteras de alto volumen de tránsito, por necesidad de limpieza y mantenimiento, es deseable que el tamaño mínimo de la tubería de la alcantarilla sea de al menos 0.90 m. En el capítulo de Diseño Hidráulico se analizará más a detalle las secciones de las tuberías que se va a utilizar, ya que esta depende del caudal de aporte que va a recibir.

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones menciona que en el caso del proceso constructivo de alcantarillas múltiples se recomienda que la distancia entre ambos tubos, medida desde la cara externa debe ser igual a la mitad del diámetro del tubo utilizado, con un máximo de 1.0 m y un mínimo de 0.4 m.

9.4. Información hidrometereológica y pluviométrica

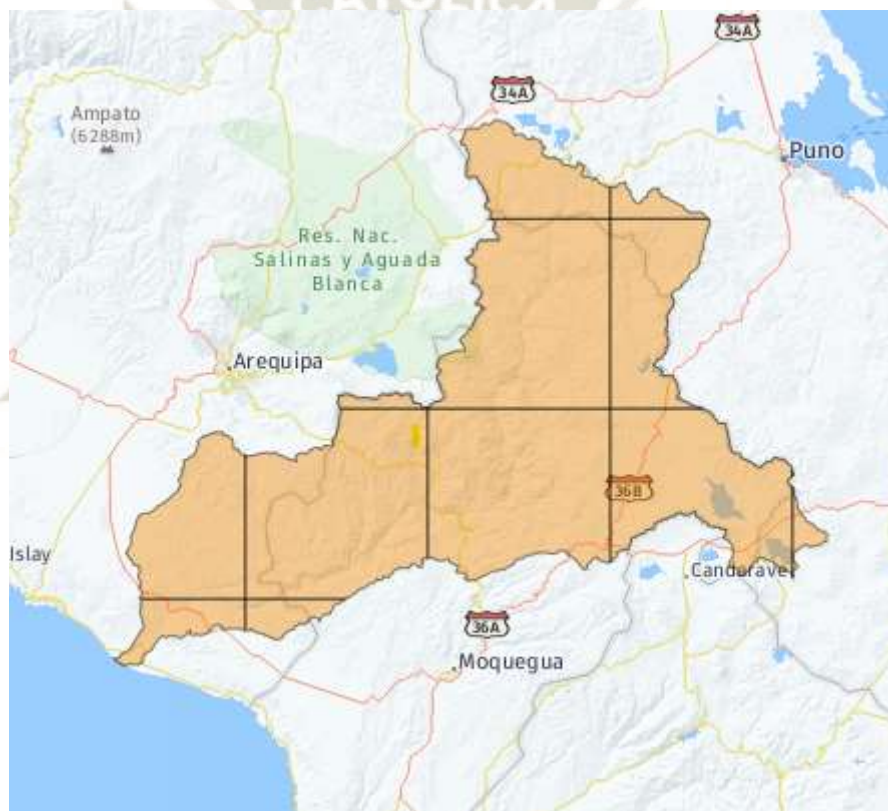
9.4.1. Delimitación de la cuenca

La delimitación de una cuenca se puede hacer a partir de fotografías aéreas, sin embargo, lo más común es utilizando los mapas topográficos. Consiste en trazar la

línea divisoria que se denomina Divoriturum Aquarium, dividiendo el curso de la esorrentía hacia una u otra cuenca. (Foro Peruano para el Agua-GWP Perú, 2011).

La delimitación de las cuencas también se puede obtener en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en forma virtual, en donde se identifica las diferentes regiones hidrográficas, como son la del Pacífico, la del Amazonas y la del Titicaca.

Figura 36: Ubicación de la cuenca de Tambo



Fuente: Google - Buscador API Google Maps – Cuencas hidrográficas (geogpsperu).

La vía en estudio está emplazada dentro de lo que es la cuenca de Tambo, no obstante, se debe de ser más preciso para determinar el caudal de aporte proveniente de las quebradas o de las áreas que son delimitadas por los Divortium Aquarium, por lo que se realizó el condicionamiento de cada microcuenca presente a lo largo

del alineamiento entre los anexos de Talahuayo y Vinomore del distrito de La Capilla, provincia de General Sánchez Cerro, departamento de Moquegua. (Planos: Localización de Microcuencas, LM-01, LM-02, LM-03, LM-04, LM-05)

9.4.2. Estudio de la cuenca

Se realizó una descripción breve de la cuenca general que engloba toda la zona en donde se efectúa el análisis, la cuenca de Tambo servirá como referencia, pero el estudio se adentrará en lo que son las microcuencas localizadas en los 5 kilómetros de la vía en estudio.

9.4.2.1. Criterios de estimación de caudales

Los cursos de agua que atraviesan el proyecto de la carretera no cuentan con registro de caudales, por tratarse de microcuencas pequeñas. Por lo que las cunetas y alcantarillas se diseñaron con el caudal que se obtuvo de las aguas que discurrieron de la microcuenca.

9.4.2.2. Datos de la cuenca general

La cuenca del río Tambo se encuentra ubicada al sur del país, comprende a las provincias de Mariscal Nieto y Sánchez Cerro en Moquegua, en Arequipa e Islay en el departamento de Arequipa, Puno y San Román en el departamento de Puno.

La red hidrográfica de la cuenca del río Tambo, tiene como cauce principal al río del mismo nombre, el cual se forma, sobre los 3600 m.s.n.m., por la confluencia de los ríos Carumas, Coralaque, Ichuña y Paltiture desplazándose de noreste a suroeste, hasta su desembocadura en la quebrada Poyeni.

Las precipitaciones promedio en la zona del proyecto, se consideraron como bajas, debido a que presenta un clima templado subhúmedo, además el área que influye de la cuenca del río Tambo, no afecta el recorrido del proyecto de la carretera.

9.4.2.3. Datos disponibles

Se cuenta con los siguientes estudios previos del tramo en estudio:

- Topografía del terreno.
- Planimetría de la vía.
- Perfiles longitudinales de la vía.
- Registro de Precipitaciones.
- Características de la cuenca.

9.4.3. Estación meteorológica

Las precipitaciones registradas son relativamente bajas, por lo que el presente Estudio Hidrológico permitió establecer los caudales de diseño que serán percibidos por las obras de arte y drenaje en una eventual avenida acorde a las precipitaciones máximas registradas en los últimos 51 años las cuales garantizarán la correcta evacuación y drenaje de las aguas.

Se hizo uso de los datos que se registró de la estación meteorológica del SENAMHI, denominada Estación Pluviométrica de Quinistaquillas, con código N° 116049, de la cual se obtuvo los datos registrados desde el año 1964 hasta el 2014, indicando una precipitación máxima en 24 horas de 54 mm, obtenido en el año 2001 del mes de febrero. La estación de Quinistaquillas se escogió debido a que es la más cercana

al punto de interés y la que tiene datos de aforo representativos que cuentan con un mínimo de 25 años de registro, tal como lo aconseja el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Con los registros de las estaciones pluviométricas del SENAMHI, se calculó la intensidad máxima horaria de las precipitaciones, a fin de determinar el caudal de diseño hidráulico para cada una de las obras de arte.

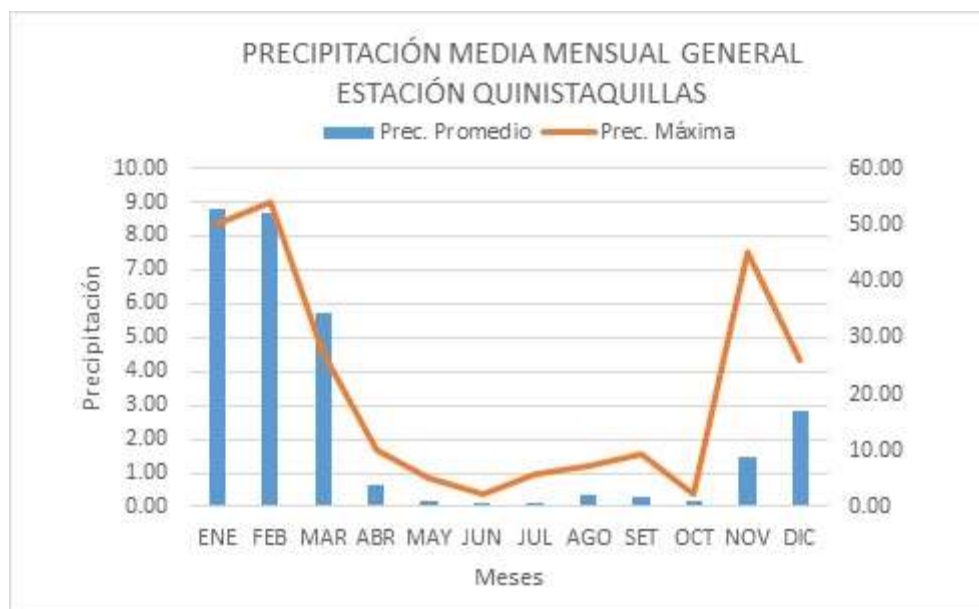
Cuadro 65: Ubicación de la estación Meteorológica

Datos de la estación pluviométrica	
Estación de Quinistaquillas	Ubicación Geográfica
	Latitud: 16°44'59"
Código: 116049	Longitud: 70°52'42.9"
	Cota: 1787 m.s.n.m.

Fuente: SENAMHI (Herramientas/Gestión de datos/Descarga de datos hidrometeorológicos).

En el Anexo 10, se presenta el Cuadro de Variación de Precipitaciones Máximas en mm en 24 horas y el promedio mensual general, a lo largo de 51 años. A continuación, se muestra el gráfico de la precipitación media mensual de la estación de Quinistaquillas, donde se puede observar que la precipitación máxima se da en el mes de febrero, con 54 mm de lluvia.

Figura 37: Información Pluviométrica de la Estación de Quinistaquillas

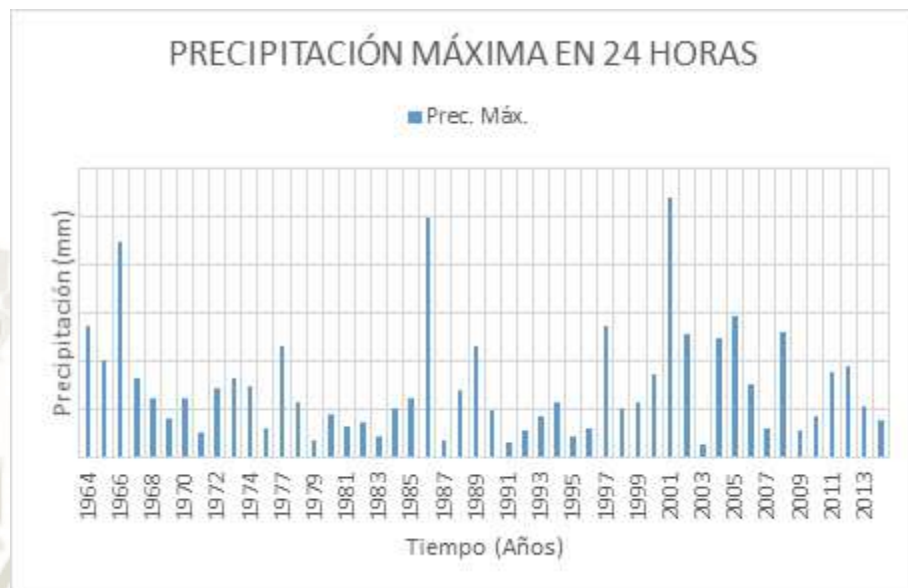


Fuente: Elaboración propia con datos históricos diarios de SENAMHI.

9.4.3.1. Precipitación máxima en 24 horas

Se presenta el Cuadro de Variación de Precipitaciones Máximas en milímetros en 24 horas, registrado en 51 años, desde el año 1964 al año 2014, de donde se observa que la precipitación máxima se dio en el año 2001.

Figura 38: Precipitación Máxima en 24 horas



Fuente: Elaboración propia con datos históricos de SENAMHI.

9.4.4. Análisis estadístico de la precipitación máxima en 24 horas

Existen diversas funciones de distribución de probabilidad teórica, las cuales se recomiendan las siguientes: Normal, Log normal-2 parámetros, Log normal-3 parámetros, Gamma-2 parámetros, Gamma-3 parámetros, Log Pearson-tipo III y Gumbel. El modelo de distribución elegido fue el de Gumbel, puesto que presenta el menor error Teórico, con un nivel de significancia del 5%, el cual es un valor normalmente utilizado para estudios hidrológicos. Se hizo uso de este modelo para la estimación de precipitaciones, intensidades y caudales máximos para los diversos periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años.

9.4.5. Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

El promedio de suma anual de precipitaciones máximas en 24 horas es de 14.74 mm, este dato es importante para el cálculo de las variables estadísticas (Anexo 12: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel).

9.4.6. Cálculo de variables estadísticas y de función

Se calcularon las variables probabilísticas a partir de los datos de la Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel, para determinar las precipitaciones diarias máximas probables en diferentes frecuencias. Estas variables probabilísticas son la media, desviación estándar y los parámetros de distribución como son los de concentración y localización:

Fórmula 12: Media aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \rightarrow \bar{x} = 14.74 \text{ mm}$$

Fórmula 13: Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \rightarrow S = 11.45 \text{ mm}$$

Fórmula 14: Parámetro de concentración

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \rightarrow \alpha = 8.931 \text{ mm}$$

Fórmula 15: Parámetro de localización

$$\mu = \bar{x} - 0.5775 * \alpha \rightarrow \mu = 9.580 \text{ mm}$$

9.4.7. Determinación de la probabilidad de ocurrencia para la función de distribución de Gumbel

Se realizó una tabla asociada a estos periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años) con la información estadística encontrada en la estación de Quinistaquillas.

En base a estudios estadísticos, L. L. Weiss (1964) encontró que los valores máximos de lluvias diarias anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al incrementarse un 13 % conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en un análisis basado en lluvias máximas verdaderas. Tomando en cuenta lo anterior, los registros de lluvias máximas diarias se multiplicaron por 1.13 para su ajuste por intervalo fijo. Con esta corrección, la lluvia máxima diaria se convirtió en lluvia máxima en 24 horas para el período de retorno correspondiente.

Cuadro 66: Función de distribución de Gumbel

Periodo de retorno	Variable reducida	Precipitación en mm	Probabilidad de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
2	0.36651	12.85367	0.50000	14.52465
5	1.49994	22.97617	0.80000	25.96307
10	2.25037	29.67814	0.90000	33.53630
25	3.19853	38.14610	0.96000	43.10509
50	3.90194	44.42811	0.98000	50.20376
75	4.31078	48.07946	0.98667	54.32979
100	4.60015	50.66374	0.99000	57.25003
500	6.21361	65.07333	0.99800	73.53286

Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de los valores antes calculados se hizo uso de las siguientes fórmulas:

Fórmula 16: Variable reducida

$$YT = -\ln \left(\ln \left(\frac{p}{p-1} \right) \right)$$

Fórmula 17: Variable de Precipitación

$$XT' = u + (\alpha * YT)$$

Fórmula 18: Probabilidad de ocurrencia

$$F_{(X)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Donde:

XT': Valor a asumir por la variable precipitación.

YT: Variable dependiente del periodo de retorno.

F_x: Probabilidad de ocurrencia.

e: Constante de Neper.

9.4.8. Cálculo de las precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que debido a la mínima información pluviográfica con la que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse las curvas IDF, debido a que generalmente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la Intensidad de la precipitación pluvial máxima regularmente se estima a partir

de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración; estos coeficientes de duración, que van desde 1 hora hasta 48 horas, deben ser usados, con criterio y cautela para el cálculo de la intensidad, cuando no se presida de mejor información.

A partir de la precipitación máxima de 24 horas se determinó la precipitación máxima instantánea para periodos de duraciones de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 horas, a través de la distribución de Gumbel, para ello se emplea coeficientes decretados:

Cuadro 67: Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.79	0.90	1.00

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La precipitación máxima diaria para diferentes tiempos de duración se obtuvo multiplicando esta precipitación ajustada de la función de distribución Gumbel (XT) por el coeficiente de duración en diferentes horas (frecuencias) para un periodo determinado (años), tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 68: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de duración	Coeficiente		Precipitación máxima probable Pd (mm) por periodo de retorno							
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	75 años	100 años	500 años
24 h	X24		14.525	25.963	33.536	43.105	50.204	54.330	57.250	73.533
18 h	X18	90%	13.072	23.367	30.183	38.795	45.183	48.897	51.525	66.180
12 h	X12	79%	11.474	20.511	26.494	34.053	39.661	42.921	45.228	58.091
8 h	X8	64%	9.296	16.616	21.463	27.587	32.130	34.771	36.640	47.061
6 h	X6	56%	8.134	14.539	18.780	24.139	28.114	30.425	32.060	41.178
5 h	X5	50%	7.262	12.982	16.768	21.553	25.102	27.165	28.625	36.766
4 h	X4	44%	6.391	11.424	14.756	18.966	22.090	23.905	25.190	32.354
3 h	X3	38%	5.519	9.866	12.744	16.380	19.077	20.645	21.755	27.942
2 h	X2	31%	4.503	8.049	10.396	13.363	15.563	16.842	17.748	22.795
1 h	X1	25%	3.631	6.491	8.384	10.776	12.551	13.582	14.313	18.383

Fuente. Elaboración propia.

9.4.9. Intensidad de lluvia a partir de la precipitación máxima probable, según la duración de precipitación y frecuencia

Esta intensidad de lluvia es la relación entre precipitación máxima probable y el tiempo de duración que se establece. Se calculó la intensidad equivalente para cada caso, según la ecuación que se presenta a continuación:

Fórmula 19: Intensidad de lluvia

$$I = \frac{P(mm)}{t(h)}$$

Donde:

I = Es la intensidad de la lluvia en mm/h.

$P [mm]$ = Es la altura de lámina de lluvia (precipitación) en mm.

$[h]$ = Es duración de la lluvia en horas.

Se obtuvo la Intensidad de la lluvia (mm/h) para el periodo de retorno en la serie de 2 a 500 años y para los tiempos de duración de 1 a 24 horas.

Cuadro 69: Intensidad de lluvia a partir de la precipitación máxima probable, según su respectiva duración y frecuencia.

Tiempo de duración		Intensidad por periodo de retorno							
HORAS	MINUTOS	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	75 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS
24	1440	0.605	1.082	1.397	1.796	2.092	2.264	2.385	3.064
18	1080	0.726	1.298	1.677	2.155	2.510	2.716	2.863	3.677
12	720	0.956	1.709	2.208	2.838	3.305	3.577	3.769	4.841
8	480	1.162	2.077	2.683	3.448	4.016	4.346	4.580	5.883
6	360	1.356	2.423	3.130	4.023	4.686	5.071	5.343	6.863
5	300	1.452	2.596	3.354	4.311	5.020	5.433	5.725	7.353
4	240	1.598	2.856	3.689	4.742	5.522	5.976	6.298	8.089
3	180	1.840	3.289	4.248	5.460	6.359	6.882	7.252	9.314
2	120	2.251	4.024	5.198	6.681	7.782	8.421	8.874	11.398
1	60	3.631	6.491	8.384	10.776	12.551	13.582	14.313	18.383

Fuente. Elaboración propia.

Según Suarez-Aguilar (2020), el modelo matemático descrito anteriormente relaciona simultáneamente: la intensidad máxima de precipitación i en mm/h, la duración de la precipitación t en minutos, la frecuencia en función del período de retorno T y los parámetros K , m , n , que dependen de la zona de estudio, debido a las múltiples variables que inciden como son: la posición geográfica, la altitud, la influencia del cambio climático, periodos de lluvia, entre otras.

9.4.10. Análisis de los datos de regresión

Las constantes K, m y n se obtuvieron mediante regresión lineal múltiple para T= 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años, para una duración en minutos o horas, y una intensidad de precipitación en mm/h.

A continuación, se muestran los análisis de regresión para los periodos de retorno antes mencionados.

Cuadro 70: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 2 años

Periodo de retorno para t = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x) ²
1	1440	0.605	7.272	-0.502	-3.652	52.888
2	1080	0.726	6.985	-0.320	-2.234	48.786
3	720	0.956	6.579	-0.045	-0.295	43.287
4	480	1.162	6.174	0.150	0.927	38.116
5	360	1.356	5.886	0.304	1.791	34.646
6	300	1.452	5.704	0.373	2.129	32.533
7	240	1.598	5.481	0.469	2.568	30.037
8	180	1.840	5.193	0.610	3.166	26.967
9	120	2.251	4.787	0.812	3.885	22.920
10	60	3.631	4.094	1.290	5.280	16.764
Σ	4980	15.578	58.155	3.140	13.565	346.944

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 71: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 5 años

Periodo de retorno para t = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x) ²
1	1440	1.082	7.272	0.079	0.572	52.888
2	1080	1.298	6.985	0.261	1.823	48.786
3	720	1.709	6.579	0.536	3.527	43.287
4	480	2.077	6.174	0.731	4.513	38.116
5	360	2.423	5.886	0.885	5.210	34.646
6	300	2.596	5.704	0.954	5.442	32.533
7	240	2.856	5.481	1.049	5.751	30.037
8	180	3.289	5.193	1.190	6.182	26.967
9	120	4.024	4.787	1.392	6.666	22.920
10	60	6.491	4.094	1.870	7.658	16.764
Σ	4980	27.845	58.155	8.948	47.343	346.944

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 72: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 10 años

Periodo de retorno para t = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x) ²
1	1440	1.397	7.272	0.33	2.433	52.887
2	1080	1.676	6.984	0.516	3.610	48.786
3	720	2.207	6.579	0.792	5.210	43.286
4	480	2.682	6.173	0.986	6.092	38.115
5	360	3.130	5.886	1.141	6.716	34.646
6	300	3.353	5.703	1.210	6.901	32.533
7	240	3.688	5.480	1.305	7.154	30.037
8	180	4.247	5.192	1.446	7.511	26.966
9	120	5.198	4.787	1.648	7.891	22.920
10	60	8.384	4.094	2.126	8.705	16.763
Σ	4980	35.967	58.155	11.507	62.227	346.943

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 73: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 25 años

Periodo de retorno para t = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x)2
1	1440	1.796	7.272	0.586	4.259	52.888
2	1080	2.155	6.985	0.768	5.364	48.786
3	720	2.838	6.579	1.043	6.862	43.287
4	480	3.448	6.174	1.238	7.643	38.116
5	360	4.023	5.886	1.392	8.194	34.646
6	300	4.311	5.704	1.461	8.334	32.533
7	240	4.742	5.481	1.556	8.530	30.037
8	180	5.460	5.193	1.697	8.815	26.967
9	120	6.681	4.787	1.899	9.093	22.920
10	60	10.776	4.094	2.377	9.734	16.764
Σ	4980	46.230	58.155	14.018	76.826	346.944

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 74: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 50 años

Periodo de retorno para t = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x)2
1	1440	2.092	7.272	0.738	5.367	52.888
2	1080	2.510	6.985	0.920	6.428	48.786
3	720	3.305	6.579	1.195	7.865	43.287
4	480	4.016	6.174	1.390	8.584	38.116
5	360	4.686	5.886	1.545	9.091	34.646
6	300	5.020	5.704	1.614	9.203	32.533
7	240	5.522	5.481	1.709	9.365	30.037
8	180	6.359	5.193	1.850	9.606	26.967
9	120	7.782	4.787	2.052	9.823	22.920
10	60	12.551	4.094	2.530	10.358	16.764
Σ	4980	53.844	58.155	15.542	85.691	346.944

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 75: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 75 años

Periodo de retorno para t = 75 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x)2
1	1440	2.264	7.272	0.817	5.942	52.888
2	1080	2.716	6.985	0.999	6.980	48.786
3	720	3.577	6.579	1.274	8.385	43.287
4	480	4.346	6.174	1.469	9.071	38.116
5	360	5.071	5.886	1.623	9.556	34.646
6	300	5.433	5.704	1.692	9.654	32.533
7	240	5.976	5.481	1.788	9.798	30.037
8	180	6.882	5.193	1.929	10.017	26.967
9	120	8.421	4.787	2.131	10.201	22.920
10	60	13.582	4.094	2.609	10.681	16.764
Σ	4980	58.269	58.155	16.332	90.285	346.944

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 76: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 100 años

Periodo de retorno para t = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x)2
1	1440	2.385	7.272	0.869	6.322	52.888
2	1080	2.863	6.985	1.052	7.346	48.786
3	720	3.769	6.579	1.327	8.729	43.287
4	480	4.580	6.174	1.522	9.395	38.116
5	360	5.343	5.886	1.676	9.864	34.646
6	300	5.725	5.704	1.745	9.952	32.533
7	240	6.298	5.481	1.840	10.085	30.037
8	180	7.252	5.193	1.981	10.288	26.967
9	120	8.874	4.787	2.183	10.452	22.920
10	60	14.313	4.094	2.661	10.896	16.764
Σ	4980	61.401	58.155	16.856	93.329	346.944

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 77: Intensidad – Duración – Periodo de retorno 500 años

Periodo de retorno para t = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(ln x)2
1	1440	3.064	7.272	1.120	8.143	52.888
2	1080	3.677	6.985	1.302	9.094	48.786
3	720	4.841	6.579	1.577	10.376	43.287
4	480	5.883	6.174	1.772	10.940	38.116
5	360	6.863	5.886	1.926	11.338	34.646
6	300	7.353	5.704	1.995	11.380	32.533
7	240	8.089	5.481	2.090	11.457	30.037
8	180	9.314	5.193	2.232	11.588	26.967
9	120	11.398	4.787	2.433	11.650	22.920
10	60	18.383	4.094	2.911	11.920	16.764
Σ	4980	78.864	58.155	19.359	107.886	346.944

Fuente: Elaboración propia.

Se mostrará la aplicación de los cálculos de regresión para el T= 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años, utilizando las siguientes fórmulas:

Fórmula 20: Logaritmo natural del término constante de regresión

$$\text{Ln}(d) = \frac{\sum(\ln x * \ln y) * \sum \ln x - \sum(\ln x)^2 * \sum \ln y}{(\sum \ln x)^2 - \sum(\ln x)^2 * N}$$

Fórmula 21: Constante de regresión

$$d = e^{\ln(d)}$$

Fórmula 22: Coeficiente de regresión

$$n = \frac{\sum \ln y - N * \sum \ln(d)}{\sum \ln x}$$

Para T= 2 años

Reemplazando datos:

$$\ln(d)=3.439$$

Parámetros de ajuste de regresión para T = 2 años

$$d = e^{\ln (d)}$$



$$d = 31.187$$

$$n = \frac{\sum \ln y - N * \sum \ln (d)}{\sum \ln x}$$



$$n = -0.538$$

Para T= 5 años

Reemplazando datos:

$$\ln(d) = 4.021$$

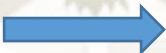
Parámetros de ajuste de regresión para T = 5 años

$$d = e^{\ln (d)}$$



$$d = 55.747$$

$$n = \frac{\sum \ln y - N * \sum \ln (d)}{\sum \ln x}$$



$$n = -0.538$$

Para T= 10 años

Reemplazando datos:

$$\ln(d) = 4.277$$

Parámetros de ajuste de regresión para T = 10 años

$$d = e^{\ln (d)}$$



$$d = 72.007$$

$$n = \frac{\sum \ln y - N \cdot \sum \ln (d)}{\sum \ln x}$$



$$n = -0.538$$

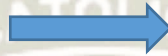
Para T= 25 años

Reemplazando datos:

$$\ln(d) = 4.528$$

Parámetros de ajuste de regresión para T = 25 años

$$d = e^{\ln (d)}$$



$$d = 92.553$$

$$n = \frac{\sum \ln y - N \cdot \sum \ln (d)}{\sum \ln x}$$



$$n = -0.538$$

Para T= 50 años

Reemplazando datos:

$$\ln(d) = 4.680$$

Parámetros de ajuste de regresión para T = 50 años

$$d = e^{\ln (d)}$$



$$d = 107.795$$

$$n = \frac{\sum \ln y - N \cdot \sum \ln (d)}{\sum \ln x}$$



$$n = -0.538$$

Para T= 75 años

Reemplazando datos:

$$\ln(d) = 4.759$$

Parámetros de ajuste de regresión para T = 75 años

$$d = e^{\ln (d)}$$



$$d = 116.654$$

$$n = \frac{\sum \ln y - N * \sum \ln (d)}{\sum \ln x} \longrightarrow n = -0.538$$

Para T= 100 años

Reemplazando datos:

$$\ln(d) = 4.812$$

Parámetros de ajuste de regresión para T = 100 años

$$d = e^{\ln (d)} \longrightarrow d = 122.924$$

$$n = \frac{\sum \ln y - N * \sum \ln (d)}{\sum \ln x} \longrightarrow n = -0.538$$

Para T= 500 años

Reemplazando datos:

$$\ln(d) = 5.062$$

Parámetros de ajuste de regresión para T = 500 años

$$d = e^{\ln (d)} \longrightarrow d = 157.886$$

$$n = \frac{\sum \ln y - N * \sum \ln (d)}{\sum \ln x} \longrightarrow n = -0.538$$

Con estos datos que se obtuvieron por cada periodo de retorno se completa el cuadro siguiente:

Cuadro 78: Resumen de la aplicación de regresión lineal múltiple, Intensidad –

Duración – Frecuencia

Periodo de retorno (años)	Constante de regresión (d)	Coeficiente de regresión (n)
2	31.187	-0.538
5	55.747	-0.538
10	72.007	-0.538
25	92.553	-0.538
50	107.795	-0.538
75	116.654	-0.538
100	122.924	-0.538
500	157.886	-0.538

Fuente. Elaboración propia.

9.4.11. Curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF)

En función del cambio de variable realizado, se realizó otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y la constante de regresión (d). Los periodos T son considerados como frecuencias y los parámetros de ajuste como constante de regresión (K) y coeficiente de regresión (m). Realizándose un cambio de variable.

Cuadro 79: Regresión Potencial

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x . ln y	(ln x)2
1	2	31.187	0.693	3.440	2.384	0.480
2	5	55.747	1.609	4.021	6.471	2.590
3	10	72.007	2.303	4.277	9.848	5.302
4	25	92.553	3.219	4.528	14.574	10.361
5	50	107.795	3.912	4.680	18.309	15.304
6	75	116.654	4.317	4.759	20.548	18.641
7	100	122.924	4.605	4.812	22.158	21.208
8	500	157.886	6.215	5.062	31.458	38.621
Σ	767	756.753	26.873	35.578	125.750	112.507
Ln(k)=	3.505	k=	33.282	m=	0.281	

Fuente. Elaboración propia.

La representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno se dio mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 23: Cálculo de la Intensidad en función de los parámetros k,m,n

$$i = \frac{KT^m}{t^n}$$

Reemplazando datos de la tabla anterior de regresión potencial quedará finalmente de la siguiente manera, donde la ecuación pre-escrita dependerá del tiempo de duración y del periodo de retorno.

$$i = \frac{33.282(T^{0.281})}{t^{-0.538}}$$

A continuación, se adjunta la tabla intensidad-tiempo de duración:

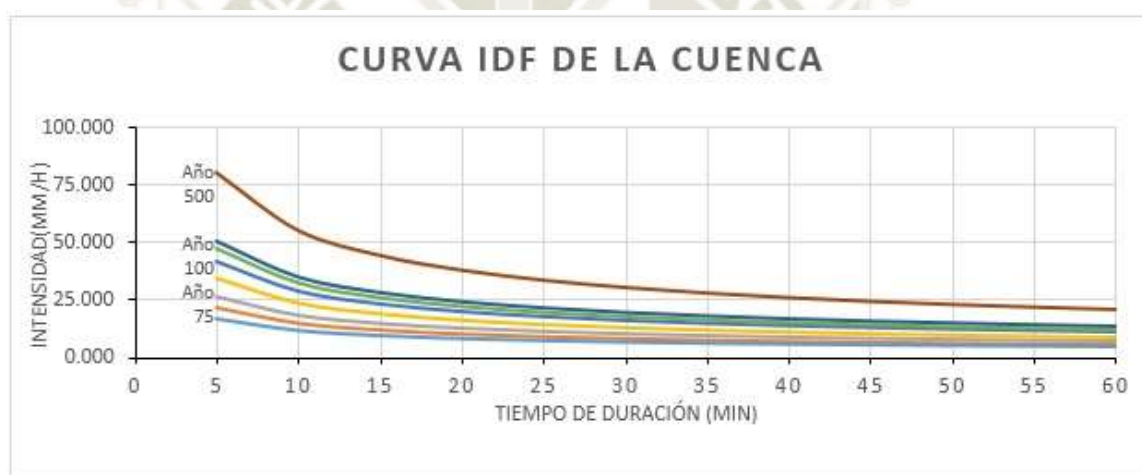
Cuadro 80: Intensidad – tiempo de duración

Tabla de intensidades – tiempo de duración												
Frecuencia(años)	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	17.019	11.725	9.429	8.078	7.165	6.496	5.980	5.566	5.224	4.937	4.690	4.476
5	22.007	15.162	12.193	10.446	9.265	8.400	7.732	7.197	6.755	6.383	6.064	5.787
10	26.730	18.416	14.810	12.688	11.254	10.203	9.392	8.741	8.205	7.753	7.366	7.029
25	34.564	23.813	19.150	16.406	14.552	13.193	12.144	11.303	10.610	10.026	9.525	9.0896
50	41.982	28.924	23.260	19.927	17.675	16.025	14.751	13.729	12.887	12.177	11.569	11.0404
75	47.039	32.408	26.061	22.328	19.804	17.955	16.527	15.383	14.439	13.644	12.963	12.370
100	50.993	35.132	28.252	24.204	21.468	19.464	17.916	16.675	15.652	14.791	14.052	13.410
500	80.089	55.177	44.372	38.015	33.718	30.570	28.139	26.190	24.584	23.230	22.070	21.061

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se obtuvieron los valores de Intensidad en el tiempo transcurrido de 5 a 60 minutos para la frecuencia de periodos de retorno de 2 a 500 años, en el proyecto en estudio se trabajó con dos Periodos Máximos de Retorno para 30 y 35 años; con los datos obtenidos de la tabla anterior se realizó la siguiente gráfica de la Curva Intensidad – Duración – Frecuencia, las cuales son generadas a partir de este modelo como funciones que decrecen en la intensidad a medida que incrementa el tiempo de duración del evento de lluvia.

Figura 39: Curva IDF de la cuenca



Fuente. Elaboración propia.

En relación con los resultados obtenidos en la fórmula 23, particularmente para un periodo de retorno $T=2$ años y una duración de 60 minutos, la intensidad de lluvia es de 4.476 mm/h, lo que se explica que en promedio un evento de lluvia con una intensidad de 4.476 mm/h y con una duración de 60 minutos se presenta una vez cada 2 años.

X. DISEÑO HIDRÁULICO

10.1. Drenaje superficial

10.1.1. Periodo de retorno

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un drenaje superficial está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el período para el cual se diseña la carretera. El periodo de retorno depende de dos factores, los cuales son el tiempo de vida útil y el riesgo admisible.

En el siguiente cuadro se indican los valores máximos recomendables según el tipo de obra de drenaje.

Cuadro 81: Valores máximos recomendados de riesgo admisible para obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

La vida útil de las estructuras de alcantarillas de quebradas y de drenaje de plataforma es en ambas de 15 años, por lo que, reemplazando en la siguiente ecuación, se obtuvo el valor del periodo de retorno:

Fórmula 24: Riesgo Admisible

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Cuadro 82: Valores del periodo de retorno

Para alcantarillas menores	T= 30 años
Para cunetas	T=35 años

Fuente: Elaboración Propia.

10.1.2. Daños debido a la escorrentía

Se considerarán como daños a aquellos que no se hubieran producido sin la presencia del camino.

Estos daños pueden clasificarse en las categorías siguientes:

- Los producidos en el propio elemento de drenaje o en su entorno inmediato (sedimentaciones, erosiones, roturas).
 - Las interrupciones en el funcionamiento del camino o de vías contiguas, debidas a inundación de su plataforma.
 - Los daños a la estructura del afirmado, a la plataforma del camino o a las estructuras y obras de arte.
 - Los daños materiales a terceros por inundación de las zonas aledañas.
- (Valverde, José)

Se considera que la corriente no producirá daños importantes por erosión de la superficie del cauce o conducto, si su velocidad media no excede de los límites fijados en función de la naturaleza de dicha superficie.

10.2. Diseños de cunetas

Se comenzó a realizar el diseño correspondiente, recordando algunos detalles importantes como son los tipos de sección. Las cunetas pueden tener tanto sección trapezoidal o triangular, esta última la recomienda el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, puesto que, si algún vehículo cayera dentro de ella, se desplazará suavemente, saliendo de esta, mientras que en las trapezoidales constituye una verdadera zanja en la que el carro puede caer y ser difícil su salida de esta. La forma en “V” adoptada, permite limpiarlas rápidamente con la cuchilla de las motoniveladoras. Las cunetas serán colocadas a lo largo del alineamiento, recibiendo los cauces de los taludes, por lo que se estableció a lo largo del alineamiento microcuencas. La topografía del terreno y las ortofotos facilitaron el proceso de diseño, ya que ayudaron a indicar si el cauce a recibir es distribuido o puntual, esta característica hizo que la colocación de las cunetas sea de manera óptima y así evitar colocarlas en zonas donde no era necesario. De acuerdo con la recomendación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, las cunetas se diseñaron de sección triangular, dependiendo sus dimensiones de las precipitaciones anuales, como se puede ver a continuación:

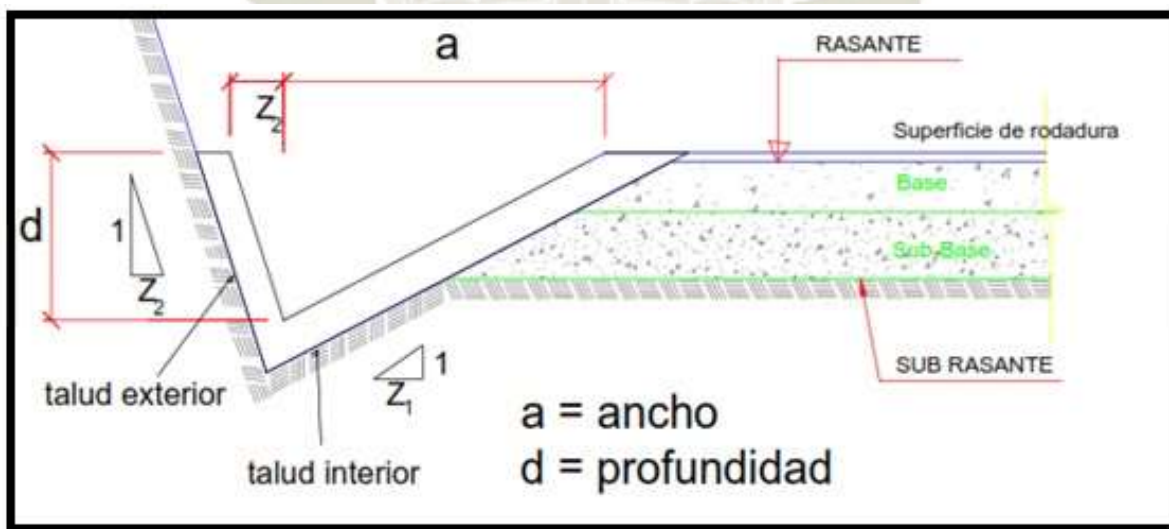
Cuadro 83: Dimensiones mínimas en cunetas

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

Por ser un clima templado subhúmedo de estepa y valles interandinos bajos, como indica el MINAGRI, presentará precipitaciones anuales por debajo de los 500 mm.

Los datos del cuadro anterior indica dimensiones mínimas, por lo que se optó medidas relativamente mayores a estas como un parámetro de seguridad y buen diseño.

Figura 40: Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica


Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

10.2.1. Diseño

Para controlar las aguas superficiales, que discurren de la superficie de rodadura como la de los taludes y/o quebradas menores; se diseñaron estructuras denominadas cunetas, las cuales captarán las aguas de escorrentía superficial. Para el diseño hidráulico de las cunetas se ha presenciado las siguientes consideraciones:

- Longitud del tramo

Esta longitud obedece a factores como: ubicación de entregas naturales (quebradas, cauces, etc.) y ubicación de puntos bajos que presenta el perfil de la carretera.

“La descarga de agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio. En región seca o poca lluviosa la longitud de las cunetas será de 250 m como máximo.” (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Sección 4.1.2.1 Cunetas, literal d).

- Pendientes longitudinales de la carretera

El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del MTC, recomienda que para cunetas no revestidas la pendiente longitudinal mínima debe ser de 0.5%. La corriente no debe producir daños importantes por erosión en la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no supera los límites fijados en la Cuadro 84, en función de la naturaleza de las superficies que se presentan enseguida:

Cuadro 84: Máxima velocidad del agua

TIPO DE SUPERFICIE	MAXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierta de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

Se debe evitar el proceso de sedimentación es decir que el agua no transporte material en suspensión y de ser el caso se acondicionará de depósitos de sedimentación para su recojo y conservación eficaz.

- Sección geométrica típica de la cuneta

La profundidad fue determinada, en conjunto con los demás elementos de su sección, por los volúmenes de las aguas superficiales a conducir, así como de los factores funcionales y geométricos correspondientes. Las cunetas son de sección triangular e idealizada para los tramos en ladera (al pie de los taludes de corte), longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada, las cuales no serán revestidas. Por otra parte, la inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1: Z1) acató las condiciones de seguridad como es la velocidad de diseño y el Índice Medio Diario Anual, así como se indica en la siguiente tabla:

Cuadro 85: Inclinaciones máximas del talud (V:H) interior de la cuneta

V.D. (Km/h)	I.M.D.A (VEH./DIA)	
	< 750	> 750
<70	1:02	(*)
	1:03	
> 70	1:03	1:04

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

Las cunetas que se diseñaron fueron de forma triangular, debido a ello, se tomó en cuenta dos medidas de inclinación, una para la parte adyacente a la berma y la otra para la parte del talud de corte. En base a la tabla de mínimas dimensiones de cunetas en donde se consideró los valores de 0.45 m y 0.90 m de profundidad y ancho respectivamente, se obtuvo un talud de 1:2 por relación de triángulos, relación que cumple con el rango del cuadro anterior; y para la inclinación en el talud de corte se eligió por el tipo de material con el que estará cubierta la cuneta, asumiendo el talud de 1:1, como vemos en la tabla adjunta.

Cuadro 86: Taludes apropiados para distintos tipos de material

MATERIAL	TALUD (horizontal : vertical)
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25 : 1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5 : 1 hasta 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	01:01
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5 : 1
Tierra arenosa suelta	02:01
Greda arenosa o arcilla porosa	03:01

Fuente: Hidráulica de canales, Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras-Venezuela, 1974.

Por lo tanto, se asumió lo siguiente:

Para el talud de corte Z_2 será igual a 1, y para el talud adyacente a la berma Z_1 será de 2, estos valores están dentro del rango de los valores máximos que indican los cuadros 109 y 110 por ende, se realizó un correcto diseño, cumpliendo con los parámetros acatados. Se homogenizó una dimensión estándar para todas las cunetas existentes a lo largo de la carretera, debido a que los caudales fluctuaban en un solo rango.

10.2.2. Estimación de caudales

Para encontrar el caudal de diseño de las cunetas se consideró dos factores:

- Caudal procedente de la plataforma de la carretera (calzada).
- Caudal procedente de los taludes superiores (áreas colindantes).

La sumatoria de ambos caudales sirvió para calcular el caudal de diseño para las cunetas.

Para la determinación del caudal de aporte hacia la cuneta, se consideró la precipitación máxima diaria, registrada en las estaciones correspondientes para un período de retorno de 30 años. El caudal procedente por parte de la calzada fue casi insignificante, por lo que el caudal procedente de los taludes es el que gobierna, no obstante, se tomó en consideración ambos caudales. Existieron algunos cauces donde el caudal fue demasiado bajo, por lo que se optó en unirlos mediante la misma cuneta con otro caudal de cauces colindantes, y se verificó que el caudal de aporte sea menor al del diseño, cumpliendo satisfactoriamente en todos los procesos idénticos que se realizaron.

10.2.3. Cálculo del caudal de cunetas y comprobación de dimensiones

Para determinar dicho cálculo se trabajó con dos áreas tributarias una proporcionada por la microcuenca la cual se calculó mediante el método racional tal como recomienda el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC y la otra área tributaria correspondiente al ancho de la plataforma (longitud de cuneta). El método racional es utilizado para calcular el caudal máximo para áreas menores a 10 km², por lo que las microcuencas analizadas cumplieron con dicho parámetro. El valor de las áreas de las microcuencas se obtuvo de los planos de Localización de Microcuencas en Auto CAD y la intensidad con la que se trabajó fue la calculada en el capítulo de Estudio Hidrológico, la cual es de 9.48 mm/h en cunetas y de 9.87 mm/h en alcantarillas. Las microcuencas presentes a lo largo de la vía en estudio son zonas donde no existe o es casi nula la presencia de vegetación ligera, por lo que el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, recomienda que, en zonas de tipo de suelos semipermeables, se debe hacer uso de un Coeficiente de escorrentía de 0.70 para una pendiente de terreno mayor a 50%, sin vegetación y de 0.15 para la superficie de afirmado (Cuadro 87 y 88). El área tributaria para la carpeta de rodadura se obtiene de multiplicar la longitud que va a abarcar la cuneta por la mitad de la plataforma es decir 3.50 metros incluyendo la berma. El caudal de aporte que recibieron las cunetas se calculó a partir de la siguiente fórmula:

Fórmula 25: Determinación del caudal de aporte

$$Q = C. I. A. / 3.6$$

Dónde:

Q: Caudal en m³/s.

C: Coeficiente de escurrimiento de la cuenca.

A: Área aportante en km^2 .

I: Intensidad de lluvia de diseño en mm/hora, para 60 minutos.

Como datos adicionales para el diseño se tuvo en cuenta el ancho de la calzada y el de la berma, dando una longitud total de siete metros, de los cuales solo la mitad fue el que aportó el caudal a la cuneta adyacente al talud de corte. (Anexo 13: Cálculo de Diseño de Caudales para Cunetas),

A lo largo de la carretera en estudio existen tramos en donde los cauces de las quebradas son recibidos por las alcantarillas de paso debido a la orografía que presenta el terreno, por lo que la presencia de cunetas sería evitable, ya que el cauce natural discurrirá por lugares puntuales, como por ejemplo desde el km 19+540 al km 20+330 donde se presenta este caso explicado; también existen tramos cuyas microcuencas adyacentes a la vía en estudio poseen una área reducida y llenas de cultivo (km 19+200 al km 19+500), por lo que poseen caudales demasiados pequeños y donde no se necesita la disposición de cunetas. En los planos de planta – perfil se podrá apreciar la ubicación de las cunetas y de las alcantarillas (Planos: Planta – Perfil, PP-01, PP-02, PP-03, PP-04, PP-05).

Por otra parte, el coeficiente de escorrentía para la superficie del afirmado se utilizó el valor de 0.15, estos coeficientes de escorrentía se obtuvieron de las siguientes tablas:

Cuadro 87: Coeficientes de escorrentía para el método racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

Cuadro 88: Coeficientes de escorrentía en tipo de superficie

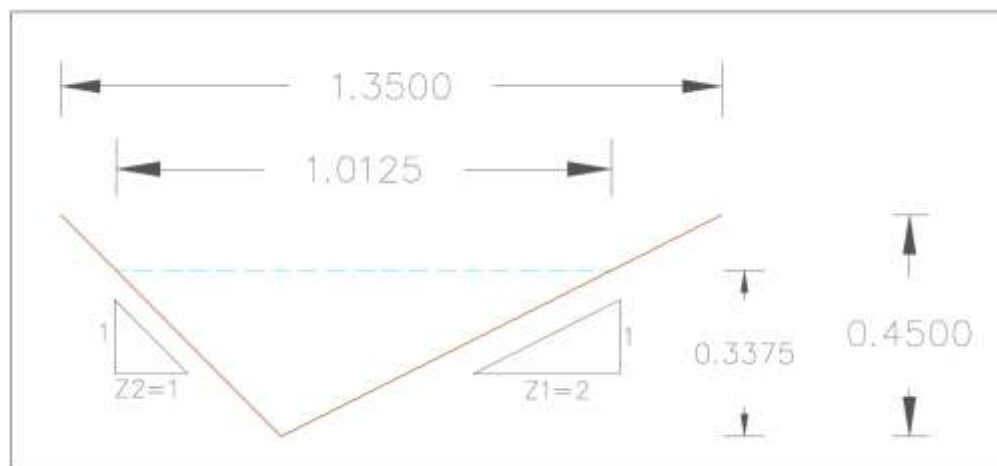
Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía
Pavimentos de hormigón y bituminosos	0,70 a 0,95
Pavimentos de macadam	0,25 a 0,60
Adoquinados	0,50 a 0,70
Superficie de grava	0,15 a 0,30
Zonas arboladas y bosque	0,10 a 0,20
Zonas con vegetación densa:	
Terrenos granulares	0,05 a 0,35
Terrenos arcillosos	0,15 a 0,50
Zonas con vegetación media:	
Terrenos granulares	0,10 a 0,50
Terrenos arcillosos	0,30 a 0,75
Tierra sin vegetación	0,20 a 0,80
Zonas cultivadas	0,20 a 0,40

Fuente: Instrucción de Carreteras 5.1-IC, Drenaje.

10.2.4. Comprobación de dimensiones mínimas

Después de realizar los cálculos, se obtuvieron las siguientes dimensiones.

Figura 41: Sección de cuneta



Fuente: Elaboración Propia.

Utilizando las fórmulas hidráulicas para una sección transversal triangular, y también la fórmula de Manning, se realizó el cálculo del diseño tanto para la pendiente mínima (0.5%) como para la pendiente máxima (11%) de la cuneta.

Los resultados se expresan en el cuadro siguiente:

Cuadro 89: Verificación de dimensiones de las Cunetas

Relaciones geométricas									Tipo de superficie		Ecuación de Manning		Máximo aporte	
Sección	Tirante	Talud de canal		Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Espejo de agua (m)	Borde libre (m)	Altura (m)	Rugosidad	Pend. (min/máx.)	Velocidad(m/s)	Caudal(m3/s)	Caudal(m3/s)
Triangular	Y	Z1	Z2	A	P	R	T	B	H	n	S	V	Q	Q
	0.3375	2	1	0.1709	1.2320	0.1387	1.0125	0.1125	0.45	0.027	0.005	0.7017	0.1199	0.0856
	0.3375	2	1	0.1709	1.2320	0.1387	1.0125	0.1125	0.45	0.027	0.11	3.2912	0.5623	0.0856

Fuente: Elaboración Propia.



Análisis del diseño:

Verificación de Caudales:

Pendiente	Q_{Manning}	>	Q_{aporte}
0.5%	0.11989 m ³ /s	>	0.08563 m ³ /s OK
11%	0.56234 m ³ /s	>	0.08563 m ³ /s OK

El caudal de diseño es aquel mediante el cual puede trabajar la cuneta sin ningún problema con las dimensiones con la que fue diseñada, mientras que el caudal de aporte es aquel que proviene de la captación de agua de la calzada como el del talud, donde este debe ser menor para que no haya ningún contratiempo en el diseño.

Verificación de Velocidades:

Pendiente	V_{Manning}	<	$V_{\text{máxima admisible}}$
0.5%	0.70169 m/s	<	3.5 m/s OK
11%	3.29123 m/s	<	3.5 m/s OK

Las velocidades del caudal del agua no excedieron de los límites fijados en el Cuadro 84, cabe resaltar que se utilizará como tipo de superficie mampostería y rocas duras, las cuales tienen un rango de velocidad máxima de 3.00 a 4.50 m/s.

Por otra parte, el valor del coeficiente de rugosidad del terreno se escogió mediante la siguiente tabla:

Cuadro 90: Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)

TIPO DE CANAL			MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
C. EXCAVADO		a. Tierra, recto y uniforme	0.016	0.018	0.020
		nuevo	0.022	0.025	0.030
		grava	0.022	0.027	0.033
		con algo de vegetación			
		b. Tierra, sinuoso	0.023	0.025	0.030
		sin vegetación	0.025	0.030	0.033
		con malezas y pasto	0.030	0.035	0.040
		maleza tupida, plantas	0.025	0.035	0.040
		fondo pedregoso - malezas.			
		c. Roca	0.025	0.035	0.040
		suave y uniforme	0.035	0.040	0.050
		irregular			
		d. Canales sin mantención	0.050	0.080	0.120
		maleza tupida	0.040	0.050	0.080
		Fondo limpio, bordes con vegetación			

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC.

10.3. Alcantarillas

La descarga de agua de las cunetas se efectuó por medio de alcantarillas de alivio (desagüe de la cuneta), las cuales tienen como función drenar las aguas de las cunetas distanciadas cada 250 m. A lo largo del trazo en estudio también se diseñaron alcantarillas de paso, en las quebradas donde el caudal fue mucho mayor que el recibido por las cunetas.

Se proyectaron 10 alcantarillas de alivio que servirán para eliminar el agua derivado de las cunetas y doce alcantarillas de paso a lo largo de la carretera para descargar el agua proveniente de las quebradas. Las progresivas para las alcantarillas de alivio y de paso se muestran a continuación:

Cuadro 91: Ubicación de las alcantarillas de alivio

Alcantarilla de alivio			
N°	Progresiva	N°	Progresiva
1	18+100	6	21+560
2	18+790	7	21+880
3	19+150	8	22+150
4	20+485	9	22+330
5	21+225	10	22+560

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 92: Ubicación de las alcantarillas de paso

Alcantarilla de Paso			
N°	Progresiva	N°	Progresiva
1	18+320	7	20+075
2	18+620	8	20+170
3	19+060	9	20+330
4	19+540	10	20+635
5	19+700	11	20+960
6	19+770	12	22+850

Fuente: Elaboración propia.

10.3.1. Tipo y sección

Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas en proyectos de carreteras en nuestro país son: marco de concreto, tuberías metálicas corrugadas, tuberías de concreto y tuberías de polietileno de alta densidad.

En este estudio se utilizaron alcantarillas de acero corrugado tipo TMC de sección circular por la eficiencia en el drenaje de las aguas pluviales, buen comportamiento estructural y facilidad constructiva que poseen. La altura de relleno mínimo para las alcantarillas fue de 0.30 m de acuerdo con las especificaciones técnicas de las alcantarillas TMC Minimultiplate SPMP68. Se muestra a continuación los diámetros comerciales de tubos de alcantarillado con sus especificaciones según SIDERPERU.

Cuadro 93: Diámetros comerciales y especificaciones

LUZ (m)	ÁREA (m ²)	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m)	ALTURA DE RELLENO	
				MÍNIMO (m)	MÁXIMO (m)
0.6	0.28	1.8	36.98	0.3	26
0.9	0.64	2.0	56.14	0.3	19
1.2	1.13	2.5	90.96	0.3	18
1.5	1.77	3.0	133.6	0.3	17.5
1.8	2.54	3.3	175.0	0.3	16

Fuente: SIDERPERU.

La representación gráfica de la caja de toma y las alcantarillas con sus distintos diámetros y especificaciones técnicas serán mostradas en los Planos: Obras de Arte y Drenaje, OAD-01, OAD-02, OAD-03, OAD-04, OAD-05.

10.3.2. Caudal de aporte mediante el cálculo hidráulico

El caudal de aporte para las alcantarillas de alivio proviene de las cunetas, en puntos de valle del perfil longitudinal de la vía, se colocaron sumideros (km 20+485, km 21+225, km 21+560 y 22+560), para que posteriormente el agua sea eliminada mediante dichas alcantarillas.

Para las alcantarillas de paso, el caudal de aporte dependió del área de las microcuencas, el coeficiente de escorrentía y de la intensidad.

10.3.3. Comprobación de diámetro de las alcantarillas de paso y de alivio

Se utilizó la fórmula de Robert Manning para tuberías parcialmente llenas, para el cálculo de la velocidad del flujo y caudal de la tubería.

Cálculo del Diámetro de la alcantarilla:

1.- Considerando borde libre de 25%, tal como aconseja el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC se toma la siguiente relación.

$$\frac{Y}{D} = 0.75$$

$$Y = 0.75 * D$$

2.- Con $Y = 0.75 * D$, en:

Según Máximo Villon en su libro titulado “Hidráulica de canales”, existe una serie de relaciones entre tirante y diámetro para conductos circulares parcialmente llenos, entre la cual se encuentra la relación de 0.75, con esta característica, se calculó otros valores como son:

$$\frac{R}{D} = 0.302$$

$$D = 3.3145 * R$$

$$\frac{A}{D^2} = 0.6318$$

$$A = 0.6318 * D^2$$

Reemplazando

$$A = 6.9409 * R^2$$

Usando la fórmula de Robert Manning se calculó el caudal:

Fórmula 26: Cálculo de caudal por Manning

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

S=3%

n=0.024 (metal corrugado)

Debido a que se utilizó 4 tipos de diámetro para las alcantarillas, se procede a calcular el caudal de diseño para cada una, como se muestra a continuación.

Usando la relación de radio y de área, se continúa con reemplazar:

Cuadro 94: Cálculo de la velocidad y caudal para distintos diámetros

Parámetros	Diámetros comerciales (m)			
	d=0.6	d=0.9	d=1.2	d=1.5
R=0.302*d	0.1812	0.2720	0.3624	0.4530
A=6.9411* R ²	0.2279	0.5128	0.9160	1.4243
Caudal (m ³ /s)	0.527	1.553	3.344	6.063
Velocidad (m/s)	2.311	3.028	3.668	4.257

Fuente: Elaboración Propia.

El caudal fue hallado mediante la fórmula de Manning, para cada caudal de diseño se comprobó que este fuera mayor al caudal de aporte, para que no existan problemas en la capacidad de la alcantarilla.

Seguidamente se presenta la comprobación de que el caudal de diseño es mayor del caudal de aporte para cada diámetro de alcantarilla.

Cuadro 95: Comparación del caudal de diseño y caudal de aporte

Diámetro Comercial (m)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Caudal de aporte (m ³ /s)
1.5	6.063	5.953
1.2	3.344	2.489
0.9	1.134	0.772
0.6	0.527	0.210

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede notar el caudal de diseño es mayor que el de aporte, por lo que se infiere que las alcantarillas cumplen con el diseño; haciendo una acotación para el diámetro de 1.5 m, puesto que en la alcantarilla N°12 se colocó una múltiple de 3 tubos, debido a que el caudal es fuerte en esa quebrada, y un solo tubo no soportaría dicho caudal.

La velocidad del caudal de aporte no debe ser mayor a la velocidad máxima para que no cause problemas de erosión o altere al tubo; se muestra a continuación el comparativo de ambas velocidades.

Cuadro 96: Comparación de la velocidad de diseño y la velocidad máxima

Diámetro Comercial (m)	Velocidad (m/s)	Velocidad máxima para polietileno de alta densidad (m/s)
1.500	4.257	5.000
1.200	3.668	5.000
0.900	2.800	5.000
0.600	2.311	5.000

Fuente: Elaboración Propia.

La velocidad máxima a la que puede trabajar la tubería de alcantarillado sin sufrir algún deterioro es de 5 m/s; se comprueba que las velocidades reales con la que discurrirán los líquidos que son las presentadas en el cuadro anterior, se encuentran dentro del rango de no sufrir daño alguno; a continuación, se adjunta la tabla de máximas velocidades de acuerdo con el tipo de material de la tubería.

Cuadro 97: Velocidad máxima permisible

Tipo de tubería	Velocidad máxima, m/s
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 61 cm diámetro o mayores	3.5
Fibrocemento	5.0
Poli (cloruro de vinilo) PVC	5.0
Polietileno de alta densidad	5.0

Fuente: Deslizamiento. Tomo I: Análisis Geotécnico. *Suarez, J. (s.f.)*

XI. PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE OBRA

11.1. Presupuesto de obra

Para determinar el Presupuesto del “Diseño integral para el mejoramiento a nivel de afirmado de la vía vecinal MO-512, tramo Talahuayo – Vinomore del km 18+000 al km 23+000, distrito de la Capilla, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua, 2019”, se consideró el Resumen de Metrados, el Análisis de Precios Unitarios y la Relación de Insumos, lo que fue calculado con Microsoft Excel y en el programa S10.

11.1.1. Resumen de metrados

El presente esta mencionado en el anexo 14.

11.1.2. Cálculo de partida del costo de campamento de obra /guardianía y/o depósito

Ubicación	Costo campamento estimado S/	N.º de meses	Costo total S/
Campamento, almacén, etc.	1,250.00	6.00	7,500.00
Guardianía Canteras (casetas)	1,000.00	6.00	6,000.00
			13,500.00

11.1.3. Cálculo de partida de costo de movilización y desmovilización

Maquinaria transportada por sus propios medios				
Equipo	Costo Hora S/	Cantidad	Total horas 3 h/día	Costo total S/
02 camión cisterna 4x2 (agua) 2,000 gal.	115.60	2	3.00	693.60
04 camión volquete 6x4, 330HP 15 m ³	213.20	4	3.00	2,558.40
01 camioneta cabina simple Pick Up	59.40	1	3.00	178.20
			9.00	3,430.20

Maquinaria transportada por semitrayler 6x4, 330 HP, 35 ton			
Equipo	Costo Hora Plataforma	Total horas Plataforma	Costo total Plataforma S/
01 cargador sobre llantas de 160-195 hp 3.5 yd ³	260.80	4.00	1,043.20
01 cargador sobre/orugas 245 hp 4.0-6.0 yd ³	260.80	4.00	1,043.20
01 motoniveladora de 145-150 hp	260.80	4.00	1,043.20
01 rodillo liso vibratorio autopropulsado 101 - 135 HP 10-12 ton	260.80	4.00	1,043.20
01 tractor sobre oruga 190 - 240 hp	260.80	4.00	1,043.20
		20.00	5,216.00
Movilización (S/)		8,646.20	
Desmovilización (S/)		8,646.20	
Total (S/)		17,292.40	

11.1.4. Topografía y georreferenciación

Tramo	Descripción	Km	Km	Longitud (m)	Área (m2)
Tramo 1	Perfilado de la superficie con aporte de material	0+000.00	5+000.00	5,000.00	25,000.00
				5,000.00	25,000.00

11.1.5. Movimiento de Tierras

Corte en material en suelo			
Tramo		Longitud (km)	Volumen (m3)
Km	Km		
0+000.00	5+000.00	5.00	66,604.59

Corte en material suelo				
Tramo		Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m2)
Km	Km			
0+020.00	0+400.00	380.00	7.00	2,660.00
0+440.00	0+480.00	40.00	7.00	280.00
0+640.00	0+910.00	270.00	7.00	1,890.00
0+960.00	1+280.00	320.00	7.00	2,240.00
1+300.00	1+420.00	120.00	7.00	840.00
1+480.00	1+759.98	279.98	7.00	1,959.86
1+780.00	2+070.00	290.00	7.00	2,030.00
2+110.00	2+300.00	190.00	7.00	1,330.00
2+480.00	2+999.24	519.24	7.00	3,634.68
2+107.47	2+273.21	165.74	7.00	1,160.18
3+310.00	3+990.00	680.00	7.00	4,760.00
4+160.00	4+226.10	66.10	7.00	462.70
4+280.00	4+760.00	480.00	7.00	3,360.00
4+785.84	5+000.00	214.16	7.00	1,499.12
Total (m2)				28,106.54

Préstamo de excedentes de corte			
Carguío			
Volumen de corte (m3)		Volumen de relleno (m3)	Volumen de carguío (m3)
66,604.59		70,094.63	66,604.59
Perfilado y compactado en zona de terraplén			
Tramo		Longitud (km)	Volumen (m3)
km	km		
0+000.00	5+000.00	5.00	70,094.63

Tramos	Progresivas		Longitud (m)	Volumen (m3)	Esponjamiento 15 %	Volumen total (m3)
	km	km				
Tramo 1	4+040	4+140	100.00	3,490.04	523.51	4,013.55
Tramo 2	4+220	4+260	40.00			
			260.00			4,013.55

11.1.6. Conservación de Calzada en afirmado

11.1.6.1. Perfilado de la superficie con aporte de material

Tramos	Progresivas		Longitud (m)	Ancho promedio (m)	Área longitudinal (m2)	Área S.A. curvas (m2)	Área total (m2)	Espesor (m)	Volumen (m3)
	km	km							
Tramo 1	0+000	3+680	3,679.82	7.00	25,758.74	2126.151	27,884.89	0.15	3,863.81
Tramo 2	3+680	5+000	1,320.18	7.00	9,241.26	894.857	10,136.12	0.15	1,386.19
			5,000.00				38,021.01		5,250.00

Tramo 1	Actividad	Unidad	Volumen compactado	Esponjamiento 20 %	Rendimiento cantera 80 %	Total (m3)
	Extracción y Apilamiento en cantera	m3	3,863.81	965.95	1,207.44	6,037.20
	Zarandeo y Selección de Material	m3	3,863.81	965.95	1,207.44	6,037.20
	Carguío	m3	3,863.81	965.95		4,829.76
	Transporte de Afirmado	m3	3,863.81	965.95		4,829.76
	Extendido y compactado	m2	27,884.89			27,884.89
	Riego	m3	386.38			386.38

	Actividad	Und.	Volumen compactado	Esponjamiento 20 %	Rendimiento cantera 80 %	Total (m3)
Tramo 2	Extracción y Apilamiento en cantera	m3	1,386.19	346.55	433.18	2,165.92
	Zarandeo y Selección de Material	m3	1,386.19	346.55	433.18	2,165.92
	Carguío	m3	1,386.19	346.55		1,732.74
	Transporte de Afirmado	m3	1,386.19	346.55		1,732.74
	Extendido y compactado	m2	10,136.12			10,136.12
	Riego	m3	138.62			138.62

Cantidades totales		
Actividad	Unidad	Total (m3)
Extracción y Apilamiento en cantera	m3	8,203.13
Zarandeo y Selección de Material	m3	8,203.13
Carguío	m3	6,562.50
Transporte de Afirmado	m3	6,562.50
Extendido y compactado	m2	38,021.01
Riego	m3	525.00

11.1.7. Conservación de drenaje superficial

El metrado para las obras de arte se mostrará detalladamente en el Anexo 16.

11.1.7.1. Tubería metálica corrugada circular

Diámetro (pulgada)	Progresiva (km)	Longitud de la tubería (m)
24"	18+100	8.00
24"	18+320	11.46
24"	18+620	11.61
24"	19+700	12.71
24"	19+770	11.61
24"	20+075	18.99
24"	20+170	16.47
24"	20+485	8.00
24"	20+960	11.61
24"	18+790	11.46
24"	19+150	13.71
24"	21+225	8.00
24"	21+560	8.00
24"	21+880	10.85
24"	22+150	11.46
24"	22+330	10.62
24"	22+560	8.00
36"	19+060	14.13
36"	20+330	14.13
36"	20+635	14.13
48"	19+540	14.78
60"	22+850	14.15

Diámetro (pulgada)	Longitud total de la tubería (m)
24"	215.53
36"	42.40
48"	14.88
60"	14.15

11.1.8. Extracción de agregados para el concreto-obras de arte

Tramos	Progresivas		Volumen Emboquillado f'c175+30%pm	Volumen de concreto f'c 175	Total	Arena Gruesa	Piedra de 3/4"	Agua
	km	km						
Tramo 1	0+000	3+680	89.66	59.62	149.28	73.15	91.06	27.47
Tramo 2	3+680	5+000	32.98	36.90	69.88	34.24	42.63	12.86
						107.39	133.69	40.33

Arena Gruesa								
Tramo 1	Actividad arena gruesa C. Challahuayo	Und.	Vol. compactado	Esponj. 20 %	Rendimi. cantera 42.9 %	Total (m3)	Porcenta. de uso C- 1 según la DM	Total de uso por m3
	Extracción y Apilamiento en cantera	m3	1.00	0.25	1.66	2.91	68.12%	1.98
	Zarandeo y Selección de Material	m3	1.00	0.25	1.66	2.91	68.12%	1.98
	Carguío	m3	1.00	0.25		1.25	68.12%	0.85
	Transporte de Afirmado	m3	1.00	0.25		1.25	68.12%	0.85

Arena Gruesa								
Tramo 2	Actividad arena gruesa C. Vinomore	Und.	Vol. compactado	Esponj. 20 %	Rendimi. cantera 57.3 %	Total (m3)	Porcenta. de uso C- 2 según la DM	Total de uso por m3
	Extracción y Apilamiento en cantera	m3	1.00	0.25	0.93	2.18	31.88%	0.70
	Zarandeo y Selección de Material	m3	1.00	0.25	0.93	2.18	31.88%	0.70
	Carguío	m3	1.00	0.25		1.25	31.88%	0.40
	Transporte de Afirmado	m3	1.00	0.25		1.25	31.88%	0.40

Actividad arena gruesa C.Challahuayo y C.Vinomore	Unidad	Cantidad total m3
Extracción y Apilamiento en cantera	m3	2.68
Zarandeo y Selección de Material	m3	2.68
Carguío	m3	1.25
Transporte de Afirmado	m3	1.25

Piedra de 3/4"								
Tramo 1	Actividad piedra de 3/4" C. Challahuayo	Und.	Vol. compac tado	Esponj. 30%	Rendimi. cantera 22.3 %	Total m3	Porcenta. de uso C- 1 según la DM	Total de uso por m3
	Extracción y apilamiento en cantera	m3	1.00	0.43	4.98	6.41	68.12%	4.36
	Zarandeo y selección de material	m3	1.00	0.43	4.98	6.41	68.12%	4.36
	Carguío	m3	1.00	0.43		1.43	68.12%	0.97
	Transporte de afirmado	m3	1.00	0.43		1.43	68.12%	0.97

Piedra de 3/4"								
Tramo 2	Actividad piedra de 3/4" C. Vinomore	Und.	Vol. compac tado	Esponj. 30%	Rendimi. cantera 22.8 %	Total m3	Porcenta. de uso C- 2 según la DM	Total de uso por m3
	Extracción y Apilamiento en cantera	m3	1.00	0.43	4.84	6.27	31.88%	2.00
	Zarandeo y Selección de Material	m3	1.00	0.43	4.84	6.27	31.88%	2.00
	Carguío	m3	1.00	0.43		1.43	31.88%	0.46
	Transporte de Afirmado	m3	1.00	0.43		1.43	31.88%	0.46

Actividad piedra de ¾" C.Challahuayo y C.Vinomore	Unidad	Cantidad total m3
Extracción y Apilamiento en cantera	m3	6.361
Zarandeo y Selección de Material	m3	6.361
Carguío	m3	1.429
Transporte de Afirmado	m3	1.429

11.1.9. Cálculo de flete terrestre para transporte de materiales de peso

Cálculo de Peso					
Ítem	Descripción de materiales	Unidad	Cantidad	Peso Unitario	Total (kg)
1	Acero, clavos, alambre, etc.	kg	320.85	1.00	320.850
2	Varillas de acero	kg	29.39	1.00	29.390
3	Yeso de 28 kg	kg	0.25	1.00	0.250
4	Tubería metálica corrugada circular	kg	13,539.62	1.00	13,539.619
5	Cemento	bol	1,853.51	42.50	78,774.175
6	Madera tornillo	p2	1,317.65	1.50	1,976.475
7	Otros	kg	15,000.00	1.00	15,000.000
					109,640.759

Capacidad de Camión (ton)	20.00

Cálculo del Tiempo de Movilización					
Descripción		Tipo de Vía	Long. (Km)	Velocidad (Km/h)	Tiempo(h)
Arequipa	Distrito de la Capilla, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua	Afirmado	117.60	40.00	2.94
		más 1/2 hora por carguío			3.44

Número de Camiones	6.00
Costo de Alquiler/hora por Camión	213.20
Costo de Movilización y Desmovilización en peso	4,400.45

11.1.10. Conservación de postes de kilometraje

Ubicación	N° Poste
Km 18+000	1
Km 19+000	2
Km 20+000	3
Km 21+000	4
Km 22+000	5
Km 23+000	6

11.1.11. Programa de prevención y/o mitigación

11.1.11.1. Manejo de residuos sólidos y líquidos

Descripción	Unidad	Costo S/	Cantidad	Costo Total S/
Tachos x 140 litros (Disposición de recipientes)	unidad	40.00	22.00	880.00
Eliminación de residuos	mes	160.00	6.00	960.00
TOTAL			S/	1,840.00

11.1.11.2. Señalización ambiental y seguridad laboral

Descripción	Unidad	Precio	Cantidad	# cambios	Total
Casco 3M	unidad	25.00	28.00	3.00	2,100.00
Bota master c/pta acero T 39	par	51.40	28.00	2.00	2,878.40
Overol drill reflect. Naranj.	unidad	45.00	28.00	3.00	3,780.00
Chaleco de malla reflectante	unidad	7.00	28.00	3.00	588.00
Arnés 3 argollas redline	unidad	156.90	0.00	0.00	0.00
Lente oscuro antiempañante	unidad	10.90	28.00	3.00	915.60
Respirador 2 vías redline	unidad	10.90	28.00	3.00	915.60
Cartucho para Vo/Ga north	unidad	29.90	28.00	3.00	2,511.60
Tapón libus (oídos) en bolsa pack 6	bol	5.00	28.00	3.00	420.00
Guante cuero reforzado	par	8.90	11.00	3.00	293.70
Guante master nit. Ind 320 l	par	10.20	17.00	3.00	520.20
Otros	glb				271.58
					15,194.68

Equipo de seguridad vial				
Descripción	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Extintor de CO2, 2 kg acero	unidad	129.90	2.00	259.80
Cono p/trafico 28" c/cinta	unidad	29.90	8.00	239.20
Rollo cinta señalización 200 m	unidad	24.90	3.00	74.70
Cinta peligro rojo 5 kg.	unidad	73.90	3.00	221.70
Paleta señalización pare / siga	unidad	20.00	4.00	80.00
Poste señalización 1.27 m.	unidad	94.90	4.00	379.60
Soga nylon de 1/2"	m	5.90	40.00	236.00
				1,491.00

Descripción	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Sticker seguridad (salida, abajo, zona peligrosa, etc)	unidad	3.00	50	150.00
Letreros de seguridad	unidad	50.00	5.00	250.00
				400.00

Costo Total (S/)	17,085.68

11.1.12. Programa de contingencias

11.1.12.1. Programa de contingencias

Descripción	Und.	Metrado	Costo Unitario (S/)	Costo Total S/
Camioneta Pick Up	(*)			
Personal de emergencia	(**)			
Equipo de radio y comunicaciones	Global	1.00	1,000.00	1,000.00
Equipo de emergencia	Global	1.00	1,000.00	1,000.00
Total			S/.	2,000.00

(*) Se designará un vehículo en cada obra para que sea utilizado en caso de emergencias

(**) El personal de emergencia será el mismo personal de obra, para lo cual será debidamente capacitado.

11.1.13. Programa de abandono de obra

11.1.13.1. Recuperación ambiental de áreas afectadas

Lugares de recuperación	Unidad	Áreas afectadas
Canteras de afirmado	ha	0.05
Patio de maquinarias (talleres)	ha	0.03
Total		0.06

11.1.14. Presupuesto COVID-19

Descripción	Unidad	Precio	Cantidad	Total
Alcohol 96°	litros	13.00	0.53	6.93
Alcohol en gel antibacterial por 1 litro	litros	18.00	1.00	18.00
Amonio cuaternario	litros	40.00	0.27	10.67
Bolsas plásticas de basura	paquete	75.00	0.07	5.00
Bolsas biodegradables de color rojo	paquete	75.00	0.07	5.00
Paños desinfectantes tipo Virutex clorox	paquete	22.00	0.20	4.40
Paño multiuso amarillo Virutex	paquete	20.00	0.20	4.00
Detergente 4,5 kg	paquete	50.00	0.07	3.33
Jabón líquido	galones	15.00	0.13	2.00
Dispensador de jabón líquido	unidades	5.00	0.40	2.00
Dispensador de alcohol en gel	unidades	4.00	0.40	1.60
Dispensador de alcohol en gel personal	unidades	3.00	1.33	4.00
Atomizador de alcohol	unidades	5.00	1.33	6.67
Legía por galón	galones	12.50	0.13	1.67
Moto fumigadora	unidades	450.00	0.07	30.00
Papel toalla	unidades	22.00	0.80	17.60
Pediluvio de caucho	unidades	35.00	0.40	14.00
Prueba rápida covid-19	unidades	90.00	1.33	120.00
Pulverizador manual	unidades	30.00	0.13	4.00
Termómetro infrarrojo o lase	unidades	140.00	0.07	9.33
Oxímetro	unidades	80.00	0.07	5.33
Mascarillas KN95	unidades	50.00	0.13	6.67
Mascarilla comunitaria	unidades	10.00	2.00	20.00
Guantes de látex	paquete	40.00	0.07	2.67
Guantes de nitrilo	paquete	90.00	0.07	6.00
Careta facial	unidades	25.00	1.33	33.33
				344.20

Cantidad por persona	
Cantidad de insumos por persona al mes	344.20
Cantidad de personal al mes	28
Costo por mes	9637.6

11.1.15. Datos básicos de ingeniería

11.1.15.1. Cálculo de la distancia media de transporte para terraplén

Terraplén		Área de influencia			C.G. (km)	(m-km)
Ubicación	Acceso (km)	Inicio	Final	Longitud (m)		
23 + 000	0.72	22 + 040	22 + 140	100.00	1.63	163.00
		22 + 220	22 + 260	40.00	1.48	59.20
Totales				140.00		222.20
Distancia media de transporte (km)						1.60

11.1.15.2. Cálculo de rendimientos en el transporte para terraplén

Transporte de material para terraplén			
Unidad	m3		
Rendimiento	261 m3/día		
Datos generales			
Velocidad Cargado		20.00	km/h
Velocidad Descargado		30.00	km/h
Tiempo de carga		9.00	min
Tiempo de descarga		2.00	min
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	3.00 x d	
Tiempo de Viaje descargado	(Td)	2.00 x d	
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00	m3
Distancia de transporte		1.60	km
Cálculo de rendimientos			
Tiempo Útil: 8 h x 80%	(b)	384	min
Tiempo de Ciclo del Volquete	Tciclo = Tc+Td	5.00 x d	
Para d = 1.60 Km, Ciclo	(c)	19.00	min
Número de ciclos	(d) = (b) / (c)	20	
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	300.00	m3/día
Rendimiento para una distancia d			
		1.60	km
Esponjamiento del Material			
		15.00%	
Rendimiento = (e) / Esponjamiento		261.00	m3/día

11.1.15.3. Cálculo de la distancia media de transporte de afirmado

Afirmado		Área de influencia			C.G. (km)	(m-km)
Ubicación	Acceso (km)	Inicio	Final	Longitud (m)		
19 + 640	0.18	18 + 000	21 + 680	3,679.82	0.38	1,394.65
23 + 000	0.72	21 + 680	23 + 000	1,320.18	1.38	1,821.85
Totales				5,000.00		3,216.50
Distancia media de transporte (km)						0.60

11.1.15.4. Cálculo de rendimientos para el transporte de afirmado

Transporte de afirmado			
Unidad	m3		
Rendimiento	352 m3/día		
Datos generales			
Velocidad Cargado		20.00	km/h
Velocidad Descargado		30.00	km/h
Tiempo de carga		9.00	min
Tiempo de descarga		2.00	min
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	3.00 x d	
Tiempo de Viaje descargado	(Td)	2.00 x d	
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00	m3
Distancia de transporte		0.60	km
Cálculo de rendimientos			
Tiempo Útil: 8 h x 80%	(b)	384	min
Tiempo de Ciclo del Volquete	Tciclo = Tc+Td	5.00 x d	
Para d = 0.60 Km, Ciclo	(c)	14.00	min
Número de ciclos	(d) = (b) / (c)	27	
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	405.00	m3/día
Rendimiento para una distancia d		0.60	km
Esponjamiento del Material		15.00%	
Rendimiento = (e) / Esponjamiento		352.00	m3/día

11.1.15.5. Cálculo de la distancia media de transporte de agua

Fuente de agua		Área de influencia			C.G. (km)	(m-km)
Ubicación	Acceso (km)	Inicio	Final	Longitud (m)		
18 + 160	0.03	0 + 000	0 + 160	160.00	0.11	17.28
		0 + 160	5 + 000	4,840.00	2.45	11,848.32
Total				5,000.00		11,865.60
Distancia media de transporte (km)						2.40

11.1.15.6. Cálculo de rendimientos para el transporte de agua

Transporte de agua			
Unidad	m3		
Rendimiento	76 m3/día		
Datos generales			
Velocidad Cargado		20.00	km/h
Velocidad Descargado		30.00	km/h
Tiempo de carga		10.00	min
Tiempo de descarga		15.00	min
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	3.00 x d	
Tiempo de Viaje descargado	(Td)	2.00 x d	
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	2000.00	gln
Distancia de transporte		2.40	km
Cálculo de rendimientos			
Tiempo Útil: 8 h x 80%	(b)	384	min
Tiempo de Ciclo del Volquete	Tciclo = Tc+Td	5.00 x d	
Para d = 2.40 Km, Ciclo	(c)	37.00	min
Número de ciclos	(d) = (b) / (c)	10	
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	75.71	m3/día

11.1.16. Presupuesto General

Es el valor económico de la obra, estructurado por partidas con sus respectivos metrados y análisis de costos unitarios. En el Anexo 17, se presenta dicho presupuesto.

11.1.17. Análisis de Costos Unitarios

Los análisis de costos unitarios se presentarán en el Anexo 18.

11.1.18. Relación de insumos

La lista de insumos necesarios para este estudio se muestra en el Anexo 19.

11.2. Programación de obra

Se utilizó el programa MS Project para la realización de dicha programación. En el anexo 20 se muestra la programación de obra de la vía en estudio.

XII. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño integral a nivel afirmado entre los anexos de Talahuayo y Vinomore en el distrito de La Capilla, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, obteniendo resultados óptimos de los diferentes estudios realizados, por lo que la ejecución del proyecto garantizaría un mejoramiento en la vía vecinal MO-512 para una mejor transitabilidad.
- Se ejecutó el levantamiento topográfico mediante el dron PHANTOM 4 PRO, cumpliendo con todas las especificaciones y normativas que se debe tener en cuenta, obteniendo una precisión de 0.79 mm con 6 puntos de control ubicados a lo largo del tramo en estudio. La carretera en donde se desarrolló el proyecto, de acuerdo con el levantamiento topográfico, presenta una topografía accidentada con valores promedios de pendientes transversales entre 11 y 50% y pendientes longitudinales entre un 6-8%. El tramo en estudio se diseñó con una velocidad directriz de 30 km/h, con radio mínimo de 25 m, un ancho de calzada de 6 m, un bombeo de 3.0% y un peralte del 8% de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: DG-2018 del MTC.
- Se concluyó de acuerdo con el sistema SUCS que el tipo de suelo presente en la cantera de Challahuayo es de tipo SP y de la cantera de Vinomore es de tipo GP, asimismo el CBR del primero en mención fue de 113% y del segundo fue del 78%, ambos al 0.1"de penetración y al 100% de la M.D.S., por otra parte el suelo presente en ambas calicatas realizadas en la subrasante son de tipo SP-SC y presenta un CBR del 54% y 47% para la primera y segunda calicata ubicadas en el km 19+520 y km 22+030 respectivamente, ambos al 0.1"de penetración y al 95% de la M.D.S., por lo que el material de cantera seleccionado es óptimo para utilizarlo como afirmado, puesto que cumple con todas las especificaciones técnicas requeridas.

- La cantidad de vehículos que transitarán a lo largo de la vía para el año en el que iniciará el servicio, será de 35 vehículos ligeros y 18 vehículos pesados por día, estos resultados se basaron en criterios del tránsito actual, el incremento del tránsito y el tránsito futuro. El número de repeticiones de ejes equivalentes dio como resultado 72,102.438 EE, lo que representa que el tipo de tráfico pesado es del rango N.º 2 (T_{NP2}), determinando que el espesor adecuado para el diseño es de 15 cm.
- En los taludes de corte tanto para la metodología Fellenius como la de Bishop cumplieron con el indicador dado, mientras tanto en la zona de terraplén el FS fue menor a 1.5 en el análisis que comprendía mayor carga desestabilizadora, este valor crítico se dio en Fellenius, mas no en Bishop que si cumplió con el criterio, no obstante debido a que este último incluye adicionalmente el efecto de las fuerzas de interacción entre dovelas se consideraron estos valores como los datos a analizar, concluyendo que lo taludes cumplen con los parámetros disminuyendo el riesgo de inestabilidad.
- Se determinó la curva IDF para diferente periodo de retorno, donde se utilizaron dos distintas intensidades, tanto para alcantarillas como para cunetas, con la primera en mención se empleó una intensidad de 9.8699 mm/h y para las cunetas se aplicó una intensidad de 9.4798 mm/h, esta variación se debe a que ambos elementos trabajaron con distintos periodos de retorno, siendo de 35 años para alcantarillas y 30 años para las cunetas. Se evaluó las características físicas y geomorfológicas de las microcuencas presentes en la zona de estudio, siendo la microcuenca con mayor área la ubicada entre los km 22+825 y el km 22+850 en el margen izquierdo de la vía, con un área de 9.306 km² aproximadamente y la microcuenca con menor área está comprendida entre los km 21+840 y el km 21+880, siendo el área de 0.00122 km².

- Las dimensiones de las cunetas y alcantarillas se determinaron debido al estudio hidrológico e hidráulico, teniendo en las cunetas una dimensión homogénea de 0.45 x 1.35 m; y en las alcantarillas una dimensión que variará de acuerdo con el caudal aportado.
- El presupuesto total del diseño integral de la carretera en estudio para su mejoramiento es equivalente a S/ 2,217,914.52 el cual se ejecutará en un plazo de 180 días calendarios.



XIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar operaciones de conservación y mantenimiento rutinario de la carretera, así como las obras de arte y drenaje para garantizar su normal funcionamiento hidráulico y una mayor vida útil de la vía.
- Se aconseja que para proyectos viales se utilice para levantamiento topográfico el uso de dron con su respectivo GPS Diferencial, debido a que el tiempo de vuelo y procesamiento de datos es rápido, es decir se reduciría bastante tiempo a comparación de hacerlo con teodolito o estación total, además de obtener más información de la zona en estudio gracias a las ortofotos tomadas por el dron.
- Hacer uso adecuado de los Manuales y Normas Técnicas expedidas por MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), vigentes y aplicables a este tipo de carreteras.
- Utilizar como material de relleno al suelo proveniente del corte y que no tenga restos orgánicos. Se debe eliminar primero el material orgánico antes de colocar el relleno, debido a que este originaría problemas con el pasar del tiempo.
- Realizar una compactación adecuada en las capas escalonadas inferiores del terraplén, debido a que este proceso constructivo incrementará el factor de seguridad, evitando así que la zona de relleno se desestabilice.
- La calidad de los materiales a utilizar en la obra deberá ser controlado antes y durante la ejecución de la obra, de tal manera que cumplan estrictamente con las Especificaciones Técnicas del MTC.
- Ejecutar el proyecto en temporada de estiaje, es decir en ausencia de las lluvias en los meses de abril a noviembre.

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Aerial Insights (2020). *¿Qué es la fotogrametría con drones?* Recuperado de: <https://www.aerial-insights.co/blog/fotogrametria-con-drones/>

Agudelo, J. (2002), *“Diseño geométrico de vías ajustado al Manual Colombiano”*. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Vías y Transporte. Facultad de Minas Especialización Vías y Transporte, Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín. Medellín, Colombia.

Aguirre, J. (1974) *“Hidráulica de canales”*, Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras-CIDIA T, Mérida, Venezuela.

Alarcón, P. (2009), *“Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete-Yauyos - Huancayo del km. 162+300 al km. 162+600: Conservación, señalización y seguridad vial”*. Informe de suficiencia para optar el título profesional de: Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Alonso, P. (2006). *Cartografía y Geodesia. Sistemas de proyección. El Modelo Digital de Terreno (MDT)*. Recuperado de:

[https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node48.html#:~:text=Se%20denomina%20MDT%20al%20conjunto,Digital%20de%20Elevaciones%20\(MDE\).&text=Manipulaci%C3%B3n%20del%20MDE%20para%20obtener,orientaci%C3%B3n%2C%20curva%2C%20etc.\)](https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node48.html#:~:text=Se%20denomina%20MDT%20al%20conjunto,Digital%20de%20Elevaciones%20(MDE).&text=Manipulaci%C3%B3n%20del%20MDE%20para%20obtener,orientaci%C3%B3n%2C%20curva%2C%20etc.))

Arapa, J. & Rivera, M. (2016) *“Evaluación del análisis comparativo de alternativas de solución para el diseño del pavimento de la carretera accesos a Chilata y Zacgigua en el distrito de Puquina”*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil. Escuela Profesional

de Ingeniería Civil, Facultad de Arquitectura Ingeniería Civil y del Medio Ambiente.

Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.

Asesorías Cartográficas Ltda. (s.f.). *Fotogrametría.* Recuperado de:

<https://www.cartografica.cl/asesorias-cartograficas/fotogrametria/>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (s.f.) Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR – 10. Bogotá – Colombia.

Balarezo, J. (2011), *“La capa de rodadura y su incidencia en el tráfico vehicular en el tramo desde el puente sobre el río Cutuchi y el relleno sanitario barrio Argentina, cantón Salcedo provincia de Cotopaxi”*. Seminario de graduación 2010, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil. Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Berry, P. & Reid, D. (s.f.), *Mecánica de suelos.* Recuperado de:
<https://es.slideshare.net/antuanets/mecanica-desuelos-peter-l-berry>

Briceño, L. (2017), *“Propuesta de mejoramiento de la carretera a nivel afirmado entre los tramos del caserío de Nueva Delicia Chinchupata, distrito de Chillia – provincia de Pataz - La Libertad 2017”*. Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Carrera Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Privada de Trujillo. Trujillo, Perú.

Cal y Mayor, R. & Cárdenas, J. (2007), *“Ingeniería de Transito Fundamento y Aplicaciones”* 8va. Edición. Alfaomega Grupo Editor. S. A. de C. V. México D.F. México.

Calla, E. (2015). *Pavimentación de los Jirones Achaya, Manco Capac, Conde de Lemus, Arica y Puno de la municipalidad distrital de Caminaca-Azágaro.* Trabajo de Grado para optar al título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Castellano, H.; Collazos, C.; Farfan, J. y Meléndez-Pertuz (2017). Diseño y construcción de un canal de pendiente variable. *Información Tecnológica.* 28(6).
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000600012&script=sci_arttext

Consorcio Centro II (2009). Contrato de servicio de consultoría N° 051-2008-MTC/20. Estudio definitivo para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay Tramo: Km. 50+000 - Km. 98+800. Anexo Capitulo de suelos, canteras y pavimentos.

Crespo, C. (2004). *Mecánica de los suelos y cimentaciones.* Limusa. México

Cuadros, C. (2017) *"Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio - 2016".* Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Peruana los Andes. Huancayo – Perú

Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (1982). *“Instrucción de carreteras 5.1 IC Drenaje”.*

Recuperado de: http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/otros/pdfs/5_1a.pdf

Dji.com (2020). *Phantom 4pro Specs. Visionary intelligence. Elevated imagination.* Recuperado de: <https://www.dji.com/phantom-4-pro/info>

Escobar, C. & Duque, G. (2016) Geotecnia para el trópico andino, Análisis de estabilidad de taludes. N/A, Manizales, Colombia. (No publicado). Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/21/analisisdeestabilidaddetaludes.pdf>

Fattorelli, S. y Fernández, P. (2011). *Diseño Hidrológico*. 2da Ed. WASA-GN

F. De Matteis, A. (2003), Geología y Geotecnia. Tema: Estabilidad de taludes. Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Ciudad de Rosario, Argentina.

García, W. (1978). Boletín N° 29. Geología de los Cuadrángulos de Puquina, Omate, Huaitire, Mazo Cruz y Pizacoma Hojas (34-t), (34-u), (34-v), (34-x), (34-y). Editado por el Instituto de Geología y Minería. Lima – Perú.

Geo drones Ingeniería + Consultoría (2018). *Como hacer topografía con drones (5 pasos)*. Recuperado de: <https://geodronesmx.com/como-hacer-topografia-con-drones/>

Geogpsperu (s.f.). Cuencas hidrográficas del Perú. Recuperado de: <https://www.geogpsperu.com/2014/02/descargar-cuencas-hidrograficas-del.html>

Geoseismic (2017). ¿Qué son las calicatas? Recuperado de: <http://www.geoseismic.cl/calicatas/>

Hispadrones.com (2019). *Diferencia entre el posicionamiento rtk y el ppk. Concretamente, ¿qué es el posicionamiento preciso ppk?* Recuperado de: <https://www.hispadrones.com/principiantes/aprendizaje-consejos/diferencia-posicionamiento-rtk-ppk/#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20posicionamiento%20preciso,dron%20son%20almacenados%20en%20C3%A9ste.>

Instituto Geológico y Minero de España IGME (1987), Manual de taludes. Madrid, España.

Instituto Nacional de Estadística INEI (2018). *PBI de los Departamentos, según actividades económicas.* Recuperado de: <http://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/pbi-de-los-departamentos-segun-actividades-economicas-9110/>

Instituto Nacional de Estadística INEI (2018). *Moquegua resultados definitivos población económicamente activa.* Tomo I. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1624/18TOMO_01.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI México (s.f.). *Modelos Digitales de Elevación (MDE).* Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/relieve/continental/metadatos/mde.pdf>

Jiménez, J. (1992). *Geotécnica y Cimientos.* 2da. Ed. Rueda.

Junta de Andalucía (s.f.). *Qué es y cómo se hace una Ortofoto.* Recuperado de: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=c6fd05464ea09110VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=48f87d087270f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es#:~:text=La%20Ortofotograf%C3%ADa%20A%C3%A9rea%20es%20un,deformaciones%20por%20los%20aspectos%20mencionados.

Linares, W. y Zumaran, G. (2017). *Diseño de pistas y sistema de drenaje pluvial en la Urbanización Santa Margarita etapa I y II en distrito de la Victoria- provincia de Chiclayo-departamento de Lambayeque.* Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, en la Universidad Señor de Sipán, Pimentel-Perú.

Ministerio de Agricultura y Riego (2015). *Clasificación de tipos de clima en el Perú*. Recuperado de: <http://minagri.gob.pe/portal/53-sector-agrario/el-clima/367-clasificacion-de-climas>

Ministerio de Economía y Finanzas (s.f.) *"Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Rehabilitación y Mejoramiento de Caminos Vecinales, a Nivel de Perfil"*. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2012). *Glosario de Partidas aplicables a Obras de Rehabilitación, Mejoramiento y Construcción de Carreteras y Puentes*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima: s.n., 2013.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: s.n., 2013.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG – 2013*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: s.n., 2016.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG-2018*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Clasificación de las licencias de conducir (Art. 9 - Reglamento Nacional del Sistema de Emisión de Licencias de Conducir)*. Recuperado de: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/terrestre/licencias/info_general_clasificacion_licencias.html

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006). Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. Diario Oficial El Peruano. Recuperado de: <https://www.proviasdes.gob.pe/Normas/Proyecto.pdf>

Navarro, S. (s.f.) *Estabilidad de taludes*. Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba. Recuperado de: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/estabilidad-de-taludes.pdf>

Normativa de carreteras (2002). PG•3 ARTÍCULO 411. IMBORNALES Y SUMIDEROS. Recuperado de: <http://normativadecarreteras.com/listing/pg%E2%80%A23-articulo-411-imbornaes-y-sumideros/>

Ochoa, M. (2014) *"Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave, Tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500)"*. Tesis Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Geólogo - Geotécnico. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia, Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

PIX4D (2011 - 2020). *Ground sampling distance (GSD)*. Recuperado de: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559809-Ground-sampling-distance-GSD>

Rojo, J. (s.f.), Análisis de frecuencias. Expresiones para el cálculo de los eventos para el período de retorno t y de los respectivos errores estándar de estimación requeridos para la determinación de los intervalos de confianza de los estimados de los valores esperados. Recuperado de: http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/notas_analisis_de_frecuencias.pdf

Senamhi (s.f.) Descarga de datos Meteorológicos a nivel nacional. Recuperado de:

<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>

Siderperu (2019). “Alcantarilla TMC minimultiplate SP MP 68”. Recuperado de:

https://www.siderperu.com.pe/sites/pe_gerdau/files/PDF/FT%20Alcantarilla%20MP%2068%20SIDERPERU%201410.pdf

Suarez, J. (s.f.), Deslizamiento. Tomo I: Análisis Geotécnico. Recuperado de:

<https://uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/libro2-hidrologia/HU4.8-03.pdf>

Universidad de los Andes (2009). Sumideros en alcantarillados de aguas lluvias. Diseño típico

utilizado en Colombia y mecanismos de retención de sólidos. Bogotá, Colombia.

Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/49107325/06-Sumideros-en-Alcantarillados-de-Aguas-Lluvias>

US Army Corps of Engineers® (2003), Slope Stability. DEPARTMENT OF THE ARMY U.S.

Army Corps of Engineers Washington, DC 20314-1000. Recuperado de:

https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-1902.pdf

Valverde, J. (2017), “*Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado, tramo desvió*

a Comarsa – Intersección carretera Calorco - Ingacorrall, distrito de Cachicadán,

provincia de Santiago de Chuco, La Libertad”. Tesis para obtener el título profesional de:

Ingeniero Civil. Escuela Académica de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería,

Universidad Cesar Vallejo.

Velásquez, J. (2017), *“Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo: desvió de Villacruz de Algallama - ingreso a Cachicadan, distrito de Cachicadan, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad”*. Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniero Civil. Escuela Académica de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo.

Vélez, J.; Botero, B.; Parra, J.; Aristizábal, V. y Marulanda, A. (2013). *Diseño hidráulico e hidrológico de obras de ingeniería para proyectos viales*. Editorial Blanecolor

Villalobos, F. (2016). *Mecánica de los suelos*. 2da Ed. Editorial UCSC y OyP

Weiss, L. (1964), Ratio of true fixed-interval maximum rainfall. Journal of the Hydraulics Division, 1964, Vol. 90, Issue 1, Pg. 77-82

Zagalo E. Suárez-Aguilar, Omaida Sepúlveda-Delgado, Miguel Patarroyo-Mesa y Luis C. Canaria-Camargo (2020). *Modelo matemático para estimar curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias extremas en Tunja, Colombia*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias, Escuela de Matemáticas y Estadística, Tunja Colombia. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v31n1/0718-0764-infotec-31-01-193.pdf>

Zamora, N. & Barrera, O. (2012), *“Diagnóstico de la infraestructura vial actual en Colombia”*. Informe final de Investigación, Facultad de Postgrados, Vicerrectoría de Formación e Investigación, Universidad EAN. Bogotá, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1: PBI

Año	Producto Bruto Interno(S/)	Valor Agregado Bruto Total (VAB)	Extractivas			Transformación		Servicios						
			Agricultura, ganadería, caza y silvicultura (S/)	Pesca y acuicultura (S/)	Extracción de petróleo, gas, minerales y servicios conexos	Manufactura (S/)	Construcción (S/)	Electricidad, gas y agua (S/)	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas (S/)	Transporte, almacenami., correo y mensajería (S/)	Alojamiento y restaurantes (S/)	Telecomuni. y otros servicios de información (S/)	Adm. pública y defensa (S/)	Otros servicios (S/)
2007	7,686,293	7,525,100	70,949	187,312	2,988,110	2,816,476	339,913	269,088	128,571	125,644	62,132	33,205	133,659	370,041
2008	8,766,481	8,663,619	84,376	132,696	3,160,090	3,712,723	323,865	327,332	141,466	131,771	67,973	38,915	148,221	394,191
2009	8,548,080	8,436,303	79,572	83,651	3,241,596	3,427,298	331,907	314,971	138,232	125,342	68,582	40,969	178,163	406,020
2010	8,556,668	8,457,008	81,596	87,820	3,099,916	3,416,215	398,953	354,224	153,253	134,675	73,468	46,456	194,063	416,369
2011	7,796,733	7,785,269	88,823	101,998	2,542,966	3,346,471	383,771	248,071	163,782	145,038	80,263	51,149	200,005	432,932
2012	7,933,222	7,756,800	86,217	53,017	2,668,122	3,143,692	478,686	182,144	175,819	148,218	87,330	59,191	216,910	457,454
2013	8,735,301	8,598,669	98,186	41,896	2,667,579	3,802,821	523,840	274,347	184,488	154,662	93,104	64,057	218,645	475,044
2014	8,424,988	8,371,348	89,224	53,097	2,699,788	3,675,417	530,410	97,468	190,172	157,853	95,326	69,195	225,045	488,353
2015	8,888,050	8,693,747	93,000	51,755	2,766,553	3,842,471	512,956	154,934	197,561	162,695	98,049	76,358	227,811	509,604
2016	9,014,696	8,635,514	83,000	44,176	2,516,210	3,734,093	549,255	392,139	201,931	168,873	99,600	85,131	229,623	531,483
2017	9,110,381	8,696,704	86,000	67,051	2,366,615	3,982,715	548,929	286,066	204,927	176,799	101,836	95,419	235,937	544,410
2018	9,311,471	8,778,989	94,000	57,062	2,276,983	4,061,162	664,504	218,788	209,391	183,560	104,872	100,151	238,765	569,751

Fuente: INEI.

Anexo 2: PBI

Año	Producto Bruto Interno (S/)	Gasto de Consumo Final Privado (S/)	Gasto de Consumo de Gobierno (S/)	Formación Bruta de Capital (S/)	Exportaciones (S/)	Importaciones (S/)	Derechos de Importación y Otros Impuestos (E-I)	PBI (%)
2007	7,686,293	3,246,371	3,156,389	1,122,340	308,967	147,774	161,193.00	-
2008	8,766,481	3,377,162	4,036,588	1,249,869	361,650	258,788	102,862.00	14.05
2009	8,548,080	3,404,819	3,759,205	1,272,279	309,677	197,900	111,777.00	-2.49
2010	8,556,668	3,269,332	3,815,168	1,372,508	295,737	196,077	99,660.00	0.10
2011	7,796,733	2,733,787	3,730,242	1,321,240	294,087	282,623	11,464.00	-8.88
2012	7,933,222	2,807,356	3,622,378	1,327,066	437,968	261,546	176,422.00	1.75
2013	8,735,301	2,807,661	4,326,661	1,464,347	370,620	233,988	136,632.00	10.11
2014	8,424,988	2,842,109	4,205,827	1,323,412	275,254	221,614	53,640.00	-3.55
2015	8,888,050	2,911,308	4,355,427	1,427,012	364,292	169,989	194,303.00	5.50
2016	9,014,696	2,643,386	4,283,348	1,708,780	559,603	180,421	379,182.00	1.42
2017	9,110,381	2,519,666	4,531,644	1,645,394	594,981	181,304	413,677.00	1.06
2018	9,311,471	2,428,045	4,725,666	1,625,278	643,839	111,357	532,482.00	2.21

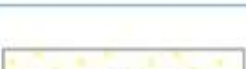
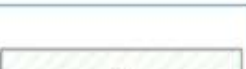
Fuente: INEI.

Anexo 3: Factores de corrección estacionales para vehículos ligeros y pesados

Peaje Pampa Cuellar			
Ligeros 2019		Pesados 2019	
Factor de corrección estacional		Factor de corrección estacional	
Enero	0.87652331	Enero	1.05324929
Febrero	0.90221064	Febrero	1.05156139
Marzo	0.88287567	Marzo	1.00337996
Abril	1.00203663	Abril	0.99980488
Mayo	1.14970719	Mayo	0.9388513
Junio	1.17788352	Junio	0.97551105
Julio	1.03750019	Julio	1.00776383
Agosto	0.93108991	Agosto	1.12537562
Septiembre	1.09217126	Septiembre	0.95407949
Octubre	1.08621577	Octubre	0.88816706
Noviembre	1.04553800	Noviembre	1.34338251
Diciembre	0.93264202	Diciembre	0.82827128

Fuente: Concesionaria Vial del Sur.

Anexo 4: Símbolos gráficos para suelos – SUCS

	Gravas bien graduadas mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Gravas mal granuladas, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arenas arcillosas, mezcla de arena-arcillosa
	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa		Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosa o limos arcillosos con ligera plasticidad
	Gravas arcillosas mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánicos de plasticidad baja o mediano, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras
	Arenas bien graduadas, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad
	Arenas mal graduadas con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limos inorgánicos suelos finos granosos o limosos micáceas o diatomáceas, limos elásticos

	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas
	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicos
	Turba, suelos considerablemente orgánicos

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales del MTC.

Anexo 5: Perfil estratigráfico de la calicata N°1

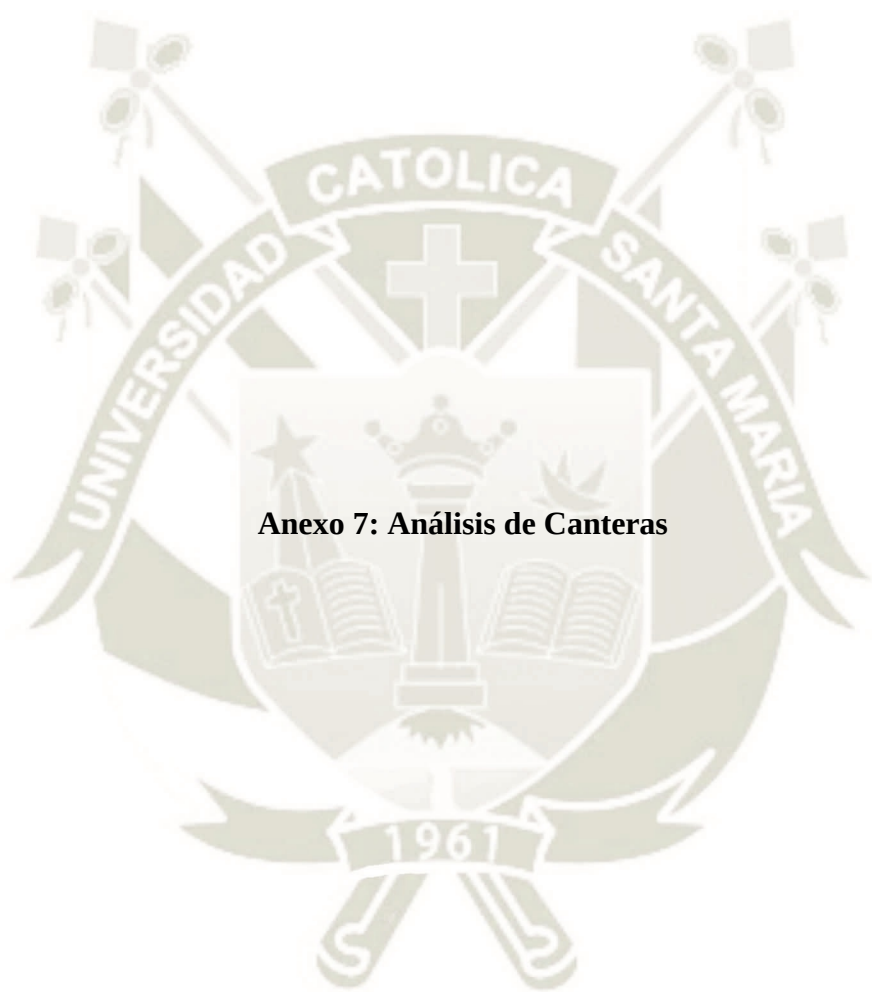
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO					CALICATA C - 01
TESIS	:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA			
UBICACIÓN:	:	SECTOR: Anexo de Challahuayo en el km 19+520 - Lado Derecho	PROVINCIA: General Sánchez Cerro	DEPARTAMENTO: Moquegua	
ELABORADO POR	:	Bach. Alberto Rodríguez Dueñas			
TECNICA DE INVESTIGACIÓN:	:	Calicata	DIMENSIÓN DE CALICATA LARGO: 2.00 m		
COTAS	:	REFERENCIA: Nivel del terreno	ANCHO: 1.50 m		
	:	NIVEL: 1912.827 m.s.n.m.	PROFUNDIDAD: 1.50 m		
COORDENADAS	:	267470.286E, 8147808.440N			
FECHA	:	noviembre del 2019	NIVEL FREÁTICO:	No se encontró	
PROFUNDIDAD (m)	COTA(m.s.n.m)	ESTRATO	SÍMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0.00	1912.827	1		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad, se encontró un 30% aproximado de grava angular y subangular, la mayoría de la muestra no son chatas ni alargadas, el color que se presencio fue un pardo claro en condición seca; se describe como un suelo con consistencia firme, su cementación es moderada, tiene una estructura homogénea, con tamaño máximo de partículas de 1 1/2", presenta también una resistencia seca media a alta, su dilatancia es lenta y su tenacidad alta, no plástico. Su límite líquido es 18.25%, carece de límite plástico, por ende su índice de plasticidad es 18.25%, su contenido de humedad es 1.90%, y por último su valor de CBR al 0.1" es de 54% al 95% de su M.D.S.
0.50	1912.327				
1.00	1911.327	2		SP-SC	Arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad, se encontró un 20% aproximado de grava angular y subangular, la mayoría de la muestra no son chatas ni alargadas, el color que se presencio fue un pardo oscuro en condicion seca; su cementación es moderada, tiene una estructura homogénea, con tamaño máximo de partículas de 2", presenta también una resistencia seca media a alta, su dilatancia es lenta y su tenacidad tenacidad alta, no plástico. Su límite líquido es 19.01%, carece de límite plástico, por ende su índice de plasticidad es 19.01%, su contenido de humedad es 2.05%, y por último su valor de CBR al 0.1" es de 57% al 95% de su M.D.S.
1.50					

Fuente: Elaboración Propia.

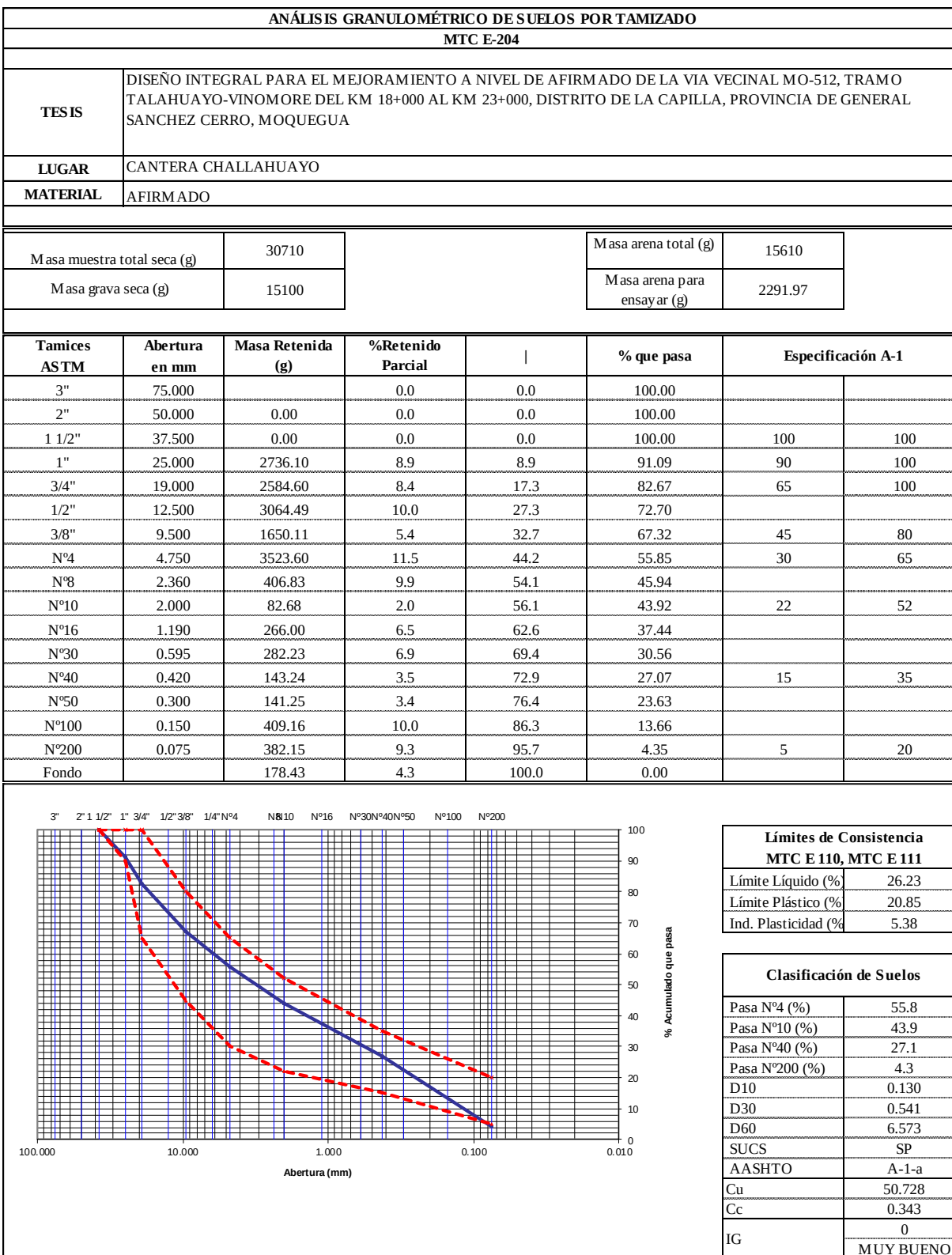
Anexo 6: Perfil estratigráfico de la calicata N°2

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO					
TESIS	:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA			
UBICACIÓN:	:	SECTOR:	km 22+030 - Lado Izquierdo		
	:	DISTRITO:	La Capilla	PROVINCIA:	General Sánchez Cerro
	:			DEPARTAMENTO:	Moquegua
ELABORADO POR	:	Bach. Alberto Rodríguez Dueñas			
TECNICA DE INVESTIGACIÓN:	:	Calicata		DIMENSIÓN DE CALIC LARGO:	2.00 m
	:			ANCHO:	1.50 m
COTAS	:	REFERENCIA:	Nivel del terreno	PROFUNDIDAD:	1.50 m
	:	NIVEL:	1799.932 m.s.n.m.		
COORDENADAS	:	267828.927E, 8145430.376N			
FECHA	:	noviembre del 2019		NIVEL FREÁTICO:	No se encontró
PROFUNDIDAD (m)	COTA(m.s.n.m)	ESTRATO	SÍMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0.00	1799.932	1	SP	SP-SC	Arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad, se encontró un 20% aproximado de grava angular y subangular, la mayoría de la muestra no eran ni chatas ni alargadas, el color que se presencio fue un blanco navajo en condición seca; se describe como un suelo con consistencia firme, su cementación es moderada, tiene una estructura homogénea, con tamaño máximo de partículas de 2", presenta también una resistencia seca media a alta, su dilatancia es lenta y su tenacidad tenacidad alta, no plástico. Su límite líquido es 17.61%, carece de límite plástico, por ende su índice de plasticidad es 17.61%, su contenido de humedad es 1.52%, y por último su valor de CBR al 0.1" es de 47% al 95% de su M.D.S.
0.50	1799.43		SC		
1.00		2	SP	SP-SC	Arena pobremente graduada con arcillas de baja plasticidad, se encontró un 20% aproximado de grava angular y subangular, la mayoría de la muestra no son ni chatas ni alargadas, el color que se presencio fue un pardo oscuro en condición seca; su cementación es moderada, tiene una estructura homogénea, con tamaño máximo de partículas de 2", presenta también una resistencia seca media a alta, su dilatancia es lenta y su tenacidad tenacidad alta, no plástico. Su límite líquido es 19.22%, carece de límite plástico, por ende su índice de plasticidad es 19.22%, su contenido de humedad es 1.76%, y por último su valor de CBR al 0.1" es de 58% al 95% de su M.D.S.
1.50	1798.43		SC		

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 7: Análisis de Canteras

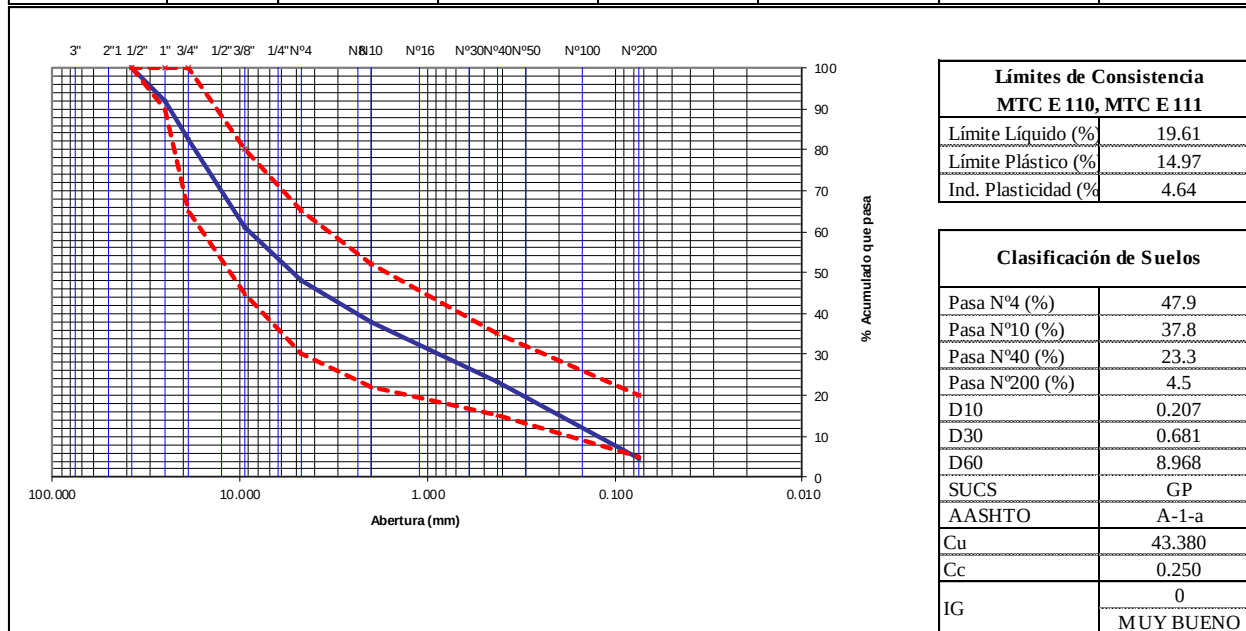


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
MTC E-204

TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL
LUGAR	CANTERA VINOMORE
MATERIAL	AFIRMADO

Masa muestra total seca (g)	34820.5	Masa arena total (g)	14861.28
Masa grava seca (g)	19959.22	Masa arena para ensayar (g)	3257.81

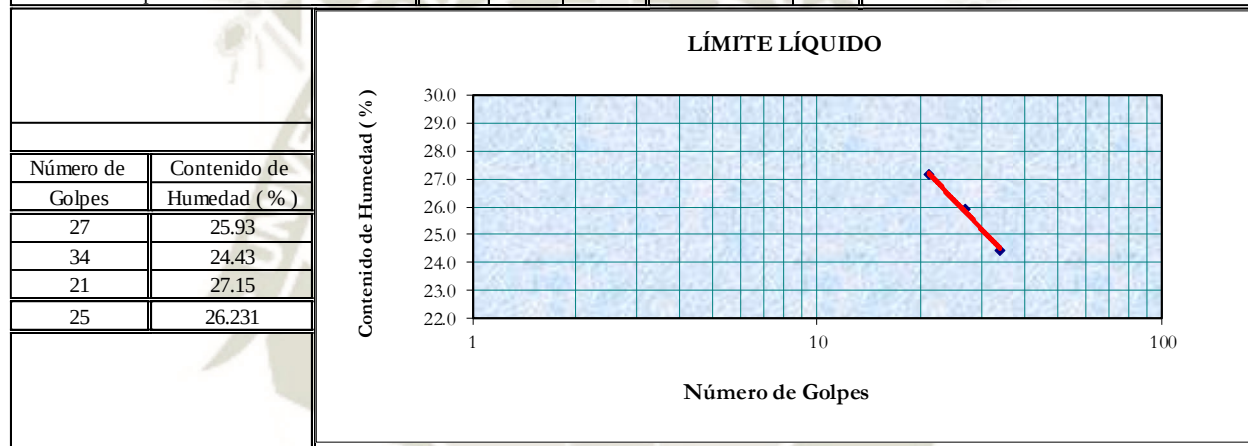
Tamices ASTM	Abertura en mm	Masa Retenida (g)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa	Especificacion A-1	
3"	75.000		0.0	0.0	100.00		
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.00		
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.00	100	100
1"	25.000	2799.08	8.0	8.0	91.96	90	100
3/4"	19.000	3321.19	9.5	17.6	82.42	65	100
1/2"	12.500	4796.90	13.8	31.4	68.65		
3/8"	9.500	2582.95	7.4	38.8	61.23	45	80
Nº4	4.750	4631.13	13.3	52.1	47.93	30	65
Nº8	2.360	583.13	8.6	60.6	39.35		
Nº10	2.000	108.08	1.6	62.2	37.76	22	52
Nº16	1.190	338.07	5.0	67.2	32.79		
Nº30	0.595	388.92	5.7	72.9	27.06		
Nº40	0.420	259.09	3.8	76.7	23.25	15	35
Nº50	0.300	352.82	5.2	81.9	18.06		
Nº100	0.150	753.29	11.1	93.0	6.98		
Nº200	0.075	169.00	2.5	95.5	4.49	5	20
Fondo		305.41	4.5	100.0	0.00		

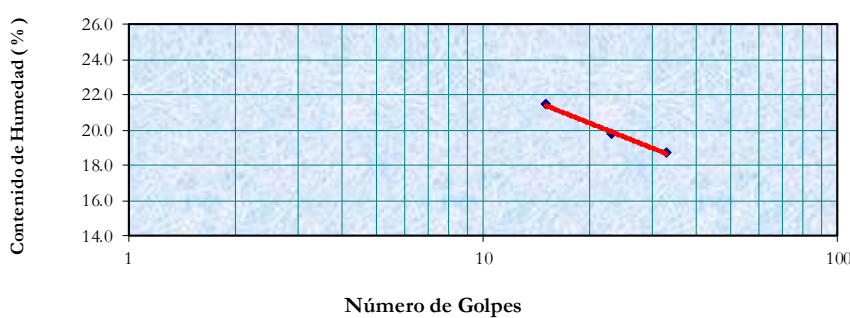


LÍMITES DE CONSISTENCIA: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO
MTC E 110, MTC E 111

TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR	CANTERA CHALLAHUAYO
MATERIAL	AFIRMADO

		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3	
Masa Tara + Muestra Húmeda	g	19.70	19.30	20.80	17.40	17.90	18.30	Límite Líquido: LL = 26.23%
Masa Tara + Muestra Seca	g	17.95	17.69	18.75	16.86	17.31	17.56	Límite Plástico: LP = 20.85%
Masa de la Tara	g	11.20	11.10	11.20	14.10	14.40	14.30	Índice de Plasticidad : IP = 5.38%
Masa de la Muestra Seca	g	6.75	6.59	7.55	2.76	2.91	3.26	
Masa del Agua	g	1.75	1.61	2.05	0.54	0.59	0.74	
Contenido de Humedad	%	25.93	24.43	27.15	19.57	20.27	22.70	
Número de Golpes		27	34	21	Promedio :	20.85		



LÍMITES DE CONSISTENCIA: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO									
MTC E 110, MTC E 111									
TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA								
LUGAR	CANTERA VINOMORE								
MATERIAL	AFIRMADO								
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
		LUGAR			MATERIAL				
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Masa Tara + Muestra Húmeda	g	26.00	23.00	23.80	16.80	16.70	16.95	Límite Líquido: LL =	19.61%
Masa Tara + Muestra Seca	g	23.37	21.11	21.70	16.32	16.20	16.44	Límite Plástico: LP =	14.97%
Masa de la Tara	g	11.10	11.00	11.10	13.38	13.07	12.40	Índice de Plasticidad : IP =	4.64%
Masa de la Muestra Seca	g	12.27	10.11	10.60	2.94	3.13	4.04		
Masa del Agua	g	2.63	1.89	2.10	0.48	0.50	0.51		
Contenido de Humedad	%	21.43	18.69	19.81	16.33	15.97	12.62		
Número de Golpes		15	33	23	Promedio :		14.97		
		LÍMITE LÍQUIDO 							
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)								
15	21.43								
33	18.69								
23	19.81								
25	19.612								

SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES			
MTC E-219			
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA		
LUGAR:	CANTERA CHALLAHUAYO		
MATERIAL	AFIRMADO		
ARENA (PASANTE MALLA N°4)			
Masa constante (g)	149		
Masa fiola vacía (g)	146.45		
Masa fiola + agua + sales disueltas (g)	645.5		
Masa de residuo de sales (g)	499.05		
Número de porcelana	1	2	3
Masa de porcelana (g)	111.51	124.56	106.88
Masa de porcelana+alicuota (g)	214.92	211.82	212.47
Masa de alicuota (g)	103.41	87.26	105.59
Masa de porcelana+alicuota cristalizada (g)	111.62	124.63	106.97
Masa alicuota cristalizada (g)	0.11	0.07	0.09
% de sales solubles	0.358	0.269	0.286
PROMEDIO(%)	0.304		
SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES			
MTC E-219			
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA		
LUGAR:	CANTERA CHALLAHUAYO		
MATERIAL	AFIRMADO		
GRAVA (20 mm-5 mm)			
Masa constante (g)	504.59		
Masa fiola vacía (g)	152.71		
Masa fiola + agua + sales disueltas (g)	648.38		
Masa de residuo de sales (g)	495.67		
Número de porcelana	1	2	3
Masa de porcelana (g)	114.08	123.91	118.12
Masa de porcelana+alicuota (g)	191.24	214.43	205.41
Masa de alicuota (g)	77.16	90.52	87.29
Masa de porcelana+alicuota cristalizada (g)	114.34	124.19	118.39
Masa alicuota cristalizada (g)	0.26	0.28	0.27
% de sales solubles	0.332	0.305	0.305
PROMEDIO(%)	0.314		

SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES				
MTC E-219				
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA			
LUGAR:	CANTERA VINOMORE			
MATERIAL	AFIRMADO			
ARENA (PASANTE MALLA N°4)				
Masa constante (g)	101.86			
Masa fiola vacía (g)	156.29			
Masa fiola + agua + sales disueltas (g)	653.51			
Masa de residuo de sales (g)	497.22			
Número de porcelana	1	2	3	4
Masa de porcelana (g)	106.83	111.44	113.36	114.05
Masa de porcelana+alicuota (g)	188.69	202.57	206.29	176.46
Masa de alicuota (g)	81.86	91.13	92.93	62.41
Masa de porcelana+alicuota cristalizada (g)	106.84	111.46	113.39	114.07
Masa alicuota cristalizada (g)	0.01	0.02	0.03	0.02
% de sales solubles	0.060	0.107	0.158	0.157
PROMEDIO(%)	0.120			
SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES				
MTC E-219				
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA			
LUGAR:	CANTERA VINOMORE			
MATERIAL	AFIRMADO			
GRAVA (20 mm-5 mm)				
Masa constante (g)	501.09			
Masa fiola vacía (g)	156.15			
Masa fiola + agua + sales disueltas (g)	653.31			
Masa de residuo de sales (g)	497.16			
Número de porcelana	1	2	3	
Masa de porcelana (g)	118.12	114.07	123.89	
Masa de porcelana+alicuota (g)	209.19	199.07	214.97	
Masa de alicuota (g)	91.07	85	91.08	
Masa de porcelana+alicuota cristalizada (g)	118.14	114.09	123.9	
Masa alicuota cristalizada (g)	0.02	0.02	0.01	
% de sales solubles	0.022	0.023	0.011	
PROMEDIO(%)	0.019			

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS												
MTC E-223												
TESIS:		DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA										
LUGAR:		CANTERA CHALLAHUAYO										
MATERIAL:		AFIRMADO										
Relacion Dimensional = 1:3												
Tamaño del agregado			Partículas chatas			Partículas alargadas			Partículas chatas y alargadas		Partículas ni chatas ni alargadas	
Pasante	Retenido	Masa total (g)	N° de partículas	Masa de partículas (g)	% de partículas	N° de partículas	Masa de partículas (g)	%de partículas	N° partículas	Masa de partículas(g)	N° de partículas	Masa de partículas (g)
1 1/2"	1"	4000.5	11	375.98	9.40	0	0	0.00	0	0	61	3624.52
1"	3/4"	1617.4	10	79.27	4.90	0	0	0.00	0	0	90	1538.13
3/4"	1/2"	727.06	14	67.7	9.31	3	43.17	5.94	0	0	83	616.19
1/2"	3/8"	228.06	17	26.25	11.51	1	3.61	1.58	0	0	82	198.20
		6573.02										
Tamaño del agregado		Masas y porcentajes		Partículas Chatas								
Pasante	Retenido	Masa retenida (g)	% retenido	Masa de partículas (g)	%	% corregido						
1 1/2"	1"	4000.5	60.86	375.98	9.40	5.72						
1"	3/4"	1617.4	24.61	79.27	4.90	1.21						
3/4"	1/2"	727.06	11.06	67.70	9.31	1.03						
1/2"	3/8"	228.06	3.47	26.25	11.51	0.40						
Total		6573.02	100.00			8.36						
Tamaño del agregado		Masas y porcentajes		Partículas Alargadas								
Pasante	Retenido	Masa retenida (g)	% retenido	Masa de partículas (g)	%	% corregido						
1 1/2"	1"	4000.5	60.86	0	0.00	0.00						
1"	3/4"	1617.4	24.61	0	0.00	0.00						
3/4"	1/2"	727.06	11.06	43.17	5.94	0.66						
1/2"	3/8"	228.06	3.47	3.61	1.58	0.05						
Total		6573.02	100			0.71						
Partículas Chatas y Alargadas (%)				9.07								

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS												
MTC E-223												
TESIS:		DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA										
LUGAR:		CANTERA VINOMORE										
MATERIAL:		AFIRMADO										
Relacion Dimensional = 1:3												
Tamaño del agregado			Partículas chatas			Partículas alargadas			Partículas chatas y alargadas		Partículas ni chatas ni alargadas	
Pasante	Retenido	Masa total (g)	N° de partículas	Masa de partículas (g)	% de partículas	N° de partículas	Masa de partículas (g)	%de partículas	N° partículas	Masa de partículas (g)	N° de partículas	Masa de partículas (g)
1 1/2"	1"	4376.45	0	0.00	0	3	182.45	4.17	0	0	97	4194.00
1"	3/4"	1828.35	3	25.20	1.38	1	39.00	2.13	0	0	96	1764.15
3/4"	1/2"	737.48	4	48.91	6.63	0	0.00	0.00	0	0	96	688.57
1/2"	3/8"	231.12	9	17.46	7.55	3	11.57	5.01	0	0	88	202.09
		7173.40										
Tamaño del agregado		Masas y porcentajes		Partículas Chatas								
Pasante	Retenido	Masa retenida (g)	% retenido	Masa de partículas (g)	%	% corregido						
1 1/2"	1"	4376.45	61.01	0.00	0.00	0						
1"	3/4"	1828.35	25.49	25.20	1.38	0.35						
3/4"	1/2"	737.48	10.28	48.91	6.63	0.68						
1/2"	3/8"	231.12	3.22	17.46	7.55	0.24						
Total		7173.4	100.00			1.28						
Tamaño del agregado		Masas y porcentajes		Partículas Alargadas								
Pasante	Retenido	Masa retenida (g)	% retenido	Masa de partículas (g)	%	% corregido						
1 1/2"	1"	4376.45	61.01	182.45	4.17	2.54						
1"	3/4"	1828.35	25.49	39	2.13	0.54						
3/4"	1/2"	737.48	10.28	0	0.00	0.00						
1/2"	3/8"	231.12	3.22	11.57	5.01	0.16						
Total		7173.4	100			3.25						
Partículas chatas y alargadas (%)				4.52								

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO					
MTC E-210					
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA				
LUGAR:	CANTERA CHALLAHUAYO				
MATERIAL:	AFIRMADO				
Masa Total (g)	Masa de Partículas no fracturadas (g)	Masa con 1 cara fracturada (g)	Masa con 2 caras fracturadas(g)	% 1 cara fracturada	% 2 caras fracturadas
3233.6	140.8	855.4	2237.4	95.65	69.19
2163.4	67.2	377.6	1718.6	96.89	79.44
2081.8	74.6	479.2	1528	96.42	73.40
463.4	45.6	177.2	240.6	90.16	51.92
	% Retenido de Granulometría	% ret. de 1 cara fracturada	% ret. de 2 caras fracturadas		
	8.91	852.15	616.47		
	8.42	815.47	668.58		
	9.98	962.12	732.42		
	5.37	484.45	278.98		
Total	32.68	3114.19	2296.45		
	% de 1 cara fracturada	95.30			
	% de 2 caras fracturadas	70.28			

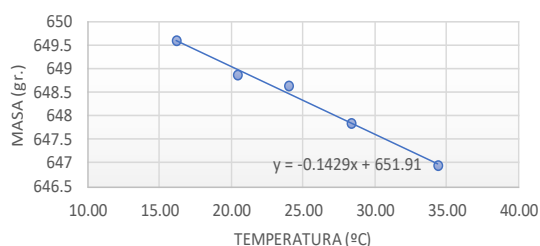
MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO					
MTC E-210					
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA				
LUGAR:	CANTERA VINOMORE				
MATERIAL:	AFIRMADO				
MasaTotal(g)	Masa de Partículas no fracturadas (g)	Masa con 1 cara fracturada (g)	Masa con 2 caras fracturadas(g)	% 1 cara fracturada	% 2 caras fracturadas
2998.63	402.73	438.6	2157.3	86.57	71.94
1686.74	80.92	395.25	1210.57	95.20	71.77
2477.58	60.18	992.29	1425.11	97.57	57.52
505.24	27.71	228.82	248.71	94.52	49.23
	% Retenido de Granulometría	% ret. de 1 cara fracturada	% ret. de 2 caras fracturadas		
	8.04	695.90	578.32		
	9.54	908.05	684.54		
	13.78	1344.15	792.40		
	7.42	701.11	365.15		
Total	38.77	3649.20	2420.42		
% 1 cara fracturada		94.12			
% 2 caras fracturadas		62.43			

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
MTC E-205

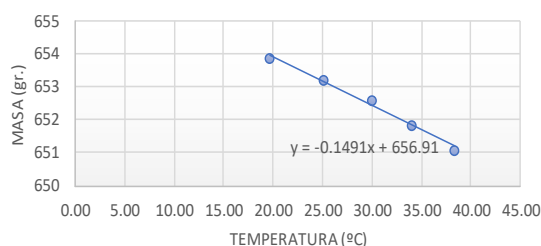
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANtera CHALLAHUAYO
MATERIAL:	AFIRMADO

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°1

Nº	TEMPERATURA(°C)	MASA (g)
1	16.20	649.59
2	20.40	648.87
3	24.00	648.65
4	28.30	647.86
5	34.40	646.95

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°1

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°2

Nº	TEMPERATURA (°C)	MASA (g)
1	19.70	653.87
2	25.20	653.21
3	30.00	652.58
4	34.10	651.83
5	38.40	651.09

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°2


	Picnómetro 1	Picnómetro 2
Masa del picnómetro seco (g)	151.56	156.10
Volumen del picnómetro (ml)	500.00	500.00
Temperatura de picnómetro + suelo+agua (°C)	25.30	24.00
Densidad del agua a la temperatura del ensayo(g/ml)	0.99697	0.99730
Masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo(g)	648.29	653.33
Masa del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (g)	962.80	966.20
Masa del espécimen saturado superficialmente seco(g)	500.25	500.1
Masa tara(g)	136.82	122.14
Masa tara y espécimen seca(g)	632.52	618.27
Masa espécimen seca(g)	495.70	496.13
Coficiente de temperatura de ensayo (k)	0.99876	0.99909
Peso específico de masa(g/cm3)	2.67	2.65
Peso específico aparente(g/cm3)	2.73	2.70
Peso específico saturado superficialmente seco(g/cm3)	2.69	2.67
ABSORCIÓN(%)	0.87	0.78

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

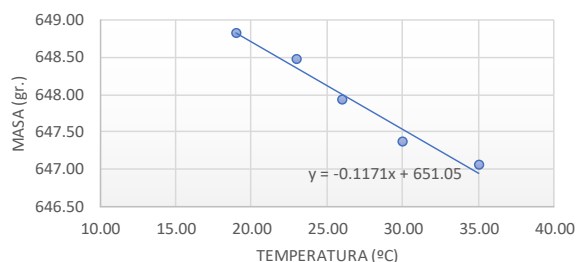
MTC E-205

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANTERA VINOMORE
MATERIAL:	AFIRMADO

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N° 1

N°	TEMPERATURA (°C)	MASA(g)
1	19.00	648.83
2	23.00	648.47
3	26.00	647.94
4	30.00	647.38
5	35.00	647.06

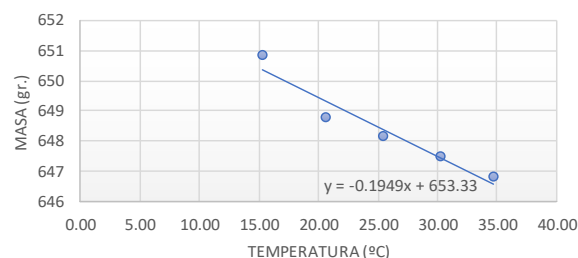
CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO N°1



CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N° 2

N°	TEMPERATURA (°C)	MASA(g)
1	15.30	650.83
2	20.60	648.80
3	25.40	648.15
4	30.30	647.47
5	34.70	646.80

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°2



	Picnómetro 1	Picnómetro 2
Masa del picnómetro seco (g)	151.56	153.15
Volumen del picnómetro (ml)	500.00	500.00
Temperatura de picnómetro + suelo+agua (°C)	25.00	26.00
Densidad del agua a la temperatura del ensayo(g/ml)	0.99705	0.99679
Masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo(g)	648.12	648.263
Masa del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (g)	959.11	957.98
Masa del espécimen saturado superficialmente seco(g)	500.86	500.47
Masa tara(g)	233.16	124.2
Masa tara y espécimen seca(g)	727.51	617.72
Masa espécimen seca(g)	494.35	493.52
Coefficiente de temperatura de ensayo (k)	0.99884	0.99858
Peso específico de masa(g/cm3)	2.60	2.58
Peso específico aparente(g/cm3)	2.68	2.67
Peso específico saturado superficialmente seco(g/cm3)	2.63	2.62
ABSORCIÓN(%)	1.14	1.31

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

MTC E-206

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANTERA CHALLAHUAYO
MATERIAL:	AFIRMADO

Temperatura de agua en el ensayo (°C)	19.00
Densidad del agua a la temperatura del ensayo (g/ml)	0.99841
A=Masa de la muestra seca en el aire (g)	5184.90
B=Masa de la muestra saturada super. Seca en el aire (g)	5286.75
C=Masa en el agua de la muestra saturada (g)	3236.10
Coeficiente de temperatura de ensayo(k)	1.0002
Peso específico de masa (g/cm ³)	2.53
Peso específico de masa saturada con superficie seca (g/cm ³)	2.58
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.66
ABSORCIÓN (%)	1.96

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

MTC E-206

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANTERA VINOMORE
MATERIAL:	AFIRMADO

Temperatura de agua en el ensayo (°C)	17.60
Densidad del agua a la temperatura del ensayo (g/ml)	0.99867
A=Masa de la muestra seca en el aire (g)	5226.90
B=Masa de la muestra saturada super. Seca en el aire (g)	5339.25
C=Masa en el agua de la muestra saturada (g)	3311.70
Coeficiente de temperatura de ensayo(k)	1.00047
Peso específico de masa (g/cm ³)	2.58
Peso específico de masa saturada con superficie seca (g/cm ³)	2.63
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.73
ABSORCIÓN (%)	2.15

ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")					
MTC E - 207					
TESIS:		"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA"			
LUGAR:		CANTERA CHALLAHUAYO			
MATERIAL:		AFIRMADO			
Tamaño del Agregado		GRADACIÓN " A "			
Pasante	Retenido	1	2	3	4
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1256.52			
1"	3/4"	1252.16			
3/4"	1/2"	1252.41			
1/2"	3/8"	1252.16			
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº4				
Nº4	Nº8				
Numero de Esferas		12			
Carga Abrasiva (g)		5000±25			
Numero de Vueltas		500			
(A) Masa muestra Ensayado (g)		5013.25			
(B) Masa Retenida Malla Nº12		3395.70			
% Desgaste (A-B)/A x100		32.27			
% Desgaste Promedio		32.27			
Tamaño del Agregado		Gradación			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	Nº4			2500±10	
Nº4	Nº8				5000±10
Muestra Total Ensayado (g)		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
Numero de Esferas		12	11	8	6
Carga Abrasiva (g)		5000±25	4584 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15
Numero de Vueltas		500	500	500	500

ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")					
MTC E - 207					
TESIS:	"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA"□				
LUGAR:	CANTERA VINOMORE				
MATERIAL:	AFIRMADO				
Tamaño del Agregado		GRADACIÓN " A "			
Pasante	Retenido	1	2	3	4
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1255.5			
1"	3/4"	1250.48			
3/4"	1/2"	1250.77			
1/2"	3/8"	1250.26			
3/8"	1/4"				
1/4"	Nº4				
Nº4	Nº8				
Numero de Esferas		12			
Carga Abrasiva (g)		5000±25			
Numero de Vueltas		500			
(A) Masa muestra Ensayado (g)		5007.01			
(B) Masa Retenida Malla Nº12		3624.00			
% Desgaste (A-B)/A x100		27.62			
% Desgaste Promedio		27.62			
Tamaño del Agregado		Gradacion			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250±25			
1"	3/4"	1250±25			
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10		
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10		
3/8"	1/4"			2500±10	
1/4"	Nº4			2500±10	
Nº4	Nº8				5000±10
Muestra Total Ensayado (g)		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
Numero de Esferas		12	11	8	6
Carga Abrasiva (g)		5000±25	4584 ± 25	3330 ± 20	2500 ± 15
Numero de Vueltas		500	500	500	500

**MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE
ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO**
MTC E-114

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANTERA CHALLAHUAYO
MATERIAL:	AFIRMADO

ENSAYO 1

SIMBOLOGÍA	MUESTRA	HORA		
		1	2	3
A	Entrada para la saturación	11:40	11:42	11:44
2	Salida de saturación (A+10 min)	11:50	11:52	11:54
B	Entrada a sedimentación	11:52	11:54	11:56
4	Salida de sedimentación (B+20 min)	12:12	12:14	12:16
5	Lectura arcilla	10.1	10.5	10.4
6	Lectura arena	3.9	3.5	3.7
7	Equivalente de arena	38.61	33.33	35.58
8	Redondeo al entero superior	39.00	34.00	36.00
9	Promedio		36.33	
10	Redondeo al entero superior		37.00	

ENSAYO 2

SIMBOLOGÍA	MUESTRA	HORA		
		1	2	3
A	Entrada para la saturación	14:44	14:46	14:48
2	Salida de saturación (A+10 min)	14:54	14:56	14:58
B	Entrada a sedimentación	14:56	14:58	15:00
4	Salida de sedimentación (B+20 min)	15:16	15:18	15:20
5	Lectura arcilla	9.4	9.7	9.2
6	Lectura arena	3.3	3.4	3.1
7	Equivalente de arena	35.11	35.05	33.70
8	Redondeo al entero superior	36.00	36.00	34.00
9	Promedio		35.33	
10	Redondeo al entero superior		36.00	

**MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE
ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO**
MTC E-114

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANTERA VINOMORE
MATERIAL:	AFIRMADO

ENSAYO 1

SIMBOLOGÍA	MUESTRA	HORA		
		1	2	3
A	Entrada para la saturación	10:50	10:52	10:54
2	Salida de saturación (A+10 min)	11:00	11:02	11:04
B	Entrada a sedimentación	11:02	11:04	11:06
4	Salida de sedimentación (B+20 min)	11:22	11:24	11:26
5	Lectura arcilla	9.7	9.5	10.1
6	Lectura arena	3.2	3.5	3.5
7	Equivalente de arena	32.99	36.84	34.65
8	Redondeo al entero superior	33	37	35
9	Promedio	35		

ENSAYO 2

SIMBOLOGÍA	MUESTRA	HORA		
		1	2	3
A	Entrada para la saturación	13:44	13:46	13:48
2	Salida de saturación (A+10 min)	13:54	13:56	13:58
B	Entrada a sedimentación	13:56	13:58	14:00
4	Salida de sedimentación (B+20 min)	14:16	14:18	14:20
5	Lectura arcilla	8.2	7.7	8.1
6	Lectura arena	3.1	3.3	2.8
7	Equivalente de arena	37.80	42.86	34.57
8	Redondeo al entero superior	38	43	35
9	Promedio	38.67		
10	Redondeo al entero superior	39		

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

MTC E-115

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANtera CHALLAHUAYO
MATERIAL:	AFIRMADO

DATOS

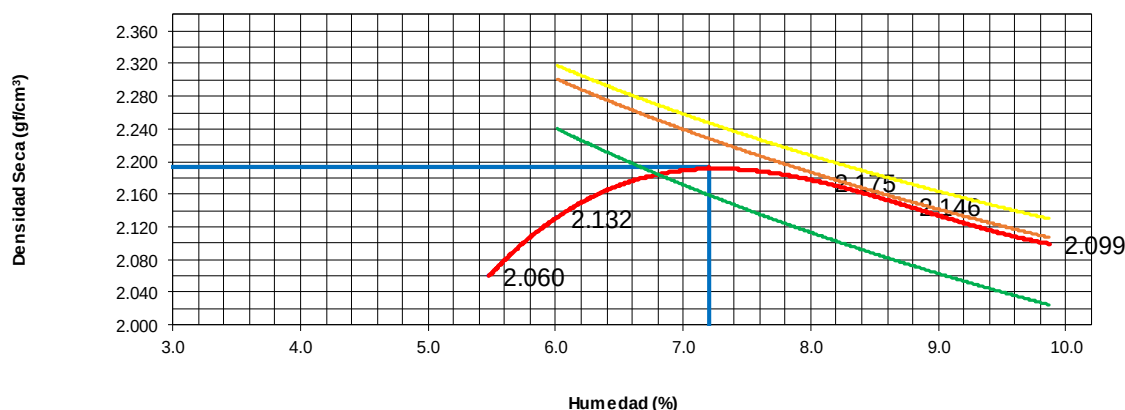
Compactación	Peso Molde (g)	6654.00	V. Molde (cm ³)	2126.63		
Prueba N°	01	02	03	04	05	06
Número de capas	5	5	5	5	5	
Número de golpes	56	56	56	56	56	
Peso suelo + molde (g)	11460	11653.5	11559	11617.5	11275	
Peso suelo compactado (g)	4806	5000	4905	4964	4621	
Densidad húmeda (gf/cm ³)	2.260	2.351	2.306	2.334	2.173	

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5	
Tara + suelo húmedo (g)	572.75	536.51	525.78	570.95	570.82	
Tara + suelo seco (g)	543.20	500.42	484.83	528.66	543.89	
Peso de agua (g)	29.55	36.09	40.95	42.29	26.93	
Peso de tara (g)	51.59	53.34	70.06	44.57	52.38	
Peso de suelo seco (g)	491.61	447.08	414.77	484.09	491.51	
Humedad (%)	6.0	8.1	9.9	8.7	5.5	
Densidad Seca (gf/cm ³)	2.132	2.175	2.099	2.146	2.060	

						Gs
S=80%	2.237	2.115	2.019	2.079		2.689
S=95%	2.298	2.189	2.102	2.156		
S=100%	2.315	2.209	2.125	2.177		

PROCTOR MODIFICADO



Máxima Densidad Seca (gf/cm ³)	2.19	Óptimo Contenido Humedad (%)	7.2

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

MTC E-115

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANTERA VINOMORE
MATERIAL:	AFIRMADO

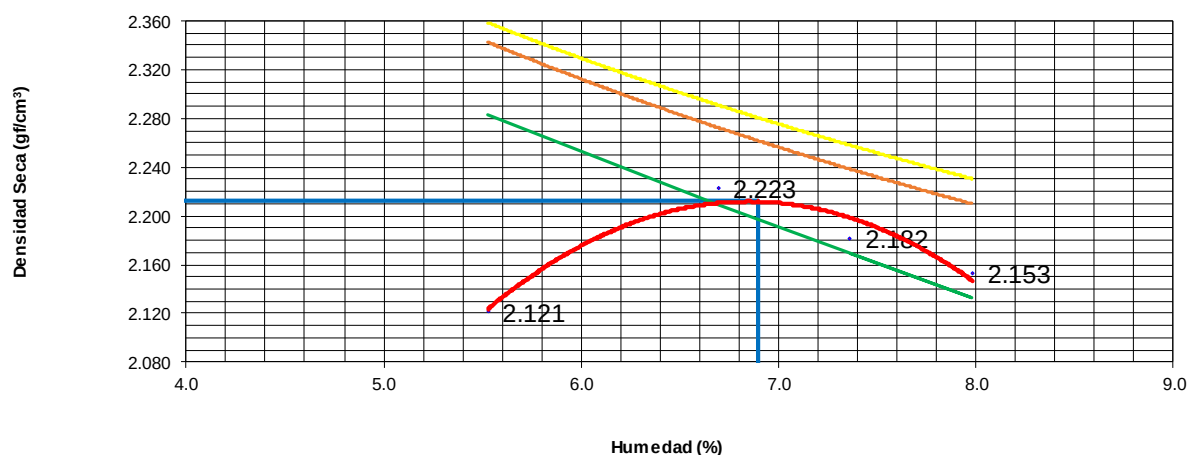
DATOS

Compactación	Peso Molde (g)	6654.00	V. Molde (cm ³)	2126.63		
Prueba N°	01	02	03	04	05	06
Número de capas	5	5	5	5		
Número de golpes	56	56	56	56		
Peso suelo + molde (g)	11414.5	11698	11599	11636		
Peso suelo compactado (g)	4761	5044	4945	4982		
Densidad húmeda (gf/cm ³)	2.239	2.372	2.325	2.343		

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4		
Tara + suelo húmedo (g)	615.83	713.55	647.30	696.00		
Tara + suelo seco (g)	586.01	672.04	602.82	651.77		
Peso de agua (g)	29.82	41.51	44.48	44.23		
Peso de tara (g)	46.50	51.93	45.51	51.08		
Peso de suelo seco (g)	539.51	620.11	557.31	600.69		
Humedad (%)	5.5	6.7	8.0	7.4		
Densidad Seca (gf/cm ³)	2.121	2.223	2.153	2.182		
					Gs	2.710
S=80%	2.283	2.209	2.133	2.169		
S=95%	2.341	2.275	2.207	2.240		
S=100%	2.357	2.294	2.228	2.259		

PROCTOR MODIFICADO



Máxima Densidad Seca (gf/cm ³)	2.21	Óptimo Contenido Humedad (%)	6.90

RAZON SOPORTE CALIFORNIA DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E-132

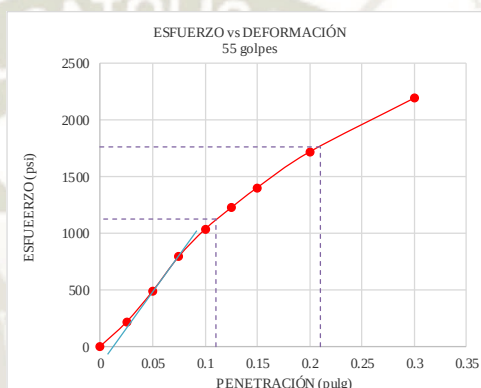
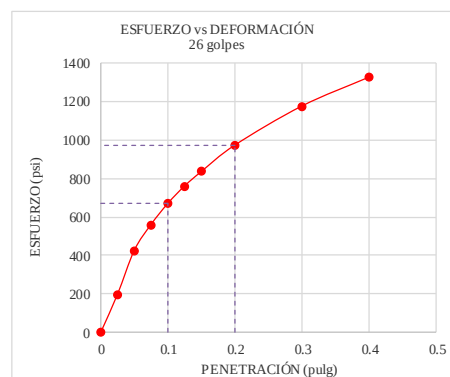
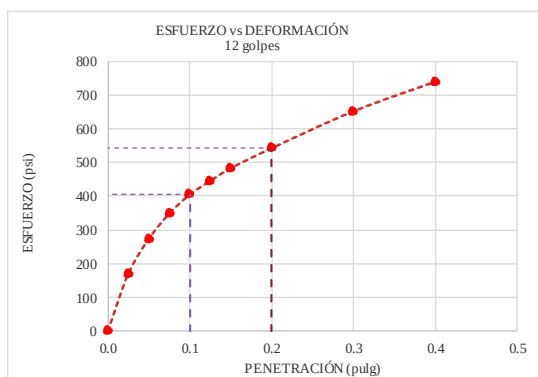
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANtera CHALLAHUAYO
MATERIAL:	AFIRMADO

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes / capa	12		26		55	
Condición de la muestra	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Área del pistón de penetración (pulg²)	3.00					
Diámetro del molde de CBR (cm)	15.20		15.17		15.26	
Altura del molde de CBR (cm)	17.80		17.77		17.79	
Altura del disco espaciador (cm)	6.13					
Peso molde+suelo húmedo (g)	11,728.5	11,908	12,385.5	12,506	12,811	12,891
Peso del molde (g)	7,125.5	7,125.5	7,588.0	7,588.0	7,855	7,855
Peso del suelo húmedo(g)	4,603	4,783	4,798	4,918	4,956	5,036
Volumen del suelo (cm³)	2,118.30	2,118.30	2,104.25	2,104.25	2,131.85	2,131.85
Densidad húmeda(gf/cm³)	2.17	2.26	2.28	2.34	2.32	2.36
Tarro N°	1		2		3	
Tarro+suelo húmedo(g)	474.99	660.30	453.64	522.62	428.69	698.40
Tarro + suelo seco (g)	449.09	601.17	430.67	478.23	405.36	646.84
Agua	25.90	59.13	22.97	44.39	23.33	51.56
Masa del tarro (g)	54.10	53.88	51.60	51.62	52.87	54.15
Peso del suelo seco (g)	394.99	547.29	379.07	426.61	352.49	592.69
% de humedad	6.56	10.80	6.06	10.41	6.62	8.70
Densidad seca (gf/cm³)	2.039	2.038	2.150	2.117	2.180	2.173

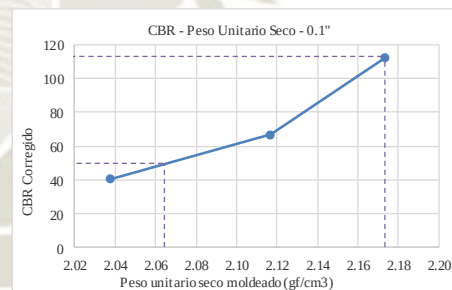
EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión (%)	Dial	Expansión	Dial	Expansión
03/03/2020			6.11		1.540		8.430	
07/03/2020			6.42	0.2656	1.69	0.1288	8.68	0.2144

Penetración		12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.
mm	pulg	-	-	-	KN	KN	KN	lbf	lbf	lbf	psi	psi	psi
0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	0.025	46	55	60	2.27	2.64	2.85	509.20	593.49	640.32	169.73	197.83	213.44
1.27	0.050	79	128	147	3.64	5.68	6.47	818.28	1277.21	1455.16	272.76	425.74	485.05
1.9	0.075	103	171	245	4.64	7.47	10.56	1043.06	1679.95	2373.03	347.69	559.98	791.01
2.54	0.100	121	206	322	5.39	8.93	13.76	1211.65	2007.75	3094.21	403.88	669.25	1031.40
3.17	0.125	134	235	383	5.93	10.14	16.31	1333.40	2279.37	3665.53	444.47	759.79	1221.84
3.81	0.150	146	259	440	6.43	11.14	18.68	1445.80	2504.15	4199.39	481.93	834.72	1399.80
5.08	0.200	165	303	541	7.22	12.97	22.89	1623.75	2916.25	5145.36	541.25	972.08	1715.12
7.62	0.300	200	368	693	8.68	15.68	29.22	1951.56	3525.04	6568.98	650.52	1175.01	2189.66
10.16	0.400	228	416		9.85	17.68		2213.81	3974.61		737.94	1324.87	
12.7	0.500												



Variable	Und.	12 G.	26 G.	55 G.
Peso Unitario Seco	gf/cm ³	2.04	2.12	2.17
95% Maximo P.U.S.	gf/cm ³		2.06	
Esfuerzo 0.1"	psi	403.88	669.25	1,119.00
Esfuerzo 0.2"	psi	541.25	972.08	1,759.00
CBR 0.1"	%	40.39	66.93	111.90
CBR 0.2"	%	36.08	64.81	117.27



CBR al 0.1" y 100% de la M.D.S.	113%
CBR al 0.1" y 95% DE LA M.D.S.	50%

RAZON SOPORTE CALIFORNIA DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E-132

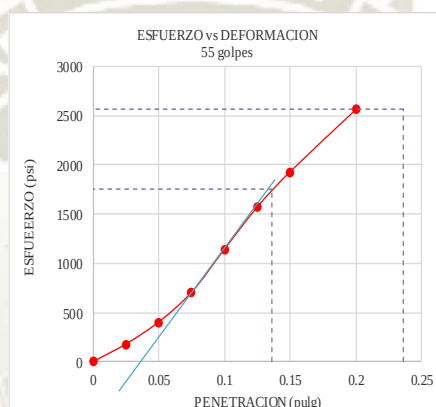
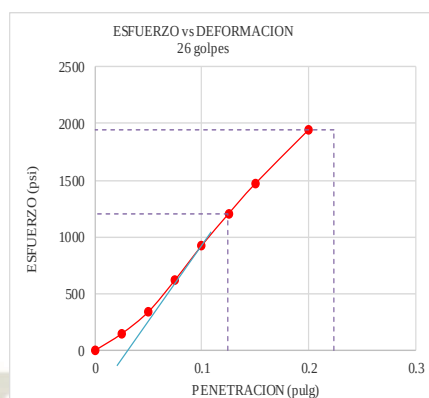
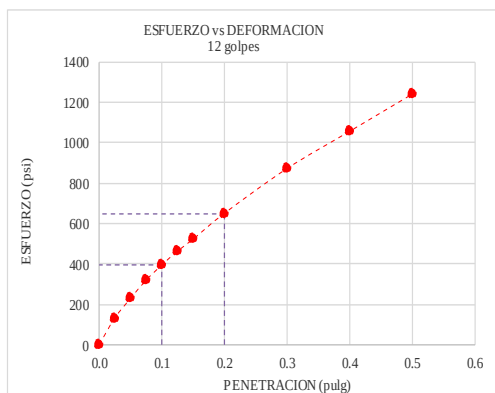
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	CANTERA VINOMORE
MATERIAL:	AFIRMADO

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes / capa	12		26		55	
Condicion de la muestra	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Área del pistón de penetración (pulg²)	3.00					
Diámetro del molde de CBR (cm)	15.19		15.30		15.22	
Altura del molde de CBR (cm)	17.75		17.7		17.8	
Altura del disco espaciador (cm)	6.18					
Peso molde+suelo húmedo (g)	13,155	13,308	13,536	13,601	12,598	12,640
Peso del molde (g)	8,657.0	8,657.0	8,716.5	8,716.5	7,679	7,679
Peso del suelo húmedo(g)	4,498	4,651	4,820	4,885	4,919	4,961
Volumen del suelo (cm³)	2,096.71	2,096.71	2,116.61	2,116.61	2,113.27	2,113.27
Densidad húmeda(gf/cm³)	2.15	2.22	2.28	2.31	2.33	2.35
Tarro N°	1		2		3	
Tarro+suelo húmedo(g)	502.40	690.85	598.80	689.07	476.20	683.57
Tarro + suelo seco (g)	479.10	635.66	573.40	639.63	454.10	639.40
Agua	23.30	55.19	25.40	49.44	22.10	44.17
Masa del tarro (g)	69.60	53.34	69.70	51.98	71.80	51.05
Peso del suelo seco (g)	409.50	582.32	503.70	587.65	382.30	588.35
% de humedad	5.69	9.48	5.04	8.41	5.78	7.51
Densidad seca (gf/cm³)	2.030	2.026	2.168	2.129	2.200	2.184

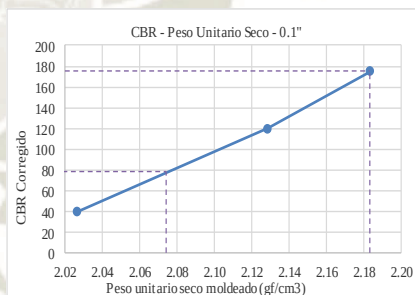
EXPANSIÓN

Fecha	Dial	Expansión (%)	Dial	Expansión(%)	Dial	Expansión(%)
02/03/2020	2.11		4.995		6.535	
06/03/2020	2.10	-0.009	4.950	-0.039	6.650	0.099

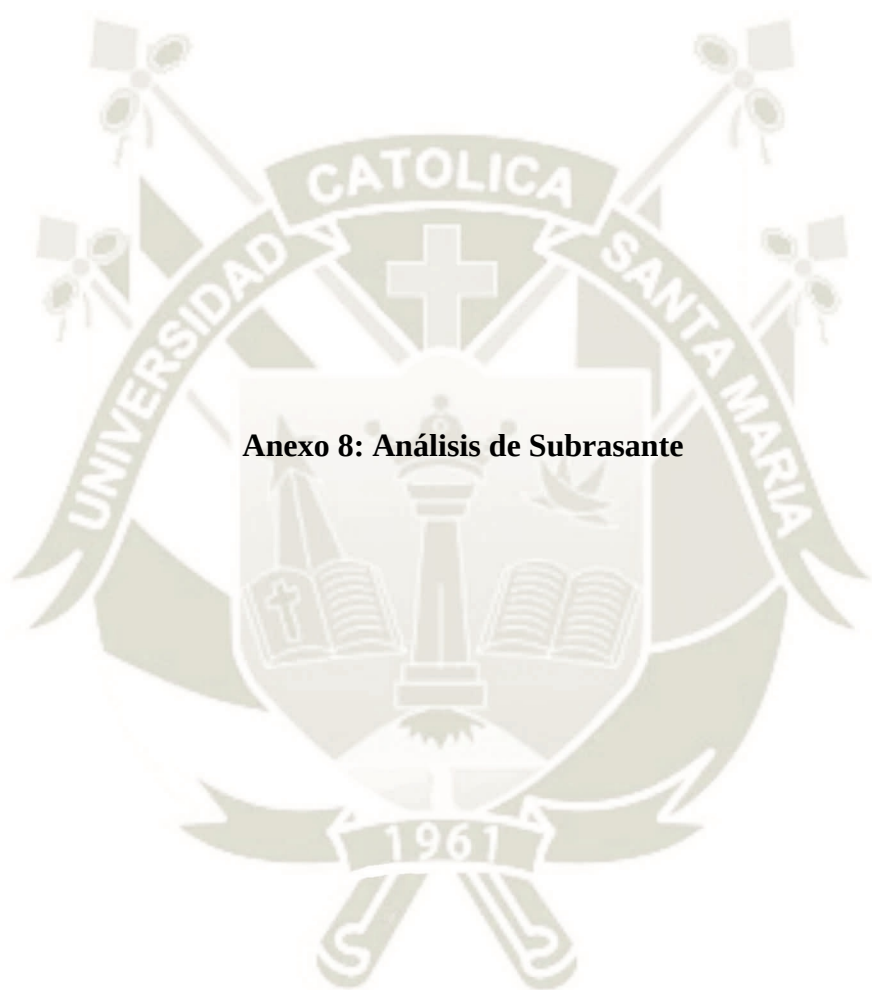
Penetración mm	pulg	12 G. -	26 G. -	55 G. -	12 G. KN	26 G. KN	55 G. KN	12 G. lbf	26 G. lbf	55 G. lbf	12 G. psi	26 G. psi	55 G. psi
0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	0.025	34	39	49	1.77	1.97	2.39	396.81	443.64	537.30	132.27	147.88	179.10
1.27	0.050	65	101	121	3.06	4.56	5.39	687.15	1024.33	1211.65	229.05	341.44	403.88
1.9	0.075	94	191	218	4.26	8.31	9.43	958.77	1867.27	2120.15	319.59	622.42	706.72
2.54	0.100	118	288	358	5.26	12.35	15.26	1183.55	2775.76	3431.38	394.52	925.25	1143.79
3.17	0.125	140	377	495	6.18	16.06	20.97	1389.60	3609.34	4714.52	463.20	1203.11	1571.51
3.81	0.150	159	462	609	6.97	19.60	25.72	1567.55	4405.44	5782.24	522.52	1468.48	1927.41
5.08	0.200	200	614	811	8.68	25.93	34.14	1951.56	5829.07	7674.17	650.52	1943.02	2558.06
7.62	0.300	271			11.64			2616.54			872.18		
10.16	0.400	330			14.10			3169.14			1056.38		
12.7	0.500	389			16.56			3721.73			1240.58		



Variable	Und.	12 G.	26 G.	55 G.
Peso Unitario Seco	gf/cm ³	2.03	2.13	2.18
95% Maximo P.U.S.	gf/cm ³		2.07	
Esfuerzo 0.1"	psi	394.52	1,201.00	1,749.00
Esfuerzo 0.2"	psi	650.52	1,943.02	2,558.06
CBR 0.1"	%	39.45	120.10	174.90
CBR 0.2"	%	43.37	129.53	170.54



CBR al 0.1" y 100% de la M.D.S.	176%
CBR al 0.1" y 95% DE LA M.D.S.	78%



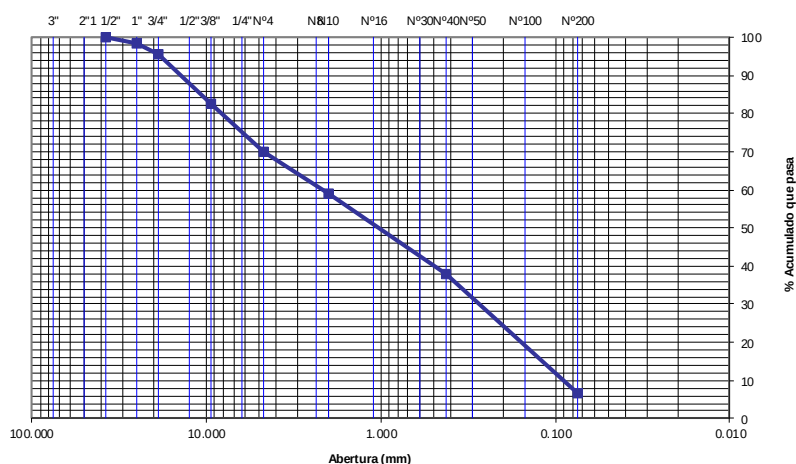
Anexo 8: Análisis de Subrasante

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
MTC E-107

TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR	ANEXO DE CHALLAHUAYO-DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL	SUBRASANTE
ESTRATO	ESTRATO 1

Masa muestra total seca (g)	10000.00	Peso arena total (g)	6994.46
Masa grava seca (g)	3005.54	Peso arena para ensayar (g)	1754

Tamices ASTM	Abertura en mm	Masa Retenida (g)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa		
1 1/2"	37.500				100.00		
1"	25.000	152.89	1.53	1.5	98.47		
3/4"	19.000	304.97	3.05	4.6	95.42		
1/2"	12.500	814.83	8.15	12.7	87.27		
3/8"	9.500	478.55	4.79	17.5	82.49		
Nº4	4.750	1254.30	12.54	30.1	69.94		
Nº8	2.360	224.45	8.95	39.0	60.99		
Nº10	2.000	47.93	1.91	40.9	59.08		
Nº16	1.190	135.73	5.41	46.3	53.67		
Nº30	0.595	218.71	8.72	55.1	44.95		
Nº40	0.420	180.89	7.21	62.3	37.74		
Nº50	0.300	195.99	7.82	70.1	29.92		
Nº100	0.150	331.38	13.21	83.3	16.71		
Nº200	0.075	255.11	10.17	93.5	6.53		
Fondo		163.81	6.53	100.0	0.00		


**Límites de Consistencia
MTC E 110, MTC E 111**

Límite Líquido (%)	18.25
Límite Plástico (%)	NP
Ind. Plasticidad (%)	18.25

Clasificación de Suelos

Pasa Nº4 (%)	69.9
Pasa Nº10 (%)	59.1
Pasa Nº40 (%)	37.7
Pasa Nº200 (%)	6.5
D10	0.109
D30	0.301
D60	2.174
SUCS	SP-SC
AASHTO	A-2-6
Cu	19.944
Cc	0.383
IG	0
	MUY BUENO

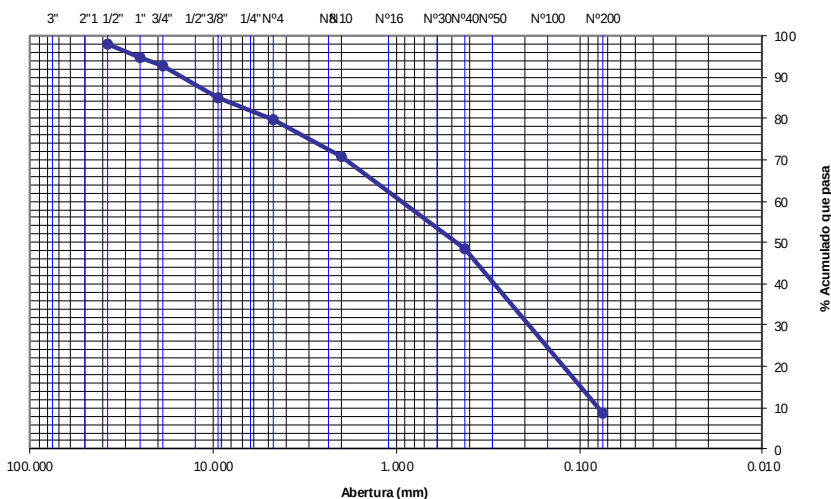
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

MTC E-107

TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR	ANEXO DE CHALLAHUAYO-DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL	SUBRASANTE
ESTRATO	ESTRATO 2

Masa muestra total seca (g)	15800	Masa arena total	12590.41
Masa grava seca (g)	3209.59	Masa arena para ensayar	2818.31

Tamices ASTM	Abertura en mm	Masa Retenido (g)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa		
1 1/2"	37.500	297.94	1.89	1.9	98.11		
1"	25.000	526.12	3.33	5.2	94.78		
3/4"	19.000	331.16	2.10	7.3	92.68		
1/2"	12.500	544.82	3.45	10.8	89.24		
3/8"	9.500	645.78	4.09	14.9	85.15		
Nº4	4.750	863.77	5.47	20.3	79.68		
Nº8	2.360	220.30	6.23	26.5	73.45		
Nº10	2.000	99.45	2.81	29.4	70.64		
Nº16	1.190	176.50	4.99	34.3	65.65		
Nº30	0.595	314.08	8.88	43.2	56.77		
Nº40	0.420	293.69	8.30	51.5	48.47		
Nº50	0.300	347.05	9.81	61.3	38.66		
Nº100	0.150	591.36	16.72	78.1	21.94		
Nº200	0.075	465.89	13.17	91.2	8.76		
Fondo		309.99	8.76	100.0	0.00		



Límites de Consistencia MTC E 110, MTC E 111	
Límite Líquido (%)	19.01
Límite Plástico (%)	NP
Ind. Plasticidad (%)	19.01

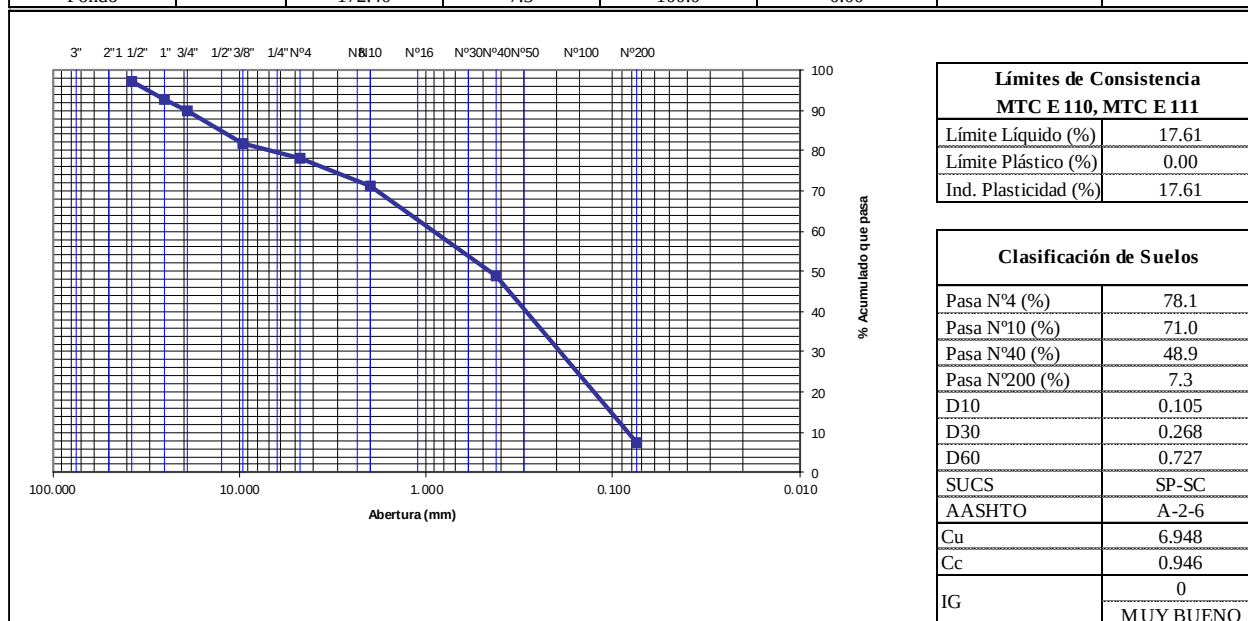
Clasificación de Suelos	
Pasa N°4 (%)	79.7
Pasa N°10 (%)	70.6
Pasa N°40 (%)	48.5
Pasa N°200 (%)	8.8
D10	0.086
D30	0.233
D60	0.821
SUCS	SP-SC
AASHTO	A-2-6
Cu	9.576
Cc	0.770
IG	0
	MUY BUENO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
MTC E-107

TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR	DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL	SUBRASANTE
ESTRATO	ESTRATO 1

Masa muestra total seca (g)	13800	Masa arena total (g)	10777.81
Masa grava seca (g)	3022.19	Masa arena para ensayar (g)	1850

Tamices ASTM	Abertura en mm	Masa Retenida (g)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa		
3"	75.000		0.0	0.0	100.00		
2"	50.000	0	0.0	0.0	100.00		
1 1/2"	37.500	386.40	2.8	2.8	97.20		
1"	25.000	593.50	4.3	7.1	92.90		
3/4"	19.000	400.30	2.9	10.0	90.00		
1/2"	12.500	814.20	5.9	15.9	84.10		
3/8"	9.500	331.20	2.4	18.3	81.70		
Nº4	4.750	496.79	3.6	21.9	78.10		
Nº8	2.360	100.50	4.2	26.1	73.86		
Nº10	2.000	67.48	2.8	29.0	71.01		
Nº16	1.190	105.55	4.5	33.4	66.55		
Nº30	0.595	196.54	8.3	41.7	58.25		
Nº40	0.420	221.95	9.4	51.1	48.88		
Nº50	0.300	320.07	13.5	64.6	35.37		
Nº100	0.150	452.49	19.1	83.7	16.27		
Nº200	0.075	213.03	9.0	92.7	7.28		
Fondo		172.40	7.3	100.0	0.00		



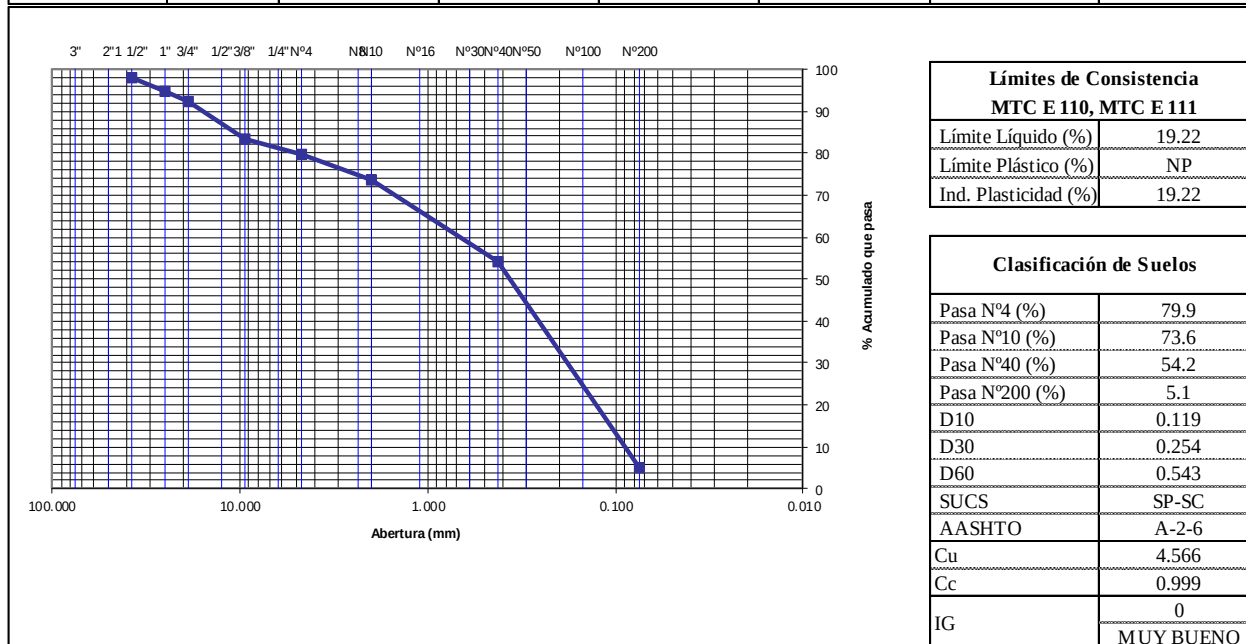
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

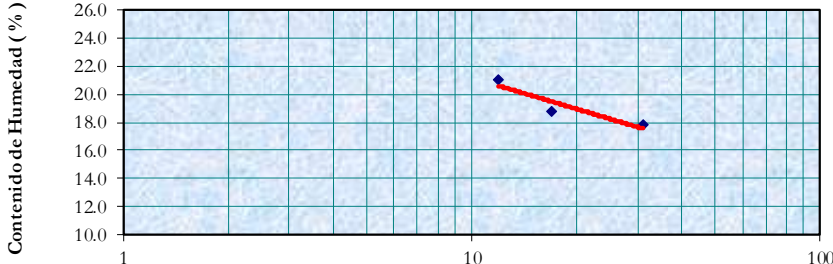
MTC E-107

TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL
LUGAR	DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL	SUBRASANTE
ESTRATO	ESTRATO 2

Masa muestra total seca (g)	17300.00	Masa arena total (g)	13814.11
Masa grava seca (g)	3485.89	Masa arena para ensayar (g)	1952

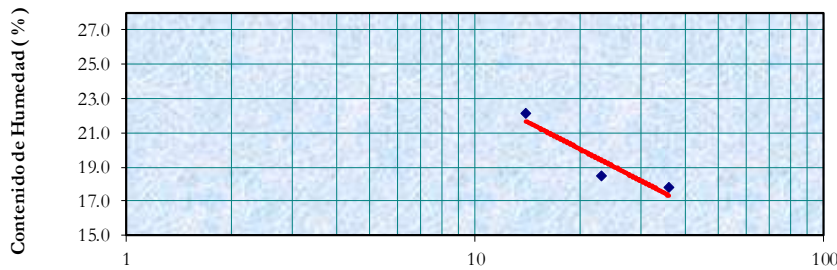
Tamices ASTM	Abertura en mm	Masa Retenida (g)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa		
3"	75.000		0.0	0.0	100.00		
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.00		
1 1/2"	37.500	329.42	1.90	1.9	98.10		
1"	25.000	578.06	3.34	5.2	94.75		
3/4"	19.000	394.39	2.28	7.5	92.47		
1/2"	12.500	849.17	4.91	12.4	87.57		
3/8"	9.500	735.26	4.25	16.7	83.32		
Nº4	4.750	599.59	3.47	20.1	79.85		
Nº8	2.360	89.85	3.68	23.8	76.17		
Nº10	2.000	62.56	2.56	26.4	73.62		
Nº16	1.190	93.88	3.84	30.2	69.78		
Nº30	0.595	173.94	7.12	37.3	62.66		
Nº40	0.420	206.24	8.44	45.8	54.22		
Nº50	0.300	360.22	14.74	60.5	39.49		
Nº100	0.150	569.51	23.30	83.8	16.19		
Nº200	0.075	271.62	11.11	94.9	5.08		
Fondo		124.16	5.08	100.0	0.00		



MTC E 110, MTC E 111																			
TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA																		
LUGAR	ANEXO DE CHALLAHUA YO, DISTRITO DE LA CAPILLA																		
MATERIAL	SUBRASANTE																		
ESTRATO	1																		
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			LÍMITES DE CONSISTENCIA: LÍMITE LÍQ											
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3												
Masa Tara + Muestra Húmeda	g	24.90	26.80	24.00				Límite Líquido: LL = 18.25%											
Masa Tara + Muestra Seca	g	22.80	24.28	21.76				Límite Plástico: LP = 0.00%											
Masa de la Tara	g	11.00	10.90	11.10				Índice de Plasticidad : IP = 18.25%											
Masa de la Muestra Seca	g	11.80	13.38	10.66	0.00	0.00	0.00												
Masa del Agua	g	2.10	2.52	2.24	0.00	0.00	0.00												
Contenido de Humedad	%	17.80	18.83	21.01	0.00	0.00	0.00												
Número de Golpes		31	17	12	Promedio :		0.00												
		LÍMITE LÍQUIDO  <table><tr><td>Número de Golpes</td><td>Contenido de Humedad (%)</td></tr><tr><td>31</td><td>17.80</td></tr><tr><td>17</td><td>18.83</td></tr><tr><td>12</td><td>21.01</td></tr><tr><td>25</td><td>18.248</td></tr></table>								Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)	31	17.80	17	18.83	12	21.01	25	18.248
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)																		
31	17.80																		
17	18.83																		
12	21.01																		
25	18.248																		
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)																		
31	17.80																		
17	18.83																		
12	21.01																		
25	18.248																		

LÍMITES DE CONSISTENCIA: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO									
MTC E 110, MTC E 111									
TESIS		DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA							
LUGAR		ANEXO DE CHALLAHUA YO, DISTRITO DE LA CAPILLA							
MATERIAL		SUBRASANTE							
ESTRATO		2							
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número		Unidades	1	2	3	1	2		
Masa Tara + Muestra Húmeda		g	21.35	25.00	22.10				Límite Líquido: LL = 19.01%
Masa Tara + Muestra Seca		g	19.80	22.50	20.40				Límite Plástico: LP = 0.00%
Masa de la Tara		g	11.10	11.20	11.20				Índice de Plasticidad : IP = 19.01%
Masa de la Muestra Seca		g	8.70	11.30	9.20	0.00	0.00	0.00	
Masa del Agua		g	1.55	2.50	1.70	0.00	0.00	0.00	
Contenido de Humedad		%	17.82	22.12	18.48	0.00	0.00	0.00	
Número de Golpes			36	14	23	Promedio :		0.00	
Número de Golpes		Contenido de Humedad (%)							
36		17.82							
14		22.12							
23		18.48							
25		19.014							

LÍMITE LÍQUIDO

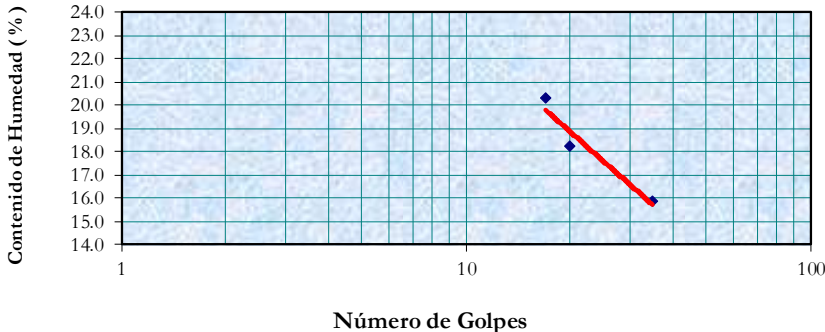


Contenido de Humedad (%)

Número de Golpes

LÍMITES DE CONSISTENCIA: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO									
MTC E 110, MTC E 111									
TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA								
LUGAR	DISTRITO DE LA CAPILLA								
MATERIAL	SUBRASANTE								
ESTRATO	1								
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3		
Masa Tara + Muestra Húmeda	g	20.88	22.10	20.75				Límite Líquido: LL = 17.61%	
Masa Tara + Muestra Seca	g	19.23	20.61	19.23				Límite Plástico: LP = 0.00%	
Masa de la Tara	g	11.10	11.20	10.90				Índice de Plasticidad : IP = 17.61%	
Masa de la Muestra Seca	g	8.13	9.41	8.33	2.94	3.13	4.04		
Masa del Agua	g	1.65	1.49	1.52	0.48	0.50	0.51		
Contenido de Humedad	%	20.30	15.83	18.25	0.00	0.00	0.00		
Número de Golpes		17	35	20	Promedio :		0.00		
Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)								
17	20.30								
35	15.83								
20	18.25								
25	17.608								

LÍMITE LÍQUIDO

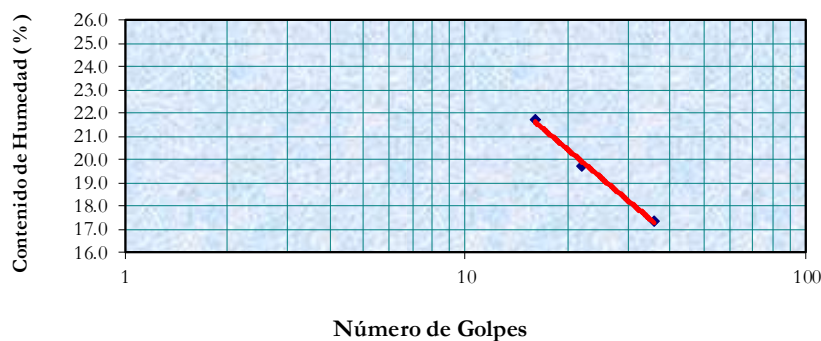


Número de Golpes (N)	Contenido de Humedad (LL) (%)
17	20.30
20	18.25
35	15.83

LÍMITES DE CONSISTENCIA: LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO
MTC E 110, MTC E 111

TESIS	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR	DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL	SUBRASANTE
ESTRATO	2

Tara Número	Unidades	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
		1	2	3	1	2	3	
Masa Tara + Muestra Húmeda	g	20.25	21.00	23.32				Límite Líquido: LL = 19.22%
Masa Tara + Muestra Seca	g	18.58	19.37	21.50				Límite Plástico: LP = 0.00%
Masa de la Tara	g	10.90	11.10	11.00				Índice de Plasticidad : IP = 19.22%
Masa de la Muestra Seca	g	7.68	8.27	10.50	0.00	0.00	0.00	
Masa del Agua	g	1.67	1.63	1.82	0.00	0.00	0.00	
Contenido de Humedad	%	21.74	19.71	17.33	0.00	0.00	0.00	
Número de Golpes		16	22	36	Promedio :			0.00

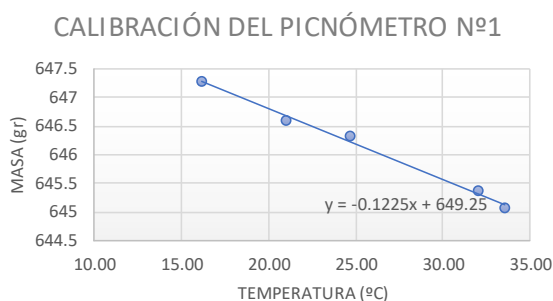
LÍMITE LÍQUIDO


Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
16	21.74
22	19.71
36	17.33
25	19.220

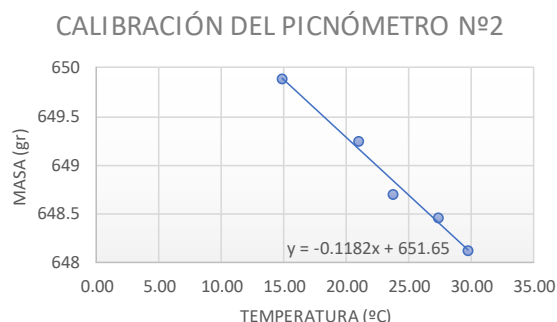
**MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DE SUELO
MEDIANTE PICNÓMETRO DE AGUA**
MTC E-113

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	ANEXO CHALLAHUA YO-DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL:	SUBRASANTE
ESTRATO:	1

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°1		
N°	TEMPERATURA (°C)	MASA (g)
1	16.20	647.27
2	21.00	646.61
3	24.70	646.32
4	32.00	645.37
5	33.60	645.08



CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°2		
N°	TEMPERATURA (°C)	MASA (g)
1	14.90	649.89
2	21.00	649.25
3	23.70	648.71
4	27.40	648.47
5	29.80	648.13



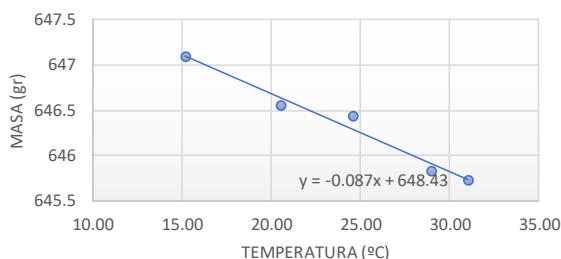
	Picnómetro 1	Picnómetro 2
Masa del picnómetro seco (g)	149.40	151.28
Volumen del picnómetro (ml)	500.00	500.00
Temperatura de agua en el ensayo (°C)	25.70	24.00
Densidad del agua a la temperatura del ensayo (g/ml)	0.99687	0.99730
Masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (g)	646.10	648.81
Masa del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (g)	712.17	713.78
Masa del espécimen (g)	106.88	106.1
Masa tara (g)	122.64	124.45
Masa tara y espécimen seca (g)	229.54	230.29
Masa espécimen seca (g)	106.90	105.84
Densidad del agua para la temperatura de 20.0 °C (g/ml)	0.99821	0.99821
Coeficiente de temperatura de ensayo (k)	0.99866	0.99909
Gravedad específica	2.61	2.59

**MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DE SUELO
MEDIANTE PICNÓMETRO DE AGUA**
MTC E-113

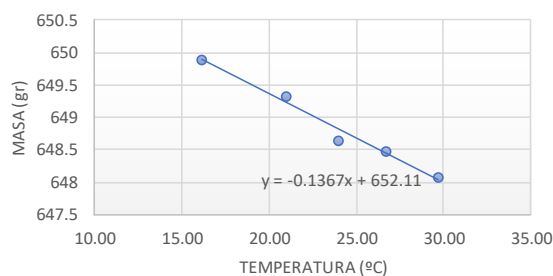
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	ANEXO CHALLAHUA YO-DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL:	SUBRASANTE
ESTRATO:	2

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°1

N°	TEMPERATURA (°C)	MASA (g)
1	15.20	647.11
2	20.50	646.57
3	24.60	646.45
4	29.00	645.83
5	31.00	645.74

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°1

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N° 2

N°	TEMPERATURA (°C)	MASA (g)
1	16.10	649.91
2	21.00	649.34
3	24.00	648.66
4	26.70	648.49
5	29.70	648.09

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°2


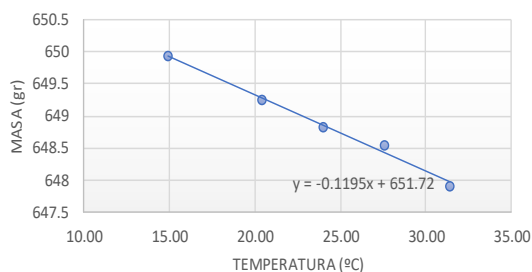
	Picnómetro 1	Picnómetro 2
Masa del picnómetro seco (g)	149.40	151.28
Volumen del picnómetro (ml)	500.00	500.00
Temperatura de agua en el ensayo (°C)	23.00	23.00
Densidad del agua a la temperatura del ensayo (g/ml)	0.99754	0.99754
Masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (g)	646.43	648.97
Masa del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (g)	709.41	712.82
Masa del espécimen (g)	107.70	106.15
Masa tara (g)	111.78	110.93
Masa tara y espécimen seca (g)	216.67	216.35
Masa espécimen seca (g)	104.89	105.42
Densidad del agua para la temperatura de 20.0 °C (g/ml)	0.99821	0.99821
Coefficiente de temperatura de ensayo (k)	0.99933	0.99933
Gravedad específica	2.50	2.53

**MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE
PICNÓMETRO DE AGUA**
MTC E-113

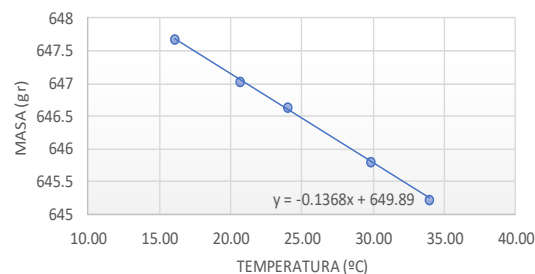
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYA-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL:	SUBRASANTE
ESTRATO:	1

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N° 1

N°	TEMPERATURA (°C)	MASA (gr)
1	14.90	649.94
2	20.40	649.26
3	24.00	648.83
4	27.60	648.54
5	31.40	647.9

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°1

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°2

N°	TEMPERATURA (°C)	MASA (gr)
1	16.10	647.69
2	20.70	647.04
3	24.00	646.64
4	29.90	645.81
5	34.00	645.23

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°2


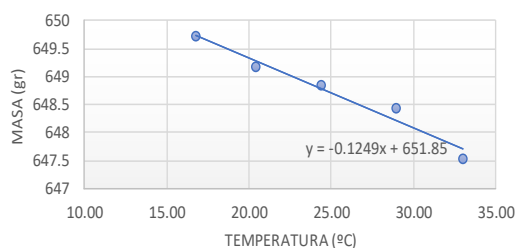
	Picnómetro 1	Picnómetro 2
Masa del picnómetro seco (g)	151.64	149.39
Volumen del picnómetro (ml)	500.00	500.00
Temperatura de agua en el ensayo (°C)	23.00	22.80
Densidad del agua a la temperatura del ensayo (g/ml)	0.99754	0.99759
Masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (g)	648.97	646.78
Masa del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (g)	710.23	707.86
Masa del espécimen (g)	105.81	104.47
Masa tara (g)	242.56	232.67
Masa tara y espécimen seca (g)	348.00	337.03
Masa espécimen seca (g)	105.44	104.36
Densidad del agua para la temperatura de 20.0 °C (g/ml)	0.99821	0.99821
Coefficiente de temperatura de ensayo (k)	0.99933	0.99938
Gravedad específica	2.38	2.41

**MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DE SUELO MEDIANTE
PICNÓMETRO DE AGUA**
MTC E-113

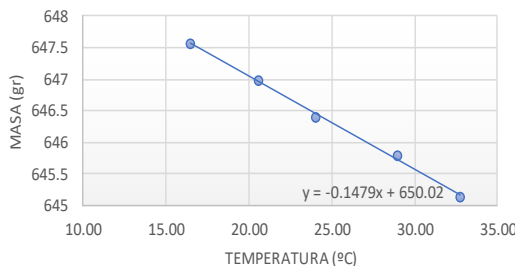
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL:	SUBRASANTE
ESTRATO:	2

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N° 1

N°	TEMPERATURA (°C)	MASA (g)
1	16.80	649.75
2	20.40	649.18
3	24.40	648.86
4	29.00	648.45
5	33.00	647.55

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N°1

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO N° 2

N°	TEMPERATURA (°C)	MASA (g)
1	16.50	647.58
2	20.60	646.99
3	24.00	646.40
4	29.00	645.80
5	32.70	645.15

CALIBRACION DEL PICNÓMETRO N°2


	Picnómetro 1	Picnómetro 2
Masa del picnómetro seco (g)	149.40	151.28
Volumen del picnómetro (ml)	500.00	500.00
Temperatura de agua en el ensayo (°C)	22.60	22.40
Densidad del agua a la temperatura del ensayo (g/ml)	0.99764	0.99768
Masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (g)	649.03	646.71
Masa del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (g)	711.05	708.02
Masa del espécimen (g)	107.38	105.36
Masa tara (g)	123.04	124.09
Masa tara y espécimen seca (g)	230.03	229.25
Masa espécimen seca (g)	106.99	105.16
Densidad del agua para la temperatura de 20.0 °C (g/ml)	0.99821	0.99821
Coficiente de temperatura de ensayo (k)	0.99943	0.99947
Gravedad específica	2.38	2.40

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

MTC E-115

TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	ANEXO CHALLA HUA YO-DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL:	SUBRASANTE
ESTRATO:	1

DATOS

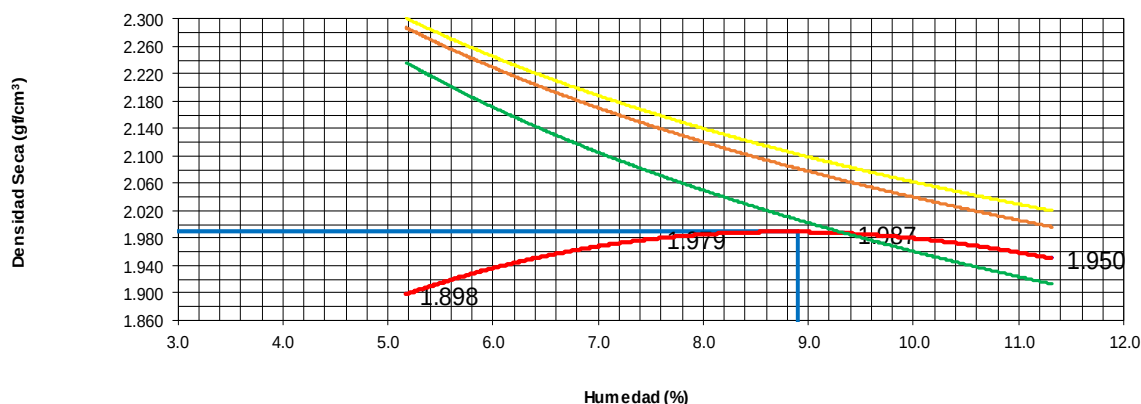
Compactación	Peso Molde (g)	6654.00	V. Molde (cm ³)	2126.63		
Prueba N°	01	02	03	04	05	06
Número de capas	5	5	5	5		
Número de golpes	25	25	25	25		
Peso suelo + molde (g)	10899.5	11179	11275	11271		
Peso suelo compactado (g)	4246	4525	4621	4617		
Densidad húmeda (gf/cm ³)	1.996	2.128	2.173	2.171		

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4		
Tara + suelo húmedo (g)	563.87	612.90	610.87	615.31		
Tara + suelo seco (g)	538.44	573.77	562.76	557.86		
Peso de agua (g)	25.43	39.13	48.11	57.45		
Peso de tara (g)	46.48	53.35	47.23	50.29		
Peso de suelo seco (g)	491.96	520.42	515.53	507.57		
Humedad (%)	5.2	7.5	9.3	11.3		
Densidad Seca (gf/cm ³)	1.898	1.979	1.987	1.950		

					Gs
S=80%	2.227	2.090	1.996	1.901	2.601
S=95%	2.279	2.157	2.072	1.986	
S=100%	2.293	2.176	2.093	2.009	

PROCTOR MODIFICADO



Máxima Densidad Seca (gf/cm ³)	1.99	Óptimo Contenido Humedad (%)	8.9

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

MTC E-115

TESIS:

DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA

LUGAR:

ANEXO CHALLAHUA YO-DISTRITO DE LA CAPILLA

MATERIAL:

SUBRASANTE

ESTRATO:

2

DATOS

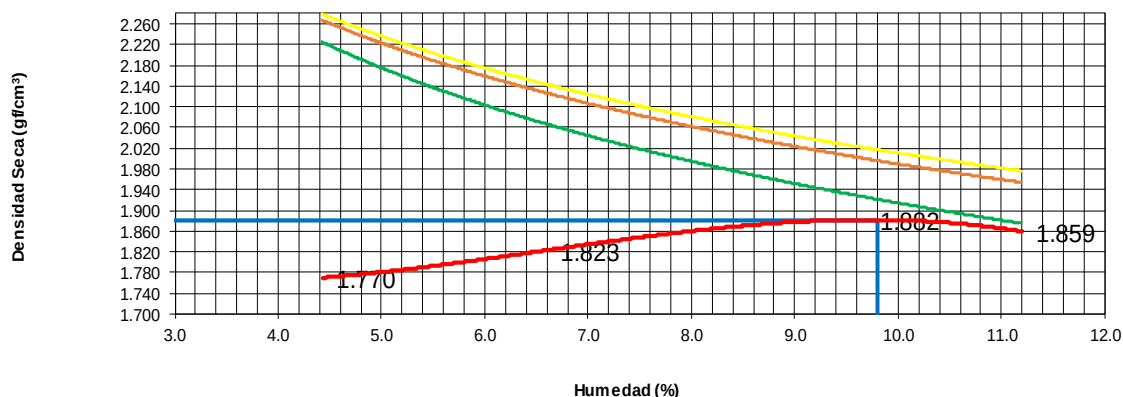
Compactación	Peso Molde (g)	6654.00	V. Molde (cm ³)	2126.63		
Prueba N°	01	02	03	04	05	06
Número de capas	5	5	5	5		
Número de golpes	25	25	25	25		
Peso suelo + molde (g)	10585	10786.5	11044.0	11051.0		
Peso suelo compactado (g)	3931	4133	4390	4397		
Densidad húmeda (gf/cm ³)	1.848	1.943	2.064	2.068		

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4		
Tara + suelo húmedo (g)	501.20	505.56	535.82	526.01		
Tara + suelo seco (g)	482.00	477.10	493.09	478.20		
Peso de agua (g)	19.20	28.46	42.73	47.81		
Peso de tara (g)	48.51	45.50	51.94	51.04		
Peso de suelo seco (g)	433.49	431.60	441.15	427.16		
Humedad (%)	4.4	6.6	9.7	11.2		
Densidad Seca (gf/cm ³)	1.770	1.823	1.882	1.859		

						Gs
S=80%	2.211	2.087	1.931	1.863		2.520
S=95%	2.255	2.145	2.005	1.943		
S=100%	2.267	2.161	2.026	1.966		

PROCTOR MODIFICADO



Máxima Densidad Seca (gf/cm ³)	1.88	Óptimo Contenido Humedad (%)	9.8

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

MTC E-115

TESIS:

DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA

LUGAR:

LA CAPILLA-DISTRITO DE LA CAPILLA

MATERIAL:

SUBRASANTE

ESTRATO:

1

DATOS

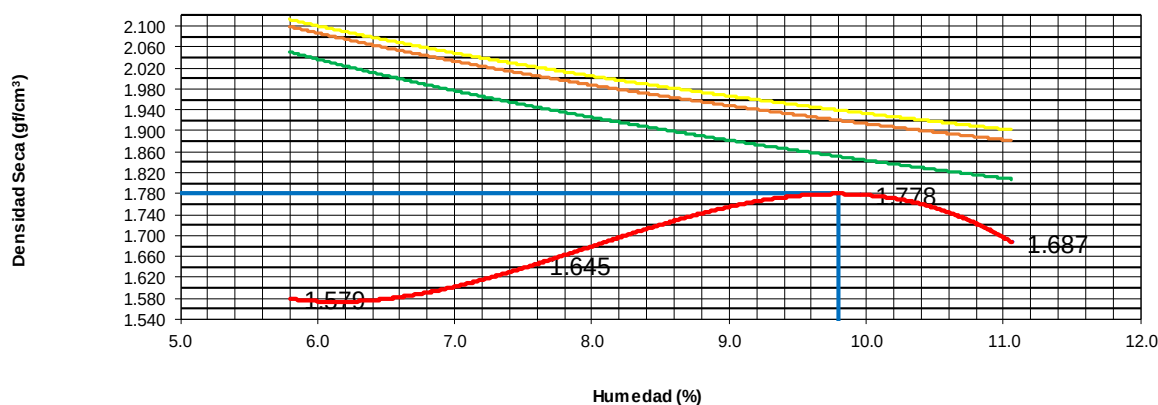
Compactación	Peso Molde (g)	6654.00	V. Molde (cm ³)	2126.63		
Prueba N°	01	02	03	04	05	06
Número de capas	5	5	5	5		
Número de golpes	25	25	25	25		
Peso suelo + molde (g)	10207.5	10417	10812	10638		
Peso suelo compactado (g)	3554	3763	4158	3984		
Densidad húmeda (gf/cm ³)	1.671	1.769	1.955	1.873		

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4		
Tara + suelo húmedo (g)	515.84	577.71	584.41	581.92		
Tara + suelo seco (g)	490.48	541.92	538.02	529.10		
Peso de agua (g)	25.36	35.79	46.39	52.82		
Peso de tara (g)	53.08	70.04	72.10	51.61		
Peso de suelo seco (g)	437.40	471.88	465.92	477.49		
Humedad (%)	5.8	7.6	10.0	11.1		
Densidad Seca (gf/cm ³)	1.579	1.645	1.778	1.687		

						Gs
S=80%	2.044	1.955	1.848	1.802		2.40
S=95%	2.093	2.014	1.918	1.876		
S=100%	2.107	2.030	1.937	1.897		

PROCTOR MODIFICADO



Máxima Densidad Seca (gf/cm ³)	1.78	Óptimo Contenido Humedad (%)	9.8

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

MTC E-115

TESIS: DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA

LUGAR: LA CAPILLA-DISTRITO DE LA CAPILLA

MATERIAL: SUBRASANTE

ESTRATO: 2

DATOS

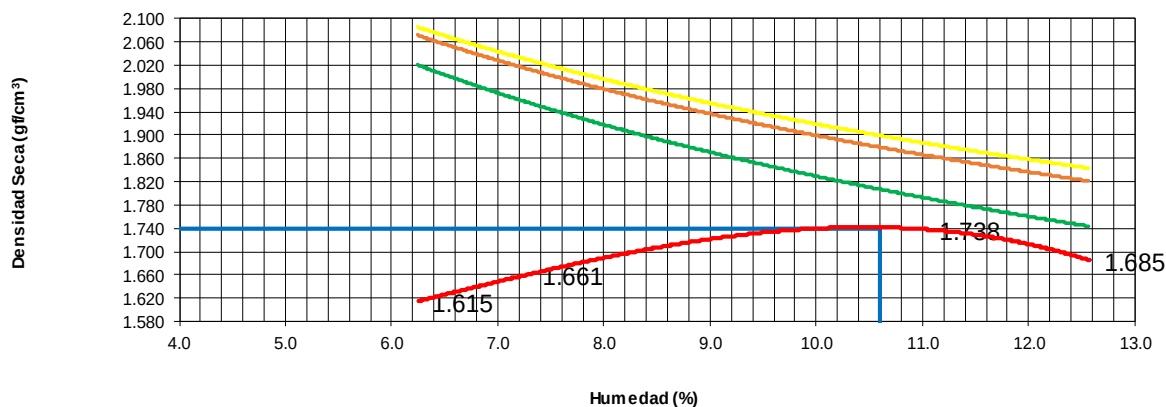
Compactación	Peso Molde (g)	6654.00	V. Molde (cm ³)	2126.60		
Prueba N°	01	02	03	04	05	06
Número de capas	5	5	5	5		
Número de golpes	25	25	25	25		
Peso suelo + molde (g)	10302.5	10442.5	10758	10688.5		
Peso suelo compactado (g)	3649	3789	4104	4035		
Densidad húmeda (gf/cm ³)	1.716	1.781	1.930	1.897		

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4		
Tara + suelo húmedo (g)	525.09	502.20	594.50	496.58		
Tara + suelo seco (g)	497.33	471.63	540.61	447.17		
Peso de agua (g)	27.76	30.57	53.89	49.41		
Peso de tara (g)	52.84	51.90	51.50	54.10		
Peso de suelo seco (g)	444.49	419.73	489.11	393.07		
Humedad (%)	6.2	7.3	11.0	12.6		
Densidad Seca (gf/cm ³)	1.615	1.661	1.738	1.685		

					Gs
S=80%	2.014	1.963	1.798	1.738	2.39
S=95%	2.065	2.020	1.871	1.816	
S=100%	2.080	2.036	1.892	1.838	

PROCTOR MODIFICADO



Máxima Densidad Seca (gf/cm ³)	1.74	Óptimo Contenido Humedad (%)	10.6

RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA DE SUELOS (LABORATORIO)

MTC E-132

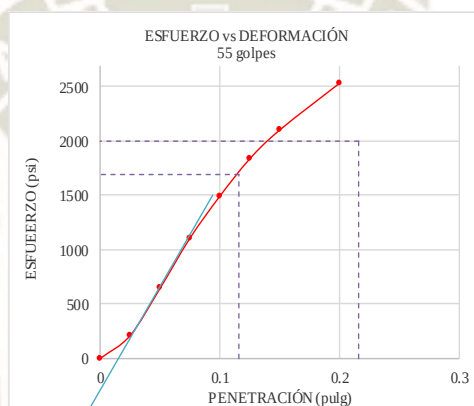
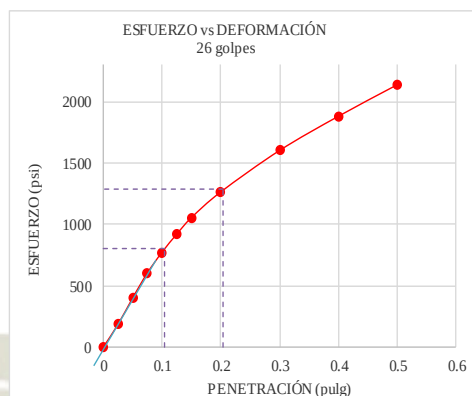
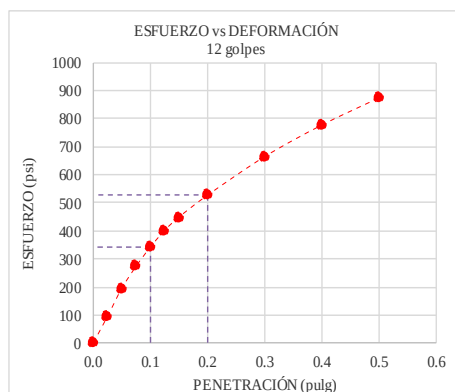
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHAUYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	ANEXO DE CHALLAHUAYO - DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL:	SUBRASANTE
ESTRATO:	1

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes / capa	12		26		55	
Cond. De la muestr.	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Área del pistón de penetración (pulg²)	3.00					
Diámetro del molde de CBR (cm)	15.203		15.239		15.205	
Altura del molde de CBR (cm)	17.789		17.775		17.778	
Altura del disco espaciador (cm)	6.156					
Peso molde+suelo húmedo (g)	12,029.5	12,244	12,225.5	12,368.5	11,591	11,677.5
Peso del molde (g)	7,886.5	7,886.5	7,858.0	7,858.0	7,064.0	7,064.0
Peso del suelo húmedo(g)	4,143	4,358	4,368	4,511	4,527	4,614
Volumen del suelo (cm³)	2,111.74	2,111.74	2,119.20	2,119.20	2,110.30	2,110.30
Densidad húmeda(gf/cm³)	1.96	2.06	2.06	2.13	2.15	2.19
Tarro N°	1		2		3	
Tarro+suelo húmedo(g)	551.20	681.07	492.70	699.69	512.64	716.94
Tarro + suelo seco (g)	517.28	621.54	464.00	644.42	478.54	660.87
Agua	33.92	59.53	28.70	55.27	34.10	56.07
Masa del tarro (g)	45.20	51.94	51.70	51.06	50.22	53.33
Peso del suelo seco (g)	472.08	569.60	412.30	593.36	428.32	607.54
% de humedad	7.19	10.45	6.96	9.31	7.96	9.23
Densidad seca (gf/cm³)	1.830	1.868	1.927	1.947	1.987	2.001

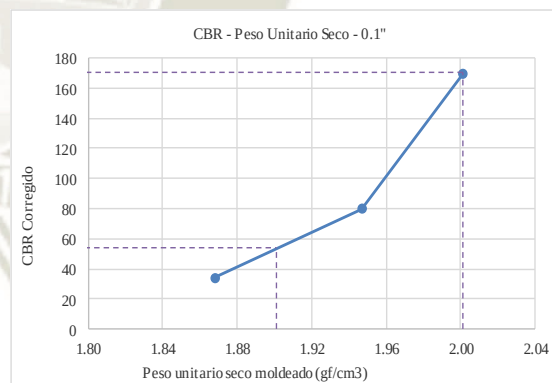
EXPANSIÓN

Fecha	Dial	Expansión (%)	Dial	Expansión	Dial	Expansión(%)
09/03/2020	8.39		6.440		8.880	
13/03/2020	8.67	0.2407	6.475	0.0301	8.975	0.0817

Penetración		12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.
mm	pulg	-	-	-	KN	KN	KN	lbf	lbf	lbf	psi	psi	psi
0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	0.025	22	51	59	1.27	2.47	2.81	284.42	556.03	630.96	94.81	185.34	210.32
1.27	0.050	54	120	198	2.60	5.35	8.60	584.13	1202.28	1932.83	194.71	400.76	644.28
1.9	0.075	79	185	346	3.64	8.06	14.76	818.28	1811.07	3318.99	272.76	603.69	1106.33
2.54	0.100	101	239	470	4.56	10.31	19.93	1024.33	2316.83	4480.37	341.44	772.28	1493.46
3.17	0.125	120	286	580	5.35	12.26	24.51	1202.28	2757.03	5510.63	400.76	919.01	1836.88
3.81	0.150	135	329	665	5.97	14.06	28.05	1342.77	3159.77	6306.74	447.59	1053.26	2102.25
5.08	0.200	160	396	803	7.01	16.85	33.80	1576.92	3787.29	7599.24	525.64	1262.43	2533.08
7.62	0.300	204	504		8.85	21.35		1989.02	4798.81		663.01	1599.60	
10.16	0.400	240	593		10.35	25.05		2326.20	5632.39		775.40	1877.46	
12.7	0.500	271	675		11.64	28.47		2616.54	6400.40		872.18	2133.47	



Variable	Und.	12 G.	26 G.	55 G.
Peso Unitario Seco	gf/cm ³	1.87	1.95	2.00
95% Maximo P.U.S.	gf/cm ³		1.90	
Esfuerzo 0.1"	psi	341.44	797.00	1,696.00
Esfuerzo 0.2"	psi	525.64	1,282.00	2,000.00
CBR 0.1"	%	34.14	79.70	169.60
CBR 0.2"	%	35.04	85.47	133.33



CBR al 0.1" y 100% de la M.D.S.	170%
CBR al 0.1" y 95% DE LA M.D.S.	54%

RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA DE SUELOS (LABORATORIO)

MTC E-132

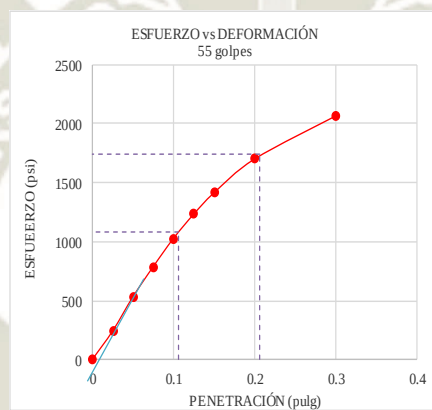
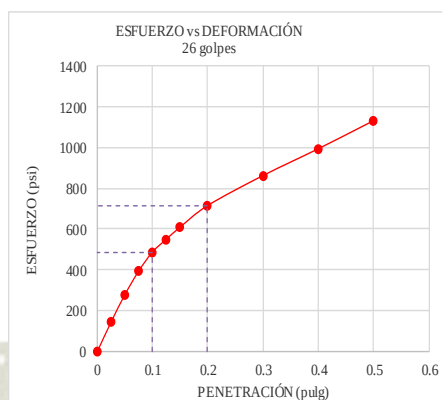
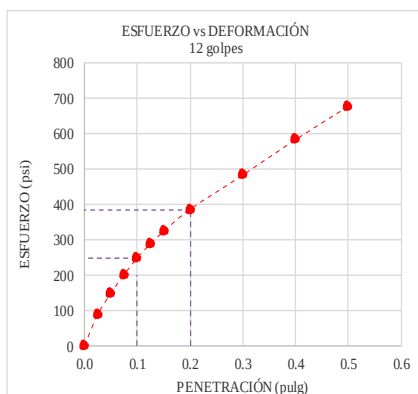
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMACIÓN DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	ANEXO DE CHALLAHUAYO - DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL:	SUBRASANTE
ESTRATO:	2

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes / capa	12		26		55	
Cond. De la muestr.	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Área del pistón de penetración (pulg ²)	3.00					
Diámetro del molde de CBR (cm)	15.21		15.20		15.25	
Altura del molde de CBR (cm)	17.75		17.78		17.75	
Altura del disco espaciador (cm)	6.16					
Peso molde+suelo húmedo (g)	12,892.5	13,162.5	13,069.0	13,275	13,242	13,403
Peso del molde (g)	9,100.0	9,100.0	9,089.0	9,089.0	9,028.5	9,028.5
Peso del suelo húmedo(g)	3,793	4,063	3,980	4,186	4,214	4,375
Volumen del suelo (cm ³)	2,105.87	2,105.87	2,106.25	2,106.25	2,115.57	2,115.57
Densidad húmeda(gf/cm ³)	1.80	1.93	1.89	1.99	1.99	2.07
Tarro N°	1		2		3	
Tarro+suelo húmedo(g)	501.56	695.68	499.66	737.61	524.22	751.42
Tarro + suelo seco (g)	462.94	605.54	462.87	653.75	488.67	678.17
Agua	38.62	90.14	36.79	83.86	35.55	73.25
Masa del tarro (g)	72.09	45.50	70.07	46.49	70.07	44.58
Peso del suelo seco (g)	390.85	560.04	392.80	607.26	418.60	633.59
% de humedad	9.88	16.10	9.37	13.81	8.49	11.56
Densidad seca (gf/cm ³)	1.639	1.662	1.728	1.746	1.836	1.853

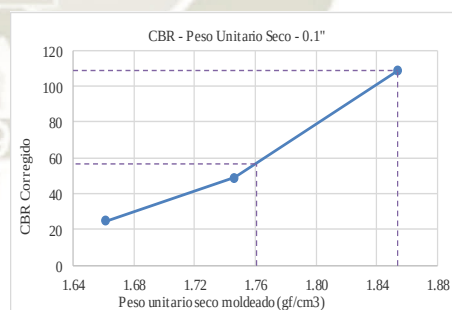
EXPANSIÓN

Fecha	Dial	Expansión (%)	Dial	Expansión	Dial	Expansión(%)
07/03/2020	7.23		2.330		5.420	
11/03/2020	7.64	0.35375	2.640	0.2669	5.510	0.0777

Penetración		12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.
mm	pulg	-	-	-	KN	KN	KN	lbf	lbf	lbf	psi	psi	psi
0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	0.025	20	38	69	1.18	1.93	3.22	265.68	434.27	724.62	88.56	144.76	241.54
1.27	0.050	39	81	162	1.97	3.72	7.10	443.64	837.01	1595.65	147.88	279.00	531.88
1.9	0.075	56	118	244	2.68	5.26	10.51	602.86	1183.55	2363.66	200.95	394.52	787.89
2.54	0.100	71	148	321	3.31	6.51	13.72	743.35	1464.53	3084.84	247.78	488.18	1028.28
3.17	0.125	84	168	387	3.85	7.35	16.47	865.11	1651.85	3703.00	288.37	550.62	1234.33
3.81	0.150	95	187	445	4.31	8.14	18.89	968.13	1829.80	4246.22	322.71	609.93	1415.41
5.08	0.200	115	221	537	5.14	9.56	22.72	1155.45	2148.24	5107.89	385.15	716.08	1702.63
7.62	0.300	146	268	654	6.43	11.51	27.60	1445.80	2588.44	6203.71	481.93	862.81	2067.90
10.16	0.400	178	310		7.76	13.26		1745.51	2981.82		581.84	993.94	
12.7	0.500	208	354		9.01	15.10		2026.49	3393.92		675.50	1131.31	

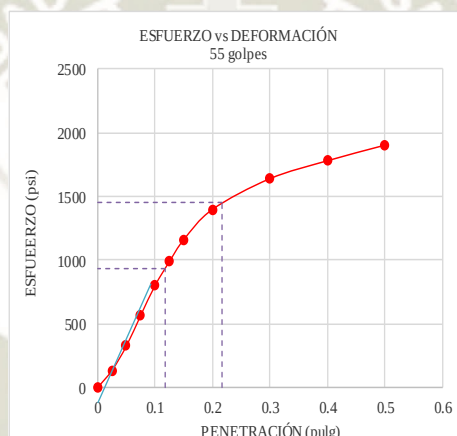
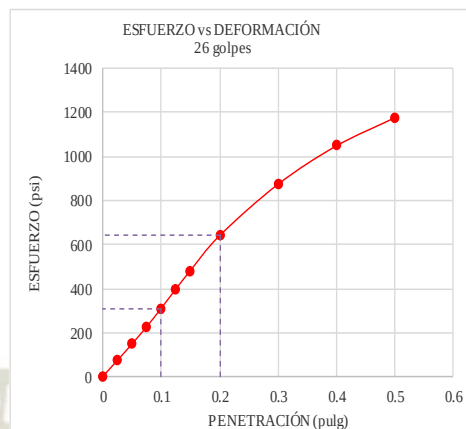
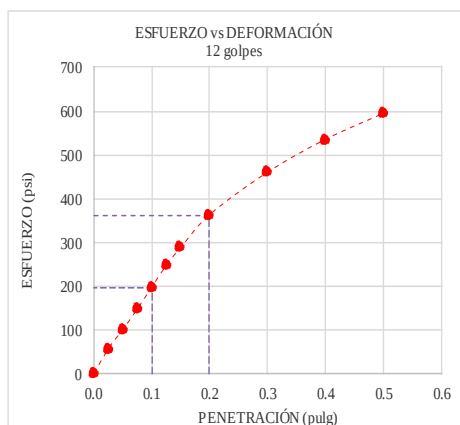


Variable	Und.	12 G.	26 G.	55 G.
Peso Unitario Seco	gf/cm ³	1.66	1.75	1.85
95% Maximo P.U.S.	gf/cm ³		1.76	
Esfuerzo 0.1"	psi	247.78	488.18	1,087.00
Esfuerzo 0.2"	psi	385.15	716.08	1,738.00
CBR 0.1"	%	24.78	48.82	108.70
CBR 0.2"	%	25.68	47.74	115.87

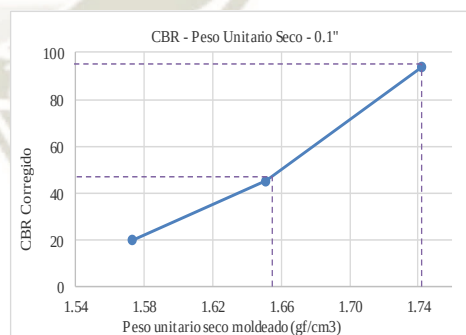


CBR al 0.1" y 100% de la M.D.S.	109%
CBR al 0.1" y 95% DE LA M.D.S.	57%

RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA DE SUELOS (LABORATORIO)																																																																																																																																																																																																																																				
MTC E-132																																																																																																																																																																																																																																				
TESIS:		DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA																																																																																																																																																																																																																																		
LUGAR:		DISTRITO DE LA CAPILLA																																																																																																																																																																																																																																		
MATERIAL:		SUBRASANTE																																																																																																																																																																																																																																		
ESTRATO:		1																																																																																																																																																																																																																																		
<table><tr><td>Molde N°</td><td colspan="3">1</td><td colspan="3">2</td><td colspan="3">3</td></tr><tr><td>N° de capas</td><td colspan="3">5</td><td colspan="3">5</td><td colspan="3">5</td></tr><tr><td>N° de golpes / capa</td><td colspan="3">12</td><td colspan="3">26</td><td colspan="3">55</td></tr><tr><td>Cond. De la muest.</td><td>SIN MOJAR</td><td colspan="2">MOJADA</td><td>SIN MOJAR</td><td colspan="2">MOJADA</td><td>SIN MOJAR</td><td colspan="2">MOJADA</td></tr><tr><td>Área del pistón de penetración (pulg²)</td><td colspan="12">3.00</td></tr><tr><td>Diámetro del molde de CBR (cm)</td><td colspan="3">15.18</td><td colspan="3">15.19</td><td colspan="3">15.34</td></tr><tr><td>Altura del molde de CBR (cm)</td><td colspan="3">17.68</td><td colspan="3">17.75</td><td colspan="3">17.75</td></tr><tr><td>Altura del disco espaciador (cm)</td><td colspan="12">6.14</td></tr><tr><td>Peso molde+suelo húmedo (g)</td><td>11,149.0</td><td colspan="2">11,501</td><td>11,692.5</td><td colspan="2">12,131</td><td>12,812</td><td colspan="2">13,089.5</td></tr><tr><td>Peso del molde (g)</td><td>7,520.0</td><td colspan="2">7,520.0</td><td>7,980.0</td><td colspan="2">7,980.0</td><td>8,783.5</td><td colspan="2">8,783.5</td></tr><tr><td>Peso del suelo húmedo(g)</td><td>3,629</td><td colspan="2">3,981</td><td>3,713</td><td colspan="2">4,151</td><td>4,029</td><td colspan="2">4,306</td></tr><tr><td>Volumen del suelo (cm³)</td><td>2,088.99</td><td colspan="2">2,088.99</td><td>2,104.50</td><td colspan="2">2,104.50</td><td>2,146.27</td><td colspan="2">2,146.27</td></tr><tr><td>Densidad húmeda(gf/cm³)</td><td>1.74</td><td colspan="2">1.91</td><td>1.76</td><td colspan="2">1.97</td><td>1.88</td><td colspan="2">2.01</td></tr><tr><td>Tarro N°</td><td>1</td><td colspan="2"></td><td>2</td><td colspan="2"></td><td>3</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>Tarro+suelo húmedo(g)</td><td>456.05</td><td colspan="2">670.39</td><td>495.25</td><td colspan="2">685.13</td><td>492.69</td><td colspan="2">716.35</td></tr><tr><td>Tarro + suelo seco (g)</td><td>422.74</td><td colspan="2">562.75</td><td>458.08</td><td colspan="2">582.29</td><td>453.75</td><td colspan="2">628.73</td></tr><tr><td>Agua</td><td>33.31</td><td colspan="2">107.64</td><td>37.17</td><td colspan="2">102.84</td><td>38.94</td><td colspan="2">87.62</td></tr><tr><td>Masa del tarro (g)</td><td>52.87</td><td colspan="2">54.10</td><td>46.50</td><td colspan="2">53.85</td><td>47.26</td><td colspan="2">51.60</td></tr><tr><td>Peso del suelo seco (g)</td><td>369.87</td><td colspan="2">508.65</td><td>411.58</td><td colspan="2">528.44</td><td>406.49</td><td colspan="2">577.13</td></tr><tr><td>% de humedad</td><td>9.01</td><td colspan="2">21.16</td><td>9.03</td><td colspan="2">19.46</td><td>9.58</td><td colspan="2">15.18</td></tr><tr><td>Densidad seca (gf/cm³)</td><td>1.594</td><td colspan="2">1.573</td><td>1.618</td><td colspan="2">1.651</td><td>1.713</td><td colspan="2">1.742</td></tr></table>													Molde N°	1			2			3			N° de capas	5			5			5			N° de golpes / capa	12			26			55			Cond. De la muest.	SIN MOJAR	MOJADA		SIN MOJAR	MOJADA		SIN MOJAR	MOJADA		Área del pistón de penetración (pulg²)	3.00												Diámetro del molde de CBR (cm)	15.18			15.19			15.34			Altura del molde de CBR (cm)	17.68			17.75			17.75			Altura del disco espaciador (cm)	6.14												Peso molde+suelo húmedo (g)	11,149.0	11,501		11,692.5	12,131		12,812	13,089.5		Peso del molde (g)	7,520.0	7,520.0		7,980.0	7,980.0		8,783.5	8,783.5		Peso del suelo húmedo(g)	3,629	3,981		3,713	4,151		4,029	4,306		Volumen del suelo (cm³)	2,088.99	2,088.99		2,104.50	2,104.50		2,146.27	2,146.27		Densidad húmeda(gf/cm³)	1.74	1.91		1.76	1.97		1.88	2.01		Tarro N°	1			2			3			Tarro+suelo húmedo(g)	456.05	670.39		495.25	685.13		492.69	716.35		Tarro + suelo seco (g)	422.74	562.75		458.08	582.29		453.75	628.73		Agua	33.31	107.64		37.17	102.84		38.94	87.62		Masa del tarro (g)	52.87	54.10		46.50	53.85		47.26	51.60		Peso del suelo seco (g)	369.87	508.65		411.58	528.44		406.49	577.13		% de humedad	9.01	21.16		9.03	19.46		9.58	15.18		Densidad seca (gf/cm³)	1.594	1.573		1.618	1.651		1.713	1.742	
Molde N°	1			2			3																																																																																																																																																																																																																													
N° de capas	5			5			5																																																																																																																																																																																																																													
N° de golpes / capa	12			26			55																																																																																																																																																																																																																													
Cond. De la muest.	SIN MOJAR	MOJADA		SIN MOJAR	MOJADA		SIN MOJAR	MOJADA																																																																																																																																																																																																																												
Área del pistón de penetración (pulg²)	3.00																																																																																																																																																																																																																																			
Diámetro del molde de CBR (cm)	15.18			15.19			15.34																																																																																																																																																																																																																													
Altura del molde de CBR (cm)	17.68			17.75			17.75																																																																																																																																																																																																																													
Altura del disco espaciador (cm)	6.14																																																																																																																																																																																																																																			
Peso molde+suelo húmedo (g)	11,149.0	11,501		11,692.5	12,131		12,812	13,089.5																																																																																																																																																																																																																												
Peso del molde (g)	7,520.0	7,520.0		7,980.0	7,980.0		8,783.5	8,783.5																																																																																																																																																																																																																												
Peso del suelo húmedo(g)	3,629	3,981		3,713	4,151		4,029	4,306																																																																																																																																																																																																																												
Volumen del suelo (cm³)	2,088.99	2,088.99		2,104.50	2,104.50		2,146.27	2,146.27																																																																																																																																																																																																																												
Densidad húmeda(gf/cm³)	1.74	1.91		1.76	1.97		1.88	2.01																																																																																																																																																																																																																												
Tarro N°	1			2			3																																																																																																																																																																																																																													
Tarro+suelo húmedo(g)	456.05	670.39		495.25	685.13		492.69	716.35																																																																																																																																																																																																																												
Tarro + suelo seco (g)	422.74	562.75		458.08	582.29		453.75	628.73																																																																																																																																																																																																																												
Agua	33.31	107.64		37.17	102.84		38.94	87.62																																																																																																																																																																																																																												
Masa del tarro (g)	52.87	54.10		46.50	53.85		47.26	51.60																																																																																																																																																																																																																												
Peso del suelo seco (g)	369.87	508.65		411.58	528.44		406.49	577.13																																																																																																																																																																																																																												
% de humedad	9.01	21.16		9.03	19.46		9.58	15.18																																																																																																																																																																																																																												
Densidad seca (gf/cm³)	1.594	1.573		1.618	1.651		1.713	1.742																																																																																																																																																																																																																												
<table><tr><th colspan="7">EXPANSIÓN</th></tr><tr><td>Fecha</td><td>Dial</td><td>Expansión (%)</td><td>Dial</td><td>Expansión</td><td>Dial</td><td>Expansión(%)</td></tr><tr><td>06/03/2020</td><td>7.01</td><td></td><td>7.940</td><td></td><td>7.490</td><td></td></tr><tr><td>10/03/2020</td><td>7.48</td><td>0.40735</td><td>8.440</td><td>0.4306</td><td>7.855</td><td>0.3143</td></tr></table>													EXPANSIÓN							Fecha	Dial	Expansión (%)	Dial	Expansión	Dial	Expansión(%)	06/03/2020	7.01		7.940		7.490		10/03/2020	7.48	0.40735	8.440	0.4306	7.855	0.3143																																																																																																																																																																																												
EXPANSIÓN																																																																																																																																																																																																																																				
Fecha	Dial	Expansión (%)	Dial	Expansión	Dial	Expansión(%)																																																																																																																																																																																																																														
06/03/2020	7.01		7.940		7.490																																																																																																																																																																																																																															
10/03/2020	7.48	0.40735	8.440	0.4306	7.855	0.3143																																																																																																																																																																																																																														
<table><tr><th colspan="2">Penetración</th><th>12 G.</th><th>26 G.</th><th>55 G.</th><th>12 G.</th><th>26 G.</th><th>55 G.</th><th>12 G.</th><th>26 G.</th><th>55 G.</th><th>12 G.</th><th>26 G.</th><th>55 G.</th></tr><tr><th>mm</th><th>pulg</th><th>-</th><th>-</th><th>-</th><th>KN</th><th>KN</th><th>KN</th><th>lbf</th><th>lbf</th><th>lbf</th><th>psi</th><th>psi</th><th>psi</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>0.63</td><td>0.025</td><td>10</td><td>15</td><td>35</td><td>0.77</td><td>0.97</td><td>1.81</td><td>172.02</td><td>218.85</td><td>406.17</td><td>57.34</td><td>72.95</td><td>135.39</td></tr><tr><td>1.27</td><td>0.050</td><td>24</td><td>39</td><td>96</td><td>1.35</td><td>1.97</td><td>4.35</td><td>303.15</td><td>443.64</td><td>977.50</td><td>101.05</td><td>147.88</td><td>325.83</td></tr><tr><td>1.9</td><td>0.075</td><td>39</td><td>64</td><td>173</td><td>1.97</td><td>3.01</td><td>7.56</td><td>443.64</td><td>677.79</td><td>1698.68</td><td>147.88</td><td>225.93</td><td>566.23</td></tr><tr><td>2.54</td><td>0.100</td><td>55</td><td>91</td><td>248</td><td>2.64</td><td>4.14</td><td>10.68</td><td>593.49</td><td>930.67</td><td>2401.13</td><td>197.83</td><td>310.22</td><td>800.38</td></tr><tr><td>3.17</td><td>0.125</td><td>71</td><td>119</td><td>308</td><td>3.31</td><td>5.31</td><td>13.18</td><td>743.35</td><td>1192.92</td><td>2963.08</td><td>247.78</td><td>397.64</td><td>987.69</td></tr><tr><td>3.81</td><td>0.150</td><td>84</td><td>146</td><td>363</td><td>3.85</td><td>6.43</td><td>15.47</td><td>865.11</td><td>1445.80</td><td>3478.21</td><td>288.37</td><td>481.93</td><td>1159.40</td></tr><tr><td>5.08</td><td>0.200</td><td>108</td><td>197</td><td>439</td><td>4.85</td><td>8.56</td><td>18.64</td><td>1089.89</td><td>1923.46</td><td>4190.03</td><td>363.30</td><td>641.15</td><td>1396.68</td></tr><tr><td>7.62</td><td>0.300</td><td>139</td><td>272</td><td>516</td><td>6.14</td><td>11.68</td><td>21.85</td><td>1380.23</td><td>2625.91</td><td>4911.21</td><td>460.08</td><td>875.30</td><td>1637.07</td></tr><tr><td>10.16</td><td>0.400</td><td>163</td><td>328</td><td>561</td><td>7.14</td><td>14.01</td><td>23.72</td><td>1605.02</td><td>3150.40</td><td>5332.67</td><td>535.01</td><td>1050.13</td><td>1777.56</td></tr><tr><td>12.7</td><td>0.500</td><td>182</td><td>369</td><td>600</td><td>7.93</td><td>15.72</td><td>25.35</td><td>1782.97</td><td>3534.41</td><td>5697.95</td><td>594.32</td><td>1178.14</td><td>1899.32</td></tr></table>													Penetración		12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	mm	pulg	-	-	-	KN	KN	KN	lbf	lbf	lbf	psi	psi	psi	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.025	10	15	35	0.77	0.97	1.81	172.02	218.85	406.17	57.34	72.95	135.39	1.27	0.050	24	39	96	1.35	1.97	4.35	303.15	443.64	977.50	101.05	147.88	325.83	1.9	0.075	39	64	173	1.97	3.01	7.56	443.64	677.79	1698.68	147.88	225.93	566.23	2.54	0.100	55	91	248	2.64	4.14	10.68	593.49	930.67	2401.13	197.83	310.22	800.38	3.17	0.125	71	119	308	3.31	5.31	13.18	743.35	1192.92	2963.08	247.78	397.64	987.69	3.81	0.150	84	146	363	3.85	6.43	15.47	865.11	1445.80	3478.21	288.37	481.93	1159.40	5.08	0.200	108	197	439	4.85	8.56	18.64	1089.89	1923.46	4190.03	363.30	641.15	1396.68	7.62	0.300	139	272	516	6.14	11.68	21.85	1380.23	2625.91	4911.21	460.08	875.30	1637.07	10.16	0.400	163	328	561	7.14	14.01	23.72	1605.02	3150.40	5332.67	535.01	1050.13	1777.56	12.7	0.500	182	369	600	7.93	15.72	25.35	1782.97	3534.41	5697.95	594.32	1178.14	1899.32																																		
Penetración		12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.																																																																																																																																																																																																																							
mm	pulg	-	-	-	KN	KN	KN	lbf	lbf	lbf	psi	psi	psi																																																																																																																																																																																																																							
0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																																							
0.63	0.025	10	15	35	0.77	0.97	1.81	172.02	218.85	406.17	57.34	72.95	135.39																																																																																																																																																																																																																							
1.27	0.050	24	39	96	1.35	1.97	4.35	303.15	443.64	977.50	101.05	147.88	325.83																																																																																																																																																																																																																							
1.9	0.075	39	64	173	1.97	3.01	7.56	443.64	677.79	1698.68	147.88	225.93	566.23																																																																																																																																																																																																																							
2.54	0.100	55	91	248	2.64	4.14	10.68	593.49	930.67	2401.13	197.83	310.22	800.38																																																																																																																																																																																																																							
3.17	0.125	71	119	308	3.31	5.31	13.18	743.35	1192.92	2963.08	247.78	397.64	987.69																																																																																																																																																																																																																							
3.81	0.150	84	146	363	3.85	6.43	15.47	865.11	1445.80	3478.21	288.37	481.93	1159.40																																																																																																																																																																																																																							
5.08	0.200	108	197	439	4.85	8.56	18.64	1089.89	1923.46	4190.03	363.30	641.15	1396.68																																																																																																																																																																																																																							
7.62	0.300	139	272	516	6.14	11.68	21.85	1380.23	2625.91	4911.21	460.08	875.30	1637.07																																																																																																																																																																																																																							
10.16	0.400	163	328	561	7.14	14.01	23.72	1605.02	3150.40	5332.67	535.01	1050.13	1777.56																																																																																																																																																																																																																							
12.7	0.500	182	369	600	7.93	15.72	25.35	1782.97	3534.41	5697.95	594.32	1178.14	1899.32																																																																																																																																																																																																																							



Variable	Und.	12 G.	26 G.	55 G.
Peso Unitario Seco	gf/cm ³	1.57	1.65	1.74
95% Maximo P.U.S.	gf/cm ³		1.65	
Esfuerzo 0.1"	psi	197.83	310.22	938.00
Esfuerzo 0.2"	psi	363.30	641.15	1,450.00
CBR 0.1"	%	19.78	45.02	93.80
CBR 0.2"	%	24.22	42.74	96.67



CBR al 0.1" y 100% de la M.D.S.	95%
CBR al 0.1" y 95% DE LA M.D.S.	47%

RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA DE SUELOS (LABORATORIO)
MTC E-132

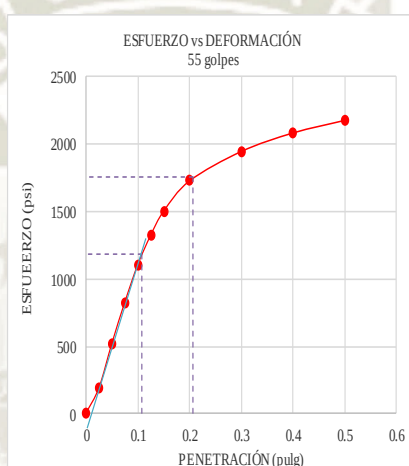
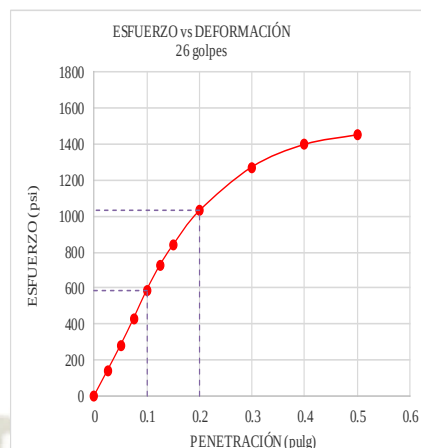
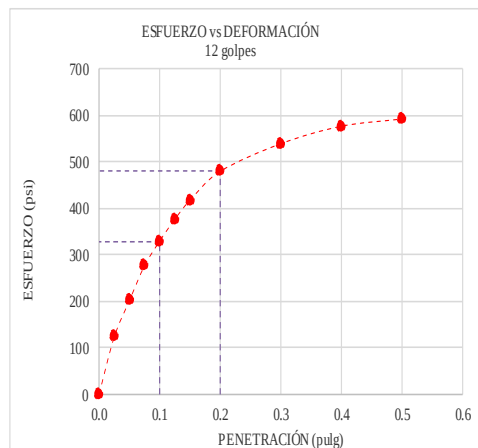
TESIS:	DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VIA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUA YO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA DE GENERAL SANCHEZ CERRO, MOQUEGUA
LUGAR:	DISTRITO DE LA CAPILLA
MATERIAL:	SUBRASANTE
ESTRATO:	2

Molde N°	1		2		3	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes / capa	12		26		55	
Cond. De la muest.	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
Área del pistón de penetración (pulg²)	3.00					
Diámetro del molde de CBR (cm)	15.17		15.20		15.22	
Altura del molde de CBR (cm)	17.84		17.77		17.80	
Altura del disco espaciador (cm)	6.13					
Peso molde+suelo húmedo (g)	11,434.5	11,791	12,087.0	12,324.5	12,164	12,374
Peso del molde (g)	7,806.5	7,806.5	8,373.5	8,373.5	8,287.5	8,287.5
Peso del suelo húmedo(g)	3,628	3,985	3,714	3,951	3,877	4,087
Volumen del suelo (cm³)	2,116.79	2,116.79	2,111.08	2,111.08	2,122.64	2,122.64
Densidad húmeda(gf/cm³)	1.71	1.88	1.76	1.87	1.83	1.93
Tarro N°	1		2		3	
Tarro+suelo húmedo(g)	521.63	681.29	498.62	634.15	499.43	716.70
Tarro + suelo seco (g)	479.89	547.10	455.36	542.81	457.12	625.12
Agua	41.74	134.19	43.26	91.34	42.31	91.58
Masa del tarro (g)	51.06	44.57	45.57	45.46	51.92	53.12
Peso del suelo seco (g)	428.83	502.53	409.79	497.35	405.20	572.00
% de humedad	9.73	26.70	10.56	18.37	10.44	16.01
Densidad seca (gf/cm³)	1.562	1.486	1.591	1.581	1.654	1.660

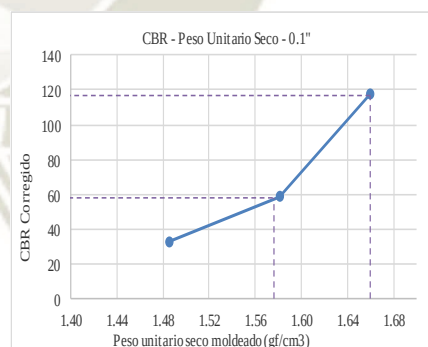
EXPANSIÓN

Fecha	Dial	Expansión (%)	Dial	Expansión	Dial	Expansión(%)
05/03/2020	8.38		10.410		5.880	
09/03/2020	8.745	0.31178	10.530	0.1031	6.100	0.1885

Penetración		12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.	12 G.	26 G.	55 G.
mm	pulg	-	-	-	KN	KN	KN	lbf	lbf	lbf	psi	psi	psi
0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	0.025	31	36	52	1.64	1.85	2.52	368.71	415.54	565.39	122.90	138.51	188.46
1.27	0.050	56	81	158	2.68	3.72	6.93	602.86	837.01	1558.19	200.95	279.00	519.40
1.9	0.075	80	129	256	3.68	5.72	11.01	827.64	1286.57	2476.05	275.88	428.86	825.35
2.54	0.100	97	180	345	4.39	7.85	14.72	986.86	1764.24	3309.62	328.95	588.08	1103.21
3.17	0.125	112	224	415	5.01	9.68	17.64	1127.35	2176.34	3965.24	375.78	725.45	1321.75
3.81	0.150	125	260	472	5.56	11.18	20.01	1249.11	2513.52	4499.10	416.37	837.84	1499.70
5.08	0.200	145	321	544	6.39	13.72	23.01	1436.43	3084.84	5173.45	478.81	1028.28	1724.48
7.62	0.300	164	399	614	7.18	16.97	25.93	1614.38	3815.39	5829.07	538.13	1271.80	1943.02
10.16	0.400	176	439	658	7.68	18.64	27.76	1726.78	4190.03	6241.17	575.59	1396.68	2080.39
12.7	0.500	181	456	688	7.89	19.35	29.01	1773.61	4349.25	6522.15	591.20	1449.75	2174.05



Variable	Und.	12 G.	26 G.	55 G.
Peso Unitario Seco	gf/cm ³	1.49	1.58	1.66
95% Maximo P.U.S.	gf/cm ³		1.58	
Esfuerzo 0.1"	psi	328.95	588.08	1,176.00
Esfuerzo 0.2"	psi	478.81	1,028.28	1,747.00
CBR 0.1"	%	32.90	58.81	117.60
CBR 0.2"	%	31.92	68.55	116.47



CBR al 0.1" y 100% de la M.D.S.	117%
CBR al 0.1" y 95% DE LA M.D.S.	58%

Anexo 9: Análisis de Estabilidad en Taludes

Análisis 1-Formación Puente-Talud de Corte

	r (m)	25.703							
Dovela	b (m)	a (m)	α (°)	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	ϕ (°)
1	3.996	-11.894	-27.56	4.51	5.74	1.43	8.208	0.0	35.0
2	3.996	-7.747	-17.54	4.19	19.828	1.43	28.354	0.0	35.0
3	3.996	-3.738	-8.36	4.04	31.451	1.43	44.975	0.0	35.0
4.1	3.996	-0.865	-1.93	4.00	16.572	1.43	23.698	0.0	35.0
4.2	3.996	1.134	2.53	4.00	23.935	1.43	34.227	0.0	35.0
5	3.996	4.275	9.57	4.05	44.771	1.43	64.023	0.0	35.0
6	3.996	8.284	18.80	4.22	51.097	1.43	73.069	0.0	35.0
7	3.996	12.298	28.59	4.55	52.14	1.43	74.560	0.0	35.0
8	3.996	16.3254	39.43	5.17	49.409	1.43	70.655	0.0	35.0
9	3.996	20.401	52.53	6.57	40.96	1.43	58.573	0.0	35.0
10	3.996	24.509	72.47	13.26	15.845	1.43	22.658	0.0	35.0

			FS (semilla)		2.256
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma	Mr	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-3.798	5.095	5.747	0.744	7.730
2	-8.546	18.930	19.854	0.860	23.075
3	-6.541	31.157	31.492	0.944	33.344
4.1	-0.798	16.584	16.593	0.989	16.777
4.2	1.510	23.943	23.966	1.013	23.667
5	10.648	44.205	44.829	1.037	43.211
6	23.550	48.433	51.163	1.046	48.905
7	35.674	45.844	52.208	1.026	50.890
8	44.877	38.212	49.473	0.969	51.079
9	46.490	24.948	41.013	0.853	48.056
10	21.606	4.779	15.866	0.596	26.630
Σ	164.673	302.130			373.364
	FS	1.835		FS	2.267

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	2.018
2	2.018	2.234
3	2.234	2.263
4	2.263	2.267

Fuente: Elaboración Propia

Análisis 2-Formación Puente-Talud de Corte

	r (m)	38.883							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	5.028	-12.472	-18.71	5.31	4.967	1.43	27.645	0.0	35.0
2	5.028	-7.443	-11.04	5.12	12.426	1.43	25.446	0.0	35.0
3	5.028	-2.465	-3.63	5.04	25.737	1.43	36.804	0.0	35.0
4	5.028	2.563	3.78	5.04	39.603	1.43	56.632	0.0	35.0
5	5.028	7.641	11.33	5.13	46.34	1.43	66.266	0.0	35.0
6	5.028	12.669	19.02	5.32	53.706	1.43	76.800	0.0	35.0
7	5.028	17.697	27.07	5.65	55.945	1.43	80.001	0.0	35.0
8	5.028	22.725	35.76	6.20	53.042	1.43	75.850	0.0	35.0
9	5.028	27.753	45.54	7.18	41.694	1.43	59.622	0.0	35.0
10	5.028	32.781	57.47	9.35	18.955	1.43	27.106	0.0	35.0

			FS (semilla)	2.207	
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-8.87	18.334	19.357	0.845	22.897
2	-4.87	17.488	17.817	0.921	19.350
3	-2.33	25.719	25.770	0.978	26.353
4	3.73	39.568	39.654	1.019	38.925
5	13.02	45.495	46.400	1.043	44.494
6	25.02	50.841	53.776	1.049	51.273
7	36.41	49.879	56.018	1.035	54.133
8	44.33	43.096	53.111	0.997	53.278
9	42.56	29.240	41.748	0.927	45.043
10	22.85	10.207	18.980	0.805	23.569
Σ	171.86	329.868			379.316
	FS	1.919		FS	2.207

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.988
2	1.988	2.182
3	2.182	2.204
4	2.204	2.207
5	2.207	2.207

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 3-Formación Puente-Talud de Corte

	r (m)	16.446							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	2.438	-6.879	-24.73	2.68	2.012	1.43	2.877	0.0	35.0
2	2.438	-4.432	-15.63	2.53	6.829	1.43	9.765	0.0	35.0
3	2.438	-1.986	-6.94	2.46	12.329	1.43	17.630	0.0	35.0
4.1	2.438	-0.381	-1.33	2.44	4.56	1.43	6.521	0.0	35.0
4.2	2.438	0.839	2.92	2.44	11.017	1.43	15.754	0.0	35.0
5	2.438	2.903	10.17	2.48	17.876	1.43	25.563	0.0	35.0
6	2.438	5.349	18.98	2.58	19.357	1.43	27.681	0.0	35.0
7	2.438	7.799	28.31	2.77	19.726	1.43	28.208	0.0	35.0
8	2.438	10.255	38.58	3.12	18.77	1.43	26.841	0.0	35.0
9	2.438	12.735	50.75	3.85	15.315	1.43	21.900	0.0	35.0
10	2.438	15.4598	70.05	7.15	6.765	1.43	9.674	0.0	35.0

			FS (semilla)	2.186	
	Fellenius		Bishop		
Dovela	M(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-1.20	1.830	2.015	0.774	2.602
2	-2.63	6.585	6.838	0.877	7.800
3	-2.13	12.255	12.345	0.954	12.940
4.1	-0.15	4.565	4.566	0.992	4.601
4.2	0.80	11.017	11.031	1.015	10.868
5	4.51	17.618	17.899	1.041	17.197
6	9.00	18.328	19.382	1.050	18.462
7	13.38	17.389	19.752	1.032	19.133
8	16.74	14.693	18.794	0.982	19.148
9	16.96	9.703	15.335	0.881	17.410
10	9.09	2.311	6.774	0.642	10.546
Σ	64.37	116.294			140.708
	FS	1.807		FS	2.186

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.945
2	1.945	2.153
3	2.153	2.182
4	2.182	1.185
5	1.185	2.186
6	2.186	2.186

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 4-Formación Puente-Talud de Corte

	r (m)	16.446							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	2.171	-5.049	-17.88	2.28	0.82	1.43	1.173	0.0	35.0
2	2.171	-2.873	-10.06	2.20	3.671	1.43	5.250	0.0	35.0
3.1	2.171	-0.889	-3.10	2.17	5.184	1.43	7.413	0.0	35.0
3.2	2.171	0.195	0.68	2.17	1.359	1.43	1.943	0.0	35.0
4	2.171	1.479	5.16	2.18	8.788	1.43	12.567	0.0	35.0
5	2.171	3.655	12.84	2.23	10.394	1.43	14.863	0.0	35.0
6	2.171	5.832	20.77	2.32	11.3	1.43	16.159	0.0	35.0
7	2.171	8.011	29.15	2.49	11.486	1.43	16.425	0.0	35.0
8	2.171	10.196	38.31	2.77	10.359	1.43	14.813	0.0	35.0
9	2.171	12.393	48.90	3.30	6.649	1.43	9.508	0.0	35.0
10	2.171	14.659	63.04	4.79	4.002	1.43	5.723	0.0	35.0

			FS (semilla)	1.959	
	Fellenius		Bishop		
Dovela	M(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-0.36	0.781	0.821	0.842	0.975
2	-0.92	3.619	3.676	0.922	3.986
3	-0.40	5.183	5.191	0.979	5.301
4.1	0.02	1.361	1.361	1.004	1.355
4.2	1.13	8.764	8.799	1.028	8.559
5	3.30	10.147	10.407	1.054	9.870
6	5.73	10.579	11.315	1.062	10.656
7	8.00	10.044	11.501	1.047	10.980
8	9.18	8.138	10.372	1.006	10.308
9	7.16	4.377	6.658	0.927	7.184
10	5.10	1.817	4.007	0.772	5.191
Σ	37.96	64.811			74.366
	FS	1.707		FS	1.959

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.753
2	1.753	1.929
3	1.929	1.955
4	1.955	1.959
5	1.959	1.959

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 5-Formación Puente-Talud de Corte

	r (m)	16.117							
Dovela	b (m)	a (m)	α (°)	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	ϕ (°)
1	2.541	-8.076	-30.07	2.94	3.642	1.43	5.208	0.0	35.0
2	2.541	-5.514	-20.01	2.70	9.906	1.43	14.166	0.0	35.0
3	2.541	-2.962	-10.59	2.59	14.857	1.43	21.246	0.0	35.0
4.1	2.541	-0.843	-3.00	2.54	12.078	1.43	17.272	0.0	35.0
4.2	2.541	0.429	1.53	2.54	6.724	1.43	9.615	0.0	35.0
5	2.541	2.137	7.62	2.56	21.004	1.43	30.036	0.0	35.0
6	2.541	4.688	16.91	2.66	21.972	1.43	31.420	0.0	35.0
7	2.541	7.243	26.71	2.84	24.22	1.43	34.635	0.0	35.0
8	2.541	9.803	37.46	3.20	23.272	1.43	33.279	0.0	35.0
9	2.541	12.388	50.23	3.97	20.451	1.43	29.245	0.0	35.0
10	2.541	15.405	72.91	8.64	12.356	1.43	17.669	0.0	35.0

			FS (semilla)		2.449
	Fellenius		Bishop		
Dovela	M(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(Malfa)	Mr Bishop
1	-2.61	3.156	3.647	0.722	5.050
2	-4.85	9.320	9.919	0.842	11.782
3	-3.90	14.623	14.876	0.930	15.989
4.1	-0.90	12.077	12.094	0.984	12.294
4.2	0.26	6.730	6.733	1.007	6.684
5	3.98	20.846	21.031	1.029	20.437
6	9.14	21.049	22.000	1.040	21.156
7	15.56	21.665	24.251	1.022	23.734
8	20.24	18.496	23.302	0.968	24.081
9	22.48	13.099	20.478	0.859	23.826
10	16.89	3.637	12.372	0.567	21.811
Σ	76.29	144.698			186.844
	FS	1.897		FS	2.449

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	2.171
2	2.171	2.412
3	2.412	2.445
4	2.445	2.449
5	2.449	2.449

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 1-Formación Puente-Talud de Relleno

	r (m)	13.807							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	2.045	-5.924	-25.41	2.26	2.661	1.43	3.805	0.0	35.0
2	2.045	-3.871	-16.28	2.13	7.563	1.43	10.815	0.0	35.0
3	2.045	-1.819	-7.57	2.06	11.251	1.43	16.088	0.0	35.0
4.1	2.045	-0.396	-1.64	2.05	5.22	1.43	7.464	0.0	35.0
4.2	2.045	0.628	2.61	2.05	9.118	1.43	13.038	0.0	35.0
5	2.045	2.283	9.52	2.07	16.744	1.43	23.943	0.0	35.0
6	2.045	4.335	18.30	2.15	18.501	1.43	26.456	0.0	35.0
7	2.045	6.389	27.56	2.31	18.965	1.43	31.564	0.0	35.0
8	2.045	8.449	37.73	2.59	16.594	1.43	32.088	0.0	35.0
9	2.045	10.526	49.67	3.16	12.643	1.43	26.434	0.0	35.0
10	2.045	12.739	67.32	5.30	5.747	1.43	15.625	0.0	35.0

			FS (semilla)	1.682	
	Fellenius	Bishop			
Dovela	M(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-1.63	2.407	2.664	0.725	3.677
2	-3.03	7.269	7.573	0.843	8.981
3	-2.12	11.167	11.266	0.936	12.030
4.1	-0.21	5.225	5.227	0.988	5.292
4.2	0.59	9.120	9.130	1.018	8.969
5	3.96	16.535	16.766	1.055	15.891
6	8.31	17.588	18.525	1.080	17.151
7	14.61	19.593	18.601	1.079	17.237
8	19.64	17.771	15.466	1.046	14.791
9	20.15	11.978	11.507	0.965	11.931
10	14.42	4.219	7.440	0.770	9.665
Σ	74.67	122.873			125.615
	FS	1.646		FS	1.682
Iteración		FS(Semilla)		FS (resultado)	
1		1.000		1.569	
2		1.569		1.667	
3		1.667		1.680	
4		1.680		1.682	
5		1.682		1.682	

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 2-Formación Puente-Talud de Relleno

	r (m)	7.769							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	1.482	-2.333	-17.48	1.55	1.123	1.43	1.605	0.0	35.0
2	1.482	-0.796	-5.88	1.49	3.347	1.43	4.786	0.0	35.0
3	1.482	0.686	5.07	1.49	4.261	1.43	6.093	0.0	35.0
4	1.482	2.113	15.78	1.54	5.618	1.43	8.033	0.0	35.0
5	1.482	3.595	27.56	1.67	5.963	1.43	11.199	0.0	35.0
6	1.482	5.077	40.81	1.96	4.627	1.43	12.675	0.0	35.0
7	1.482	6.559	57.59	2.77	2.078	1.43	9.030	0.0	35.0

			FS (semilla)	1.620	
	Fellenius		Bishop		
Dovela	M(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(Malfa)	Mr Bishop
1	-0.48	1.073	1.124	0.824	1.365
2	-0.49	3.334	3.351	0.950	3.526
3	0.54	4.250	4.267	1.034	4.125
4	2.19	5.413	5.625	1.080	5.209
5	5.18	6.952	7.842	1.087	7.217
6	8.28	6.718	8.875	1.039	8.539
7	7.62	3.389	6.323	0.901	7.019
Σ	22.84	31.128			37.000
	FS	1.363		FS	1.620

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.465
2	1.465	1.589
3	1.589	1.614
4	1.614	1.619
5	1.619	1.620
6	1.620	1.620

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 3-Formación Puente-Talud de Relleno

	r (m)	9.557							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	2.031	-3.709	-22.84	2.20	2.272	1.43	3.24896	0.0	35.0
2	2.031	-1.686	-10.16	2.06	6.271	1.43	8.96753	0.0	35.0
3.1	2.031	-0.335	-2.01	2.03	2.802	1.43	4.00686	0.0	35.0
3.2	2.031	0.68	4.08	2.04	6.57	1.43	9.3951	0.0	35.0
4	2.031	2.376	14.40	2.10	11.517	1.43	16.46931	0.0	35.0
5	2.031	4.407	27.46	2.29	12.682	1.43	18.13526	0.0	35.0
6	2.031	6.438	42.35	2.75	11.609	1.43	22.5616291	0.0	35.0
7	2.031	8.469	62.39	4.38	6.068	1.43	16.9667398	0.0	35.0

			FS (semilla)		1.788
	Fellenius		Bishop		
Dovela	M(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-1.26	2.097	2.275	0.770	2.956
2	-1.58	6.181	6.279	0.915	6.861
3.1	-0.14	2.804	2.806	0.986	2.846
3.2	0.67	6.562	6.579	1.025	6.416
4	4.09	11.170	11.532	1.066	10.818
5	8.36	11.268	12.698	1.068	11.891
6	15.20	11.675	15.798	1.003	15.753
7	15.04	5.505	11.880	0.810	14.659
Σ	40.38	57.261			72.200
	FS	1.418		FS	1.788

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.599
2	1.599	1.753
3	1.753	1.782
4	1.782	1.787
5	1.787	1.788
6	1.788	1.788

Fuente: Elaboración Propia

Análisis 1-Depósitos Fluviales-Talud de Corte

	r (m)	15.762							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m ²)	γ (tf/m ³)	W(tf/m)	c(tf/m ²)	$\phi (^{\circ})$
1	2.622	-7.849	-29.87	3.02	4.407	1.43	6.302	0.0	35.0
2	2.622	-5.212	-19.31	2.78	11.049	1.43	15.800	0.0	35.0
3	2.622	-2.579	-9.42	2.66	16.247	1.43	23.233	0.0	35.0
4.1	1.260	-0.631	-2.29	1.26	9.216	1.43	13.179	0.0	35.0
4.2	1.362	0.683	2.48	1.36	10.945	1.43	15.651	0.0	35.0
5	2.622	2.609	9.53	2.66	23.08	1.43	33.004	0.0	35.0
6	2.622	5.316	19.71	2.79	24.399	1.43	34.891	0.0	35.0
7	2.622	7.954	30.31	3.04	22.712	1.43	32.478	0.0	35.0
8	2.622	10.605	42.29	3.54	21.229	1.43	30.357	0.0	35.0
9	2.622	13.159	56.60	4.76	14.787	1.43	21.145	0.0	35.0
10	2.622	15.014	72.28	8.61	2.283	1.43	3.265	0.0	35.0

			FS (semilla)	2.744		
			Fellenius	Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop	
1	-3.138	3.827	4.413	0.740	5.962	
2	-5.225	10.441	11.063	0.859	12.874	
3	-3.801	16.049	16.268	0.945	17.219	
4.1	-0.528	9.221	9.228	0.989	9.331	
4.2	0.678	10.949	10.959	1.010	10.849	
5	5.463	22.791	23.110	1.028	22.471	
6	11.767	22.999	24.431	1.027	23.777	
7	16.389	19.633	22.741	0.992	22.922	
8	20.425	15.726	21.257	0.911	23.321	
9	17.653	8.150	14.806	0.764	19.392	
10	3.110	0.696	2.286	0.547	4.176	
	FS	2.237		FS	2.744	

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	2.488
2	2.488	2.721
3	2.721	2.742
4	2.742	2.744
5	2.744	2.744

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 2-Depósitos Fluviales-Talud de Corte

	r (m)	19.482							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m ²)	γ (tf/m ³)	W(tf/m)	c(tf/m ²)	$\phi (^{\circ})$
1	3.07	-10.493	-32.59	3.64	3.391	1.43	17.400	0.0	35.0
2	3.07	-7.423	-22.40	3.32	8.441	1.43	24.617	0.0	35.0
3	3.07	-4.352	-12.91	3.15	11.337	1.43	19.717	0.0	35.0
4.1	3.07	-1.409	-4.15	3.08	15.204	1.43	21.742	0.0	35.0
4.2	3.07	0.127	0.37	3.07	1.577	1.43	2.255	0.0	35.0
5	3.07	1.788	5.27	3.08	21.372	1.43	30.562	0.0	35.0
6	3.07	4.858	14.44	3.17	24.437	1.43	34.945	0.0	35.0
7	3.07	7.928	24.01	3.36	25.852	1.43	36.968	0.0	35.0
8	3.07	10.998	34.37	3.72	24.247	1.43	34.673	0.0	35.0
9	3.07	14.068	46.23	4.44	19.527	1.43	27.924	0.0	35.0
10	3.07	17.139	61.61	6.46	9.548	1.43	13.654	0.0	35.0

			FS (semilla)	3.819	
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-9.372	10.265	12.183	0.744	16.380
2	-9.380	15.937	17.237	0.855	20.167
3	-4.405	13.457	13.806	0.934	14.785
4.1	-1.572	15.184	15.224	0.984	15.469
4.2	0.015	1.579	1.579	1.001	1.577
5	2.805	21.309	21.400	1.013	21.133
6	8.714	23.696	24.469	1.014	24.128
7	15.044	23.645	25.886	0.988	26.198
8	19.574	20.040	24.278	0.929	26.136
9	20.164	13.526	19.552	0.824	23.723
10	12.012	4.546	9.560	0.637	15.014
Σ	53.598	163.184			204.712
	FS	3.045		FS	3.819

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	3.640
2	3.640	3.811
3	3.811	3.819
4	3.819	3.819

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 3-Depósitos Fluviales-Talud de Corte

	r (m)	14.120							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m ²)	γ (tf/m ³)	W(tf/m)	c(tf/m ²)	$\phi (^{\circ})$
1	1.818	-2.352	-9.59	1.84	0.605	1.43	0.865	0.0	35.0
2	1.818	-1.023	-4.15	1.82	1.7	1.43	2.431	0.0	35.0
3.1	1.818	-0.179	-0.73	1.82	0.584	1.43	0.835	0.0	35.0
3.2	1.818	0.486	1.97	1.82	1.59	1.43	2.274	0.0	35.0
4	1.818	1.636	6.65	1.83	2.034	1.43	2.909	0.0	35.0
5	1.818	2.965	12.12	1.86	3.127	1.43	4.472	0.0	35.0
6	1.818	4.294	17.70	1.91	3.444	1.43	4.925	0.0	35.0
7	1.818	5.623	23.47	1.98	3.222	1.43	4.607	0.0	35.0
8	1.818	6.952	29.50	2.09	2.781	1.43	3.977	0.0	35.0
9	1.818	8.281	35.91	2.24	2.063	1.43	2.950	0.0	35.0
10	1.818	9.609	42.88	2.48	0.791	1.43	1.131	0.0	35.0

			FS (semilla)	2.466		
			Fellenius	Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop	
1	-0.144	0.597	0.606	0.939	0.645	
2	-0.176	1.698	1.702	0.977	1.743	
3.1	-0.011	0.585	0.585	0.996	0.587	
3.2	0.078	1.591	1.592	1.009	1.578	
4	0.337	2.023	2.037	1.026	1.985	
5	0.939	3.061	3.131	1.037	3.018	
6	1.498	3.285	3.448	1.039	3.319	
7	1.835	2.959	3.226	1.030	3.131	
8	1.958	2.424	2.785	1.010	2.756	
9	1.730	1.673	2.066	0.976	2.115	
10	0.770	0.580	0.792	0.926	0.855	
Σ	8.814	20.477			21.733	
	FS	2.323			FS	2.466

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	2.225
2	2.225	2.445
3	2.445	2.464
4	2.464	2.466
5	2.466	2.466

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 4-Depósitos Fluviales-Talud de Corte

	r (m)	12.600							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m ²)	γ (tf/m ³)	W(tf/m)	c(tf/m ²)	$\phi (^{\circ})$
1	1.818	-4.636	-21.59	1.96	1.927	1.43	2.756	0.0	35.0
2	1.818	-2.818	-12.92	1.87	4.681	1.43	6.694	0.0	35.0
3	1.818	-0.955	-4.35	1.82	7.234	1.43	10.345	0.0	35.0
4	1.818	0.863	3.93	1.82	8.128	1.43	11.623	0.0	35.0
5	1.818	2.636	12.08	1.86	9.712	1.43	13.888	0.0	35.0
6	1.818	4.454	20.70	1.94	10.391	1.43	14.859	0.0	35.0
7	1.818	6.272	29.85	2.10	10.485	1.43	14.994	0.0	35.0
8	1.818	8.089	39.94	2.37	9.808	1.43	14.025	0.0	35.0
9	1.818	9.908	51.85	2.94	7.271	1.43	10.398	0.0	35.0
10	1.818	11.588	66.88	4.63	1.960	1.43	2.803	0.0	35.0

			FS (semilla)	2.251		
Fellenius			Bishop			
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(Malfa)	Mr Bishop	
1	-1.014	1.794	1.929	0.815	2.366	
2	-1.497	4.568	4.687	0.905	5.179	
3	-0.784	7.223	7.243	0.974	7.440	
4	0.796	8.119	8.139	1.019	7.987	
5	2.905	9.509	9.725	1.043	9.324	
6	5.253	9.733	10.404	1.045	9.953	
7	7.463	9.105	10.499	1.022	10.271	
8	9.004	7.530	9.821	0.966	10.162	
9	8.176	4.498	7.280	0.862	8.442	
10	2.578	0.771	1.963	0.679	2.891	
Σ	32.880	62.850			74.016	
	FS	1.911		FS	2.251	

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	2.017
2	2.017	2.223
3	2.223	2.248
4	2.248	2.251
5	2.251	2.251

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 5-Depósitos Fluviales-Talud de Corte

	r (m)	12.842							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	1.68	-3.942	-17.88	1.77	1.197	1.43	1.712	0.0	35.0
2	1.68	-2.262	-10.15	1.71	3.314	1.43	4.739	0.0	35.0
3.1	1.68	-0.582	-2.60	1.68	4.169	1.43	5.962	0.0	35.0
3.2	1.68	0.129	0.58	1.68	0.871	1.43	1.246	0.0	35.0
4	1.68	1.098	4.90	1.69	6.395	1.43	9.145	0.0	35.0
5	1.68	2.778	12.49	1.72	7.372	1.43	10.542	0.0	35.0
6	1.68	4.458	20.31	1.79	7.951	1.43	11.370	0.0	35.0
7	1.68	6.138	28.55	1.91	7.884	1.43	11.274	0.0	35.0
8	1.68	7.818	37.50	2.12	6.201	1.43	8.867	0.0	35.0
9	1.68	9.498	47.70	2.50	5.277	1.43	7.546	0.0	35.0
10	1.68	11.176	60.49	3.41	2.509	1.43	3.588	0.0	35.0

			FS (semilla)	2.168	
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-0.525	1.141	1.199	0.853	1.406
2	-0.835	3.266	3.318	0.927	3.578
3.1	-0.270	4.170	4.174	0.984	4.241
3.2	0.013	0.872	0.872	1.003	0.869
4	0.782	6.380	6.403	1.024	6.254
5	2.280	7.207	7.382	1.046	7.056
6	3.947	7.466	7.961	1.050	7.583
7	5.389	6.934	7.894	1.033	7.644
8	5.398	4.926	6.209	0.990	6.272
9	5.581	3.556	5.284	0.912	5.794
10	3.122	1.237	2.512	0.774	3.247
Σ	24.882	47.156			53.943
	FS	1.895		FS	2.168

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.942
2	1.942	2.14
3	2.14	2.165
4	2.165	2.168
5	2.168	2.168

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 1- Depósitos Fluviales-Talud de Relleno

	r (m)	14.099							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	3.569	-7.896	-34.06	4.31	9.947	1.43	14.224	0.0	35.0
2	3.569	-4.327	-17.87	3.75	24.884	1.43	35.584	0.0	35.0
3.1	3.569	-1.271	-5.17	3.58	22.572	1.43	32.278	0.0	35.0
3.2	3.569	0.514	2.09	3.57	9.768	1.43	13.968	0.0	35.0
4	3.569	2.812	11.50	3.64	38.489	1.43	57.613	0.0	35.0
5	3.569	6.381	26.91	4.00	36.645	1.43	66.959	0.0	35.0
6	3.569	9.95	44.89	5.04	26.969	1.43	49.923	0.0	35.0
7	3.569	12.767	64.89	8.41	5.769	1.43	8.250	0.0	35.0

			FS (semilla)		3.357
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M. alfa)	Mr Bishop
1	-7.966	8.251	9.960	0.712	13.995
2	-10.921	23.714	24.916	0.888	28.067
3.1	-2.910	22.509	22.601	0.977	23.130
3.2	0.509	9.774	9.781	1.007	9.713
4	11.491	39.531	40.341	1.022	39.492
5	30.305	41.809	46.885	0.986	47.545
6	35.232	24.766	34.957	0.856	40.852
7	7.470	2.451	5.776	0.613	9.421
Σ	63.210	172.805			212.216
	FS	2.734		FS	3.357

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	3.160
2	3.160	3.346
3	3.346	3.357
4	3.357	3.357

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 2- Depósitos Fluviales-Talud de Relleno

	r (m)	8.415							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	1.163	-1.689	-11.58	1.19	0.499	1.43	0.714	0.0	35.0
2.1	1.163	-0.526	-3.58	1.17	1.355	1.43	1.938	0.0	35.0
2.2	1.163	0.111	0.76	1.16	0.384	1.43	0.549	0.0	35.0
3	1.163	0.858	5.85	1.17	2.777	1.43	3.971	0.0	35.0
4	1.163	2.132	14.68	1.20	3.347	1.43	7.315	0.0	35.0
5	1.163	3.406	23.88	1.27	2.874	1.43	9.319	0.0	35.0
6	1.163	4.68	33.79	1.40	2.033	1.43	8.116	0.0	35.0
7	1.163	5.895	44.47	1.63	0.721	1.43	5.754	0.0	35.0

			FS (semilla)	1.771		
FELLENIUS			Bishop			
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(Malfa)	Mr Bishop	
1	-0.143	0.489	0.500	0.900	0.555	
2.1	-0.121	1.354	1.357	0.973	1.394	
2.2	0.007	0.384	0.384	1.005	0.383	
3	0.405	2.766	2.781	1.035	2.686	
4	1.853	4.955	5.122	1.068	4.798	
5	3.772	5.967	6.525	1.074	6.073	
6	4.514	4.723	5.683	1.051	5.407	
7	4.031	2.875	4.029	0.991	4.067	
Σ	14.318	23.514			25.363	
	FS	1.642			FS	1.771

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.602
2	1.602	1.745
3	1.745	1.768
4	1.768	1.771
5	1.771	1.771

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 3- Depósitos Fluviales-Talud de Relleno

	r (m)	14.089							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	2.288	-2.4251	-9.91	2.32	2.509	1.43	3.588	0.0	35.0
2.1	2.288	-0.641	-2.61	2.29	3.257	1.43	4.658	0.0	35.0
2.2	2.288	0.503	2.05	2.29	3.311	1.43	4.735	0.0	35.0
3	2.288	2.151	8.78	2.32	8.682	1.43	12.415	0.0	35.0
4	2.288	4.439	18.36	2.41	9.15	1.43	13.085	0.0	35.0
5	2.288	6.727	28.52	2.60	9.909	1.43	14.170	0.0	35.0
6	2.288	9.014	39.78	2.98	8.916	1.43	18.751	0.0	35.0
7	2.288	11.263	53.07	3.81	3.568	1.43	14.131	0.0	35.0

			FS (semilla)		1.648
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(Malfa)	Mr Bishop
1	-0.618	2.475	2.512	0.912	2.755
2.1	-0.212	3.258	3.261	0.980	3.329
2.2	0.169	3.313	3.315	1.015	3.268
3	1.895	8.591	8.693	1.053	8.255
4	4.123	8.695	9.162	1.083	8.460
5	6.766	8.718	9.922	1.082	9.174
6	11.997	10.091	13.130	1.040	12.620
7	11.297	5.945	9.895	0.940	10.522
Σ	35.417	51.086			58.382
	FS	1.442		FS	1.648

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.490
2	1.490	1.619
3	1.619	1.643
4	1.643	1.648
5	1.648	1.648

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 1-Formación Labra-Talud de Corte

	r (m)	15.686							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	1.942	-3.843	-14.18	2.00	1.886	1.43	2.697	0.0	35.0
2	1.942	-1.901	-6.96	1.96	4.548	1.43	6.504	0.0	35.0
3	1.942	-0.465	-1.70	1.94	2.956	1.43	4.227	0.0	35.0
4.1	1.942	0.506	1.85	1.94	3.71	1.43	5.305	0.0	35.0
4.2	1.942	1.983	7.26	1.96	8.303	1.43	11.873	0.0	35.0
5	1.942	3.925	14.49	2.01	9.46	1.43	13.528	0.0	35.0
6	1.942	5.867	21.96	2.09	10.099	1.43	14.442	0.0	35.0
7	1.942	7.809	29.86	2.24	10.146	1.43	14.509	0.0	35.0
8	1.942	9.751	38.44	2.48	9.252	1.43	13.230	0.0	35.0
9	1.942	11.693	48.20	2.91	5.947	1.43	8.504	0.0	35.0
10	1.942	13.635	60.37	3.93	3.303	1.43	4.723	0.0	35.0

			FS (semilla)		2.005
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M.alfa)	Mr Bishop
1	-0.661	1.831	1.888	0.884	2.136
2	-0.788	4.520	4.554	0.950	4.792
3	-0.125	2.959	2.960	0.989	2.992
4.1	0.171	3.713	3.715	1.011	3.675
4.2	1.501	8.247	8.314	1.036	8.024
5	3.385	9.171	9.472	1.056	8.974
6	5.402	9.378	10.112	1.058	9.557
7	7.223	8.811	10.159	1.041	9.758
8	8.224	7.257	9.264	1.000	9.260
9	6.339	3.969	5.955	0.927	6.424
10	4.106	1.635	3.307	0.798	4.145
Σ	34.777	61.490			69.738
	FS	1.768		FS	2.005

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.797
2	1.797	1.977
3	1.977	2.002
4	2.002	2.005
5	2.005	2.005

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 2-Formación Labra-Talud de Corte

	r (m)	19.259							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m ²)	γ (tf/m ³)	W(tf/m)	c(tf/m ²)	$\phi (^{\circ})$
1	3.04	-10.544	-33.19	3.63	3.355	1.43	17.226	0.0	35.0
2	3.04	-7.504	-22.93	3.30	8.441	1.43	24.495	0.0	35.0
3	3.04	-4.464	-13.40	3.13	11.492	1.43	20.127	0.0	35.0
4	3.04	-1.472	-4.38	3.05	16.238	1.43	23.220	0.0	35.0
5	3.04	1.568	4.67	3.05	22.036	1.43	31.511	0.0	35.0
6	3.04	4.656	13.99	3.13	24.508	1.43	35.046	0.0	35.0
7	3.04	7.696	23.55	3.32	25.917	1.43	37.061	0.0	35.0
8	3.04	10.736	33.88	3.66	24.625	1.43	35.214	0.0	35.0
9	3.04	13.776	45.67	4.35	20.13	1.43	28.786	0.0	35.0
10	3.04	16.814	60.81	6.23	9.717	1.43	13.895	0.0	35.0

			FS (semilla)	3.911	
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M.alfa)	Mr Bishop
1	-9.431	10.093	12.062	0.739	16.326
2	-9.544	15.796	17.151	0.851	20.149
3	-4.665	13.709	14.093	0.931	15.133
4	-1.775	16.211	16.259	0.983	16.534
5	2.566	21.991	22.065	1.011	21.819
6	8.473	23.812	24.540	1.014	24.210
7	14.810	23.789	25.951	0.988	26.260
8	19.630	20.470	24.657	0.930	26.512
9	20.591	14.085	20.156	0.827	24.376
10	12.131	4.745	9.730	0.644	15.109
Σ	52.785	164.702			206.429
	FS	3.120		FS	3.911

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	3.745
2	3.745	3.903
3	3.903	3.910
4	3.910	3.911
5	3.911	3.911

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 3-Formación Labra-Talud de Corte

	r (m)	14.120							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	1.265	-1.814	-7.38	1.28	0.515	1.43	0.736	0.0	35.0
2	1.265	-0.591	-2.40	1.27	1.327	1.43	1.898	0.0	35.0
3	1.265	0.674	2.74	1.27	2.36	1.43	3.375	0.0	35.0
4	1.265	1.981	8.07	1.28	2.832	1.43	4.050	0.0	35.0
5	1.265	3.246	13.29	1.30	2.691	1.43	3.848	0.0	35.0
6	1.265	4.511	18.63	1.33	2.233	1.43	3.193	0.0	35.0
7	1.265	5.776	24.15	1.39	3.49	1.43	4.991	0.0	35.0
8	1.265	7.041	29.91	1.46	2.866	1.43	4.098	0.0	35.0
9	1.265	8.306	36.03	1.56	1.937	1.43	2.770	0.0	35.0
10	1.265	9.569	42.66	1.72	0.708	1.43	1.012	0.0	35.0

			FS (semilla)		2.326
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M.alfa)	Mr Bishop
1	-0.095	0.511	0.516	0.953	0.541
2	-0.079	1.328	1.329	0.987	1.347
3	0.161	2.360	2.363	1.013	2.332
4	0.568	2.808	2.836	1.032	2.747
5	0.885	2.622	2.694	1.042	2.585
6	1.020	2.119	2.236	1.044	2.142
7	2.042	3.189	3.495	1.036	3.374
8	2.044	2.487	2.870	1.017	2.822
9	1.629	1.568	1.940	0.986	1.968
10	0.686	0.521	0.709	0.939	0.755
Σ	8.861	19.514			20.612
	FS	2.202		FS	2.326

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	2.096
2	2.096	2.304
3	2.304	2.324
4	2.324	2.326
5	2.326	2.326

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 4-Formación Labra-Talud de Corte

	r (m)	12.519							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	ϕ (°)
1	1.45	-2.165	-9.96	1.47	1.033	1.43	1.477	0.0	35.0
2	1.45	-0.719	-3.29	1.45	2.377	1.43	3.399	0.0	35.0
3	1.45	0.73	3.34	1.45	3.469	1.43	4.961	0.0	35.0
4	1.45	2.185	10.05	1.47	4.254	1.43	6.083	0.0	35.0
5	1.45	3.635	16.88	1.52	4.8	1.43	6.864	0.0	35.0
6	1.45	5.085	23.97	1.59	5.066	1.43	7.244	0.0	35.0
7	1.45	6.535	31.47	1.70	5.009	1.43	7.163	0.0	35.0
8	1.45	7.985	39.63	1.88	4.55	1.43	6.507	0.0	35.0
9	1.45	9.435	48.91	2.21	3.536	1.43	5.056	0.0	35.0
10	1.45	10.887	60.42	2.94	1.566	1.43	2.239	0.0	35.0

			FS (semilla)		1.800
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M.alfa)	Mr Bishop
1	-0.255	1.019	1.034	0.918	1.127
2	-0.195	2.376	2.380	0.976	2.439
3	0.289	3.468	3.473	1.021	3.402
4	1.062	4.194	4.260	1.053	4.047
5	1.993	4.599	4.806	1.070	4.492
6	2.943	4.635	5.073	1.072	4.733
7	3.739	4.278	5.015	1.056	4.750
8	4.150	3.509	4.556	1.018	4.474
9	3.811	2.327	3.541	0.950	3.725
10	1.947	0.774	1.568	0.832	1.885
Σ	19.483	31.179			35.073
	FS	1.600			FS
					1.800

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.618
2	1.618	1.770
3	1.770	1.796
4	1.796	1.800
5	1.800	1.800

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 5-Formación Labra-Talud de Corte

	r (m)	12.842							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m ²)	γ (tf/m ³)	W(tf/m)	c(tf/m ²)	ϕ ($^{\circ}$)
1	1.415	-1.94	-8.69	1.43	0.673	1.43	0.962	0.0	35.0
2.1	1.415	-0.617	-2.75	1.42	1.57	1.43	2.245	0.0	35.0
2.2	1.415	0.091	0.41	1.42	0.3	1.43	0.429	0.0	35.0
3	1.415	0.889	3.97	1.42	2.839	1.43	4.060	0.0	35.0
4	1.415	2.304	10.34	1.44	3.59	1.43	5.134	0.0	35.0
5	1.415	3.719	16.83	1.48	4.106	1.43	5.872	0.0	35.0
6	1.415	5.134	23.56	1.54	4.367	1.43	6.245	0.0	35.0
7	1.415	6.549	30.66	1.64	4.34	1.43	6.206	0.0	35.0
8	1.415	7.964	38.33	1.80	3.959	1.43	5.661	0.0	35.0
9	1.415	9.379	46.91	2.07	2.783	1.43	3.980	0.0	35.0
10	1.415	10.499	54.84	2.46	0.504	1.43	0.721	0.0	35.0

			FS (semilla)	1.884	
			Fellenius	Bishop	
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M.alfa)	Mr Bishop
1	-0.145	0.666	0.674	0.932	0.723
2.1	-0.108	1.570	1.572	0.981	1.603
2.2	0.003	0.300	0.300	1.003	0.300
3	0.281	2.836	2.843	1.023	2.778
4	0.921	3.536	3.595	1.050	3.422
5	1.700	3.935	4.111	1.065	3.861
6	2.497	4.008	4.373	1.065	4.105
7	3.165	3.738	4.346	1.050	4.140
8	3.511	3.110	3.964	1.015	3.906
9	2.907	1.903	2.787	0.955	2.919
10	0.589	0.291	0.505	0.880	0.574
Σ	14.731	25.603			27.756
	FS	1.738		FS	1.884

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.697
2	1.697	1.857
3	1.857	1.881
4	1.881	1.884
5	1.884	1.884

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 1-Formación Labra-Talud de Relleno

	r (m)	14.099							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	$\phi (^{\circ})$
1	2.418	-3.711	-15.26	2.51	9.947	1.43	14.224	0.0	35.0
2	2.418	-1.251	-5.09	2.43	24.884	1.43	35.584	0.0	35.0
3	2.418	1.167	4.75	2.43	22.572	1.43	32.278	0.0	35.0
4	2.418	3.543	14.55	2.50	9.768	1.43	13.968	0.0	35.0
5	2.418	5.961	25.01	2.67	38.489	1.43	64.861	0.0	35.0
6	2.418	8.379	36.46	3.01	36.645	1.43	62.281	0.0	35.0
7	2.418	10.799	49.99	3.76	26.969	1.43	47.468	0.0	35.0

			FS (semilla)		1.897
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(Malfa)	Mr Bishop
1	-3.744	9.609	9.960	0.868	11.480
2	-3.157	24.818	24.916	0.963	25.865
3	2.672	22.524	22.601	1.027	22.004
4	3.510	9.467	9.781	1.061	9.221
5	27.423	41.157	45.416	1.062	42.753
6	37.014	35.073	43.610	1.024	42.604
7	36.358	21.369	33.237	0.926	35.908
Σ	100.075	164.016			189.836
	FS	1.639			FS
					1.897

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.710
2	1.710	1.87
3	1.87	1.893
4	1.893	1.896
5	1.896	1.897
6	1.897	1.897

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 2-Formación Labra-Talud de Relleno

	r (m)	8.415							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	ϕ ($^{\circ}$)
1	1.013	-0.906	-6.18	1.02	0.499	1.43	0.714	0	35
2.1	1.013	-0.199	-1.36	1.01	1.355	1.43	1.938	0	35
2.2	1.013	0.307	2.09	1.01	0.384	1.43	0.549	0	35
3	1.013	1.119	7.64	1.02	2.777	1.43	3.971	0	35
4	1.013	2.133	14.68	1.05	3.347	1.43	8.206	0	35
5	1.013	3.146	21.95	1.09	2.874	1.43	8.253	0	35
6	1.013	4.159	29.62	1.17	2.033	1.43	7.05	0	35
7	1.013	5.171	37.92	1.28	0.721	1.43	9.3	0	35

			FS (semilla)		1.806
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr(M.alfa)	Mr Bishop
1	-0.077	0.497	0.500	0.952	0.525
2.1	-0.046	1.356	1.357	0.991	1.370
2.2	0.020	0.384	0.384	1.013	0.379
3	0.528	2.756	2.781	1.043	2.667
4	2.080	5.558	5.746	1.066	5.392
5	3.085	5.359	5.778	1.072	5.388
6	3.484	4.291	4.936	1.061	4.653
7	5.715	5.137	6.512	1.027	6.340
Σ	14.790	25.340			26.713
	FS	1.713		FS	1.806

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.632
2	1.632	1.78
3	1.78	1.803
4	1.803	1.806
5	1.806	1.806

Fuente: Elaboración Propia.

Análisis 3-Formación Labra-Talud de Relleno

	r (m)	13.629							
Dovela	b (m)	a (m)	$\alpha(^{\circ})$	Δl (m)	Área(m²)	γ(tf/m³)	W(tf/m)	c(tf/m²)	ϕ ($^{\circ}$)
1	2.294	-2.881	-12.2	2.35	1.509	1.43	2.158	0	35
2.1	2.294	-0.867	-3.65	2.3	2.879	1.43	4.117	0	35
2.2	2.294	0.28	1.18	2.29	1.345	1.43	1.923	0	35
3	2.294	1.708	7.2	2.31	7.52	1.43	10.754	0	35
4	2.294	4.002	17.08	2.4	9.376	1.43	13.408	0	35
5	2.294	6.296	27.51	2.59	10.262	1.43	14.675	0	35
6	2.294	8.589	39.06	2.95	9.226	1.43	19.669	0	35
7	2.294	10.884	53	3.81	3.912	1.43	14.97	0	35

			FS (semilla)		1.539
	Fellenius		Bishop		
Dovela	Ma(tf/m-m)	Mr(tf/m-m)	Mr(numerador)	Mr (M.alfa)	Mr Bishop
1	-0.456	1.477	1.511	0.881	1.715
2.1	-0.262	2.877	2.883	0.969	2.975
2.2	0.040	1.346	1.347	1.009	1.335
3	1.348	7.470	7.530	1.049	7.177
4	3.937	8.974	9.388	1.090	8.617
5	6.779	9.113	10.275	1.097	9.366
6	12.395	10.693	13.772	1.063	12.954
7	11.955	6.309	10.482	0.965	10.860
Σ	35.736	48.260			54.998
	FS	1.350			FS
					1.539

Iteración	FS(Semilla)	FS (resultado)
1	1.000	1.401
2	1.401	1.511
3	1.511	1.534
4	1.534	1.538
5	1.538	1.539
6	1.539	1.539

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 10: Serie histórica de precipitación máxima en 24 horas

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)															
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Máximo	
1964	18.80	8.40	27.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	2.30	26.10	85.50	27.50	MAR
1965	6.10	20.20	5.20	1.20	0.00	0.00	0.00	2.40	1.10	0.00	0.00	0.10	36.30	20.20	FEB
1966	1.00	7.20	4.10	2.10	5.10	0.01	NP	0.00	0.00	2.10	45.10	0.01	66.72	45.10	NOVIEMBRE
1967	6.20	16.30	9.30	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	1.00	36.00	16.30	FEBRERO
1968	12.30	2.10	10.00	2.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	32.40	12.30	ENERO
1969	3.10	5.10	2.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	8.10	20.40	8.10	DICIEMBRE
1970	12.00	1.40	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.20	16.01	12.00	ENERO
1971	5.10	0.01	1.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	1.20	2.40	9.74	5.10	ENERO
1972	14.20	11.10	7.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.40	0.00	2.70	35.42	14.20	ENERO
1973	11.90	16.30	9.10	2.70	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	40.05	16.30	FEBRERO
1974	14.60	2.40	1.50	0.01	0.00	0.01	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.01	21.23	14.60	ENERO
1975	5.40	5.40	5.40	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.10	22.32	6.10	DICIEMBRE
1976	11.20	3.70	3.20	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	4.20	0.00	0.00	0.01	22.33	11.20	ENERO
1977	23.00	5.90	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	3.00	44.41	23.00	ENERO
1978	10.00	0.50	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.30	0.01	24.61	11.30	NOVIEMBRE
1979	3.20	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.30	0.00	1.00	5.61	3.20	ENERO
1980	1.20	9.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.00	1.00	15.01	9.00	FEBRERO
1981	6.10	4.10	3.10	6.20	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	5.70	25.22	6.20	ABRIL
1982	0.70	7.20	0.01	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	2.30	11.51	7.20	FEBRERO
1983	0.01	4.20	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NP	NP	7.81	4.20	FEBRERO
1984	4.20	10.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NP	NP	NP	NP	17.60	10.00	FEBRERO
1985	3.00	12.40	6.30	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	23.11	12.40	FEBRERO
1986	50.00	20.00	1.40	0.01	0.00	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	4.20	77.71	50.00	ENERO
1987	3.40	3.10	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	8.61	3.40	ENERO
1988	2.10	13.90	0.60	1.30	0.00	0.00	0.00	NP	0.00	NP	NP	0.01	17.91	13.90	FEBRERO
1989	3.20	23.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.20	23.00	FEBRERO
1990	3.90	1.10	4.40	0.01	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	9.70	22.21	9.70	DICIEMBRE

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)															
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Máximo	Año
1991	3.10	1.30	NP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	1.20	6.20	3.10	ENERO
1992	5.40	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	5.44	5.40	ENERO
1993	NP	1.40	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40	0.00	0.00	0.00	1.40	18.50	8.30	MARZO
1994	7.90	11.30	7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NP	NP	NP	27.10	11.30	FEBRERO
1995	2.30	0.00	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	6.51	4.20	MARZO
1996	2.10	6.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	8.24	6.00	FEBRERO
1997	7.20	27.50	6.50	0.01	0.00	0.00	0.00	2.60	9.40	0.00	0.01	9.90	63.12	27.50	FEBRERO
1998	10.00	2.20	2.40	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.60	16.22	10.00	ENERO
1999	6.10	11.30	6.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.50	24.42	11.30	FEBRERO
2000	7.50	17.10	5.60	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	30.25	17.10	FEBRERO
2001	4.00	54.00	19.30	0.50	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	77.82	54.00	FEBRERO
2002	8.70	0.00	25.80	0.00	0.01	2.40	5.70	0.00	0.00	0.00	2.00	10.30	54.91	25.80	MARZO
2003	1.40	0.01	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	1.00	6.01	2.50	MARZO
2004	24.60	18.70	0.60	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.90	24.60	ENERO
2005	29.30	11.10	14.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	1.00	56.60	29.30	ENERO
2006	4.60	4.80	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	24.41	15.00	MARZO
2007	5.90	2.70	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	13.21	5.90	ENERO
2008	26.20	7.60	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.80	36.50	26.20	ENERO
2009	2.50	4.50	5.40	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.20	5.40	MARZO
2010	1.90	3.00	0.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	13.90	8.50	DICIEMBRE
2011	9.00	17.50	0.00	3.30	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	11.80	42.51	17.50	FEBRERO
2012	16.10	19.10	15.00	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	64.00	19.10	FEBRERO
2013	10.50	8.20	7.20	0.00	0.90	0.00	0.00	NP	0.00	0.00	0.00	6.30	33.10	10.50	ENERO
2014	7.50	0.01	0.30	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	7.81	7.50	ENERO
Promedio	8.79	8.69	5.74	0.66	0.16	0.13	0.14	0.37	0.31	0.18	1.50	2.85	29.53		
Máximo	50.00	54.00	27.50	9.90	5.10	2.40	5.70	7.40	9.40	2.40	45.10	26.10			

Fuente: Elaboración propia con datos históricos de SENAMHI.

Anexo 11: Precipitación Máxima en 24 horas

Precipitaciones máximas		
Nº	AÑO	MAX. (mm/24h)
1	1964	27.5
2	1965	20.2
3	1966	45.1
4	1967	16.3
5	1968	12.3
6	1969	8.1
7	1970	12
8	1971	5.1
9	1972	14.2
10	1973	16.3
11	1974	14.6
12	1975	6.1
13	1976	11.2
14	1977	23
15	1978	11.3
16	1979	3.2
17	1980	9
18	1981	6.2
19	1982	7.2
20	1983	4.2
21	1984	10
22	1985	12.4
23	1986	50
24	1987	3.4
25	1988	13.9

Precipitaciones máximas		
Nº	AÑO	MAX. (mm/24h)
26	1989	23
27	1990	9.7
28	1991	3.1
29	1992	5.4
30	1993	8.3
31	1994	11.3
32	1995	4.2
33	1996	6
34	1997	27.5
35	1998	10
36	1999	11.3
37	2000	17.1
38	2001	54
39	2002	25.8
40	2003	2.5
41	2004	24.6
42	2005	29.3
43	2006	15
44	2007	5.9
45	2008	26.2
46	2009	5.4
47	2010	8.5
48	2011	17.5
49	2012	19.1
50	2013	10.5
51	2014	7.5

Fuente: Elaboración propia con datos históricos de SENAMHI.

Anexo 12: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

Nº	Año	Mes de máxima precipitación	Precipitación (mm)	
			Xi	$(Xi - \bar{X})^2$
1	1964	MAR	27.5	162.938
2	1965	FEB	20.2	29.863
3	1966	NOVIEMBRE	45.1	922.015
4	1967	FEBRERO	16.3	2.448
5	1968	ENERO	12.3	5.931
6	1969	DICIEMBRE	8.1	44.027
7	1970	ENERO	12.0	7.482
8	1971	ENERO	5.1	92.839
9	1972	ENERO	14.2	0.287
10	1973	FEBRERO	16.3	2.448
11	1974	ENERO	14.6	0.018
12	1975	DICIEMBRE	6.1	74.568
13	1976	ENERO	11.2	12.498
14	1977	ENERO	23.0	68.305
15	1978	NOVIEMBRE	11.3	11.801
16	1979	ENERO	3.2	133.063
17	1980	FEBRERO	9.0	32.894
18	1981	ABRIL	6.2	72.851
19	1982	FEBRERO	7.2	56.781
20	1983	FEBRERO	4.2	110.992
21	1984	FEBRERO	10.0	22.423
22	1985	FEBRERO	12.4	5.454
23	1986	ENERO	50.0	1243.599
24	1987	ENERO	3.4	128.489
25	1988	FEBRERO	13.9	0.698
26	1989	FEBRERO	23.0	68.305
27	1990	DICIEMBRE	9.7	25.354
28	1991	ENERO	3.1	135.380
29	1992	ENERO	5.4	87.148
30	1993	MARZO	8.3	41.413
31	1994	FEBRERO	11.3	11.801
32	1995	MARZO	4.2	110.992
33	1996	FEBRERO	6.0	76.305
34	1997	FEBRERO	27.5	162.938
35	1998	ENERO	10.0	22.423
36	1999	FEBRERO	11.3	11.801

Nº	Año	Mes de máxima precipitación	Precipitación (mm)	
			X_i	$(X_i - \bar{X})^2$
37	2000	FEBRERO	17.1	5.592
38	2001	FEBRERO	54.0	1541.717
39	2002	MARZO	25.8	122.428
40	2003	MARZO	2.5	149.702
41	2004	ENERO	24.6	97.312
42	2005	ENERO	29.3	212.131
43	2006	MARZO	15.0	0.070
44	2007	ENERO	5.9	78.062
45	2008	ENERO	26.2	131.439
46	2009	MARZO	5.4	87.148
47	2010	DICIEMBRE	8.5	38.879
48	2011	FEBRERO	17.5	7.644
49	2012	FEBRERO	19.1	19.051
50	2013	ENERO	10.5	17.938
51	2014	ENERO	7.5	52.349
Nº	51	SUMA	751.5	6560.036
		PROMEDIO	14.735	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 13: Cálculo de Diseño de Caudales para Cunetas

	Divortium Aquarium		Longitud (km)	Microcuenca			Drenaje de la carpeta de rodadura			Q1	Q2	Qtotal
	Desde	Hasta		Área tributaria(km2)	C	Intensidad máxima (mm/hora)	Área (km2) (Long. X ancho plataforma/2)	C	Intensidad máxima (mm/hora)	Talud (m3/s)	Calzada (m3/s)	Q1+Q2 (m3/s)
1	km 18+000	km 18+140	0.180	0.035	0.7	9.47975	0.00063	0.15	9.47975	0.06403	0.00025	0.06428
2	km 18+140	km 18+195	0.055	0.042	0.7	9.47975	0.00019	0.15	9.47975	0.07650	0.00008	0.07658
3	km 18+195	km 18+300	0.105	0.006	0.7	9.47975	0.00037	0.15	9.47975	0.01108	0.00015	0.01122
4	km 18+300	km 18+335	0.035	0.089	0.7	9.86991	0.00012	0.15	9.47975	0.17072	0.00005	0.17077
5	km 18+335	km 18+520	0.185	0.014	0.7	9.47975	0.00065	0.15	9.47975	0.02621	0.00026	0.02647
6	km 18+520	km 18+590	0.070	0.030	0.7	9.47975	0.00025	0.15	9.47975	0.05514	0.00010	0.05523
7	km 18+590	km 18+650	0.060	0.078	0.7	9.86991	0.00021	0.15	9.47975	0.14897	0.00008	0.14905
8	km 18+650	km 18+750	0.100	0.007	0.7	9.47975	0.00035	0.15	9.47975	0.01203	0.00014	0.01217
9	km 18+750	km 18+790	0.040	0.029	0.7	9.47975	0.00014	0.15	9.47975	0.05434	0.00006	0.05440
10	km 18+790	km 18+850	0.060	0.039	0.7	9.47975	0.00021	0.15	9.47975	0.07143	0.00008	0.07152
11	km 18+850	km 18+920	0.070	0.010	0.7	9.47975	0.00025	0.15	9.47975	0.01810	0.00010	0.01820
12	km 18+920	km 19+020	0.100	0.013	0.7	9.47975	0.00035	0.15	9.47975	0.02407	0.00014	0.02421
13	km 19+020	km 19+080	0.060	0.318	0.7	9.86991	0.00021	0.15	9.47975	0.61062	0.00008	0.61070
14	km 19+080	km 19+160	0.080	0.022	0.7	9.47975	0.00028	0.15	9.47975	0.04104	0.00011	0.04116
15	km 19+160	km 19+350	0.190	0.026	0.6	9.47975	0.00067	0.15	9.47975	0.04058	0.00026	0.04085
16	km 19+350	km 19+ 500	0.150	0.028	0.6	9.47975	0.00053	0.15	9.47975	0.04382	0.00021	0.04403
17	km 19+ 500	km 19+595	0.095	1.297	0.7	9.86991	0.00033	0.15	9.47975	2.48844	0.00013	2.48857
18	km 19+595	km 19+735	0.140	0.164	0.7	9.86991	0.00049	0.15	9.47975	0.31386	0.00019	0.31405
19	km 19+735	km 19+830	0.095	0.111	0.7	9.86991	0.00033	0.15	9.47975	0.21326	0.00013	0.21339
20	km 19+830	km 20+040	0.210	0.028	0.6	9.47975	0.00074	0.15	9.47975	0.04468	0.00029	0.04497
21	km 20+040	km 20+140	0.100	0.262	0.7	9.86991	0.00035	0.15	9.47975	0.50305	0.00014	0.50318
22	km 20+140	km 20+280	0.140	0.259	0.7	9.86991	0.00049	0.15	9.47975	0.49697	0.00019	0.49716
23	km 20+280	km 20+360	0.080	0.401	0.7	9.86991	0.00028	0.15	9.47975	0.76986	0.00011	0.76997
24	km 20+360	km 20+520	0.160	0.046	0.7	9.47975	0.00056	0.15	9.47975	0.08541	0.00022	0.08563
25	km 20+520	km 20+600	0.080	0.006	0.7	9.47975	0.00028	0.15	9.47975	0.01193	0.00011	0.01204

	Divortium Aquarium		Longitud (km)	Microcuenca			Drenaje de la carpeta de rodadura			Q1	Q2	Qttotal
	Desde	Hasta		Área tributaria(km2)	C	Intensidad máxima (mm/hora)	Área (km2) (Long. X ancho plataforma/2)	C	Intensidad máxima (mm/hora)	Talud (m3/s)	Calzada (m3/s)	Q1+Q2 (m3/s)
26	km 20+600	km 20+660	0.060	0.279	0.7	9.86991	0.00021	0.15	9.47975	0.53515	0.00008	0.53523
27	km 20+660	km 20+725	0.065	0.002	0.7	9.47975	0.00023	0.15	9.47975	0.00374	0.00009	0.00383
28	km 20+725	km 20+750	0.025	0.040	0.7	9.47975	0.00009	0.15	9.47975	0.07312	0.00003	0.07316
29	km 20+750	km 20+820	0.070	0.015	0.7	9.47975	0.00025	0.15	9.47975	0.02775	0.00010	0.02785
30	km 20+820	km 20+920	0.100	0.005	0.7	9.47975	0.00035	0.15	9.47975	0.01013	0.00014	0.01027
31	km 20+920	km 20+980	0.060	0.109	0.7	9.86991	0.00021	0.15	9.47975	0.20964	0.00008	0.20973
32	km 20+980	km 21+120	0.140	0.014	0.7	9.47975	0.00049	0.15	9.47975	0.02527	0.00019	0.02546
33	km 21+120	km 21+150	0.030	0.013	0.7	9.47975	0.00011	0.15	9.47975	0.02471	0.00004	0.02475
34	km 21+150	km 21+210	0.060	0.010	0.7	9.47975	0.00021	0.15	9.47975	0.01866	0.00008	0.01874
35	km 21+210	km 21+320	0.110	0.031	0.7	9.47975	0.00039	0.15	9.47975	0.05704	0.00015	0.05720
36	km 21+320	km 21+440	0.120	0.319	0.7	9.86991	0.00042	0.15	9.47975	0.61292	0.00017	0.61309
37	km 21+440	km 21+540	0.100	0.011	0.7	9.47975	0.00035	0.15	9.47975	0.02102	0.00014	0.02115
38	km 21+540	km 21+580	0.040	0.032	0.7	9.47975	0.00014	0.15	9.47975	0.05944	0.00006	0.05950
39	km 21+580	km 21+680	0.100	0.014	0.7	9.47975	0.00035	0.15	9.47975	0.02645	0.00014	0.02659
40	km 21+680	km 21+730	0.050	0.015	0.7	9.47975	0.00018	0.15	9.47975	0.02856	0.00007	0.02863
41	km 21+730	km 21+820	0.090	0.005	0.7	9.47975	0.00032	0.15	9.47975	0.00845	0.00012	0.00857
42	km 21+820	km 21+840	0.020	0.006	0.7	9.47975	0.00007	0.15	9.47975	0.01028	0.00003	0.01031
43	km 21+840	km 21+880	0.040	0.001	0.7	9.47975	0.00014	0.15	9.47975	0.00225	0.00006	0.00230
45	km 21+940	km 22+060	0.120	0.009	0.7	9.47975	0.00042	0.15	9.47975	0.01659	0.00017	0.01676
46	km 22+060	km 22+100	0.040	0.017	0.7	9.47975	0.00014	0.15	9.47975	0.03218	0.00006	0.03223
47	km 22+100	km 22+180	0.080	0.015	0.7	9.47975	0.00028	0.15	9.47975	0.02841	0.00011	0.02852
48	km 22+180	km 22+220	0.040	0.029	0.7	9.47975	0.00014	0.15	9.47975	0.05399	0.00006	0.05405
49	km 22+220	km 22+300	0.080	0.006	0.7	9.47975	0.00028	0.15	9.47975	0.01196	0.00011	0.01207
50	km 22+300	km 22+360	0.060	0.015	0.7	9.47975	0.00021	0.15	9.47975	0.02749	0.00008	0.02758
51	km 22+360	km 22+410	0.050	0.008	0.7	9.47975	0.00018	0.15	9.47975	0.01421	0.00007	0.01428
52	km 22+410	km 22+470	0.060	0.011	0.7	9.47975	0.00021	0.15	9.47975	0.02071	0.00008	0.02079

	Divortium Aquarium		Longitud (km)	Microcuenca			Drenaje de la carpeta de rodadura			Q1	Q2	Qtotal
	Desde	Hasta		Área tributaria(km2)	C	Intensidad máxima (mm/hora)	Área (km2) (Long. X ancho plataforma/2)	C	Intensidad máxima (mm/hora)	Talud (m3/s)	Calzada (m3/s)	Q1+Q2 (m3/s)
53	km 22+470	km 22+530	0.060	0.009	0.7	9.47975	0.00021	0.15	9.47975	0.01579	0.00008	0.01587
54	km 22+530	km 22+570	0.040	0.002	0.7	9.47975	0.00014	0.15	9.47975	0.00306	0.00006	0.00312
55	km 22+570	km 22+720	0.150	0.011	0.7	9.47975	0.00053	0.15	9.47975	0.02101	0.00021	0.02122
56	km 22+720	km 22+825	0.105	0.010	0.7	9.47975	0.00037	0.15	9.47975	0.01891	0.00015	0.01906
57	km 22+825	km 22+850	0.025	9.306	0.7	9.86991	0.00009	0.15	9.47975	17.85891	0.00003	17.85894
58	km 22+850	km 22+900	0.050	0.004	0.7	9.47975	0.00018	0.15	9.47975	0.00732	0.00007	0.00739
59	km 22+900	km 22+910	0.010	0.007	0.7	9.47975	0.00004	0.15	9.47975	0.01224	0.00001	0.01225
60	km 22+910	km 22+940	0.030	0.002	0.7	9.47975	0.00011	0.15	9.47975	0.00318	0.00004	0.00322
61	km 22+940	km 22+960	0.020	0.011	0.7	9.47975	0.00007	0.15	9.47975	0.02076	0.00003	0.02079
62	km 22+960	km 23+070	0.110	0.010	0.7	9.47975	0.00039	0.15	9.47975	0.01766	0.00015	0.01781

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 14: Resumen de Metrados

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
01	<u>OBRAS PRELIMINARES</u>		
01.01	CAMPAMENTO DE OBRA /GUARDIANIA Y/O DEPÓSITO	glb	1.00
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00
01.03	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	km	5.00
02	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>		
02.01	CORTE EN MATERIAL SUELTO	m3	66,604.59
02.02	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONA DE CORTE	m2	28,106.54
02.03	PRÉSTAMO DE EXCEDENTES DE CORTE		
02.03.01	CARGUIO	m3	66,604.59
02.03.02	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	m3	70,094.63
02.04	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA TERRAPLÉN	m3	4,013.55
03	<u>CONSERVACIÓN DE CALZADA EN AFIRMADO</u>		
03.01	PERFILADO DE LA SUPERFICIE CON APOORTE DE MATERIAL		
03.01.01	EXTRACCIÓN Y APILAMIENTO EN CANTERA	m3	8,203.13
03.01.02	ZARANDEO Y SELECCIÓN DE MATERIAL	m3	8,203.13
03.01.03	CARGUIO	m3	6,562.50
03.01.04	TRANSPORTE DE AFIRMADO	m3	6,562.50
03.01.05	EXTENDIDO Y COMPACTADO	m2	38,021.01
03.01.06	RIEGO	m3	525.00
04	<u>CONSERVACIÓN DE DRENAJE SUPERFICIAL</u>		
04.01	EXCA. EN TERRRENO NORMAL CON CARGADOR RETROEXCAVADOR 1 YD3	m3	1,972.04
04.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	852.75
04.03	EMBOQUILLADO DE PIEDRA (F'C=175 KG/CM2+30%PM)	m3	175.19
04.04	CONCRETO F'C=175 KG/CM2	m3	96.52
04.05	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	634.97
04.06	TUBERIA METALICA CORRUGADA CIRCULAR D=0.60 m	m	215.53
04.07	TUBERIA METALICA CORRUGADA CIRCULAR D=0.90 m	m	42.40
04.08	TUBERIA METALICA CORRUGADA CIRCULAR D=1.20 m	m	14.88
04.09	TUBERIA METALICA CORRUGADA CIRCULAR D=1.50 m	m	14.15

05	<u>TRANSPORTE</u>		
05.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00
06	<u>CONSERVACIÓN DE SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</u>		
06.01	CONSERVACION DE POSTES DE KILOMETRAJE	und	6.00
07	<u>PRESUPUESTO AMBIENTAL</u>		
07.01	PROGRAMA DE PREVENCION Y/O MITIGACION		
07.01.01	MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	est	1.00
07.01.02	SEÑALIZACION AMBIENTAL Y SEGURIDAD LABORAL	est	1.00
07.02	PROGRAMA DE CONTINGENCIAS		
07.02.01	PROGRAMA DE CONTINGENCIAS	est	1.00
07.03	PROGRAMA DE ABANDONO DE OBRA		
07.03.01	RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE AREAS AFECTADAS	ha	0.06
08	<u>PRESUPUESTO COVID19</u>		
08.01	PRESUPUESTO COVID19	mes	6.00

Anexo 15: Metrado detallado de movimiento de tierras

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
0+000.00	23.750	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
0+020.00	13.130	6.150	368.780	61.940	368.780	61.940
0+040.00	1.220	29.230	143.520	353.850	512.300	415.790
0+060.00	0.000	32.910	12.250	621.440	524.550	1037.230
0+080.00	0.000	61.350	0.000	942.650	524.550	1979.880
0+100.00	0.000	76.930	0.000	1382.850	524.550	3362.730
0+120.00	0.000	81.770	0.000	1587.030	524.550	4949.760
0+140.00	0.000	56.120	0.000	1378.890	524.550	6328.650
0+140.92	0.000	55.370	0.000	51.110	524.550	6379.760
0+155.29	0.000	22.880	0.000	562.430	524.550	6942.190
0+160.00	0.870	9.410	2.040	76.010	526.590	7018.200
0+169.67	0.290	7.800	5.580	83.180	532.170	7101.380
0+178.29	0.000	40.000	1.190	212.180	533.350	7313.570
0+180.00	0.000	44.700	0.000	72.340	533.350	7385.900
0+190.00	0.000	52.590	0.000	501.660	533.350	7887.560
0+200.00	0.000	46.570	0.000	509.210	533.350	8396.770
0+200.58	0.000	45.270	0.000	26.760	533.350	8423.530
0+209.21	0.000	26.300	0.000	315.420	533.350	8738.950
0+220.00	3.070	15.880	16.560	227.610	549.910	8966.570
0+220.40	2.010	15.510	1.020	6.310	550.930	8972.870
0+223.58	4.970	13.310	11.090	45.830	562.020	9018.710
0+234.61	10.830	8.270	87.140	118.980	649.160	9137.690
0+237.96	9.820	9.970	34.540	30.500	683.700	9168.190
0+240.00	6.340	12.530	16.490	22.970	700.200	9191.170
0+248.82	0.000	34.670	27.950	208.220	728.150	9399.390
0+250.00	0.000	37.400	0.000	42.420	728.150	9441.800
0+252.61	0.000	41.830	0.000	103.490	728.150	9545.290
0+260.00	0.000	35.410	0.000	277.200	728.150	9822.490
0+270.00	0.000	26.670	0.000	303.510	728.150	10126.000
0+280.00	0.000	32.400	0.000	287.560	728.150	10413.560
0+286.42	0.000	29.100	0.000	190.840	728.150	10604.410
0+290.00	0.000	27.870	0.000	98.520	728.150	10702.920
0+290.21	0.000	27.810	0.000	5.790	728.150	10708.710
0+300.00	0.000	22.070	0.000	244.240	728.150	10952.960
0+304.42	0.000	16.200	0.000	84.550	728.150	11037.510
0+318.63	4.520	0.000	32.140	115.090	760.290	11152.600
0+320.00	6.660	0.000	7.670	0.000	767.960	11152.600
0+340.00	30.580	0.000	372.410	0.000	1140.370	11152.600
0+360.00	22.450	0.060	530.340	0.650	1670.710	11153.250
0+367.72	25.160	0.190	183.780	0.980	1854.490	11154.230
0+380.00	20.440	0.340	279.930	3.240	2134.420	11157.470
0+381.72	18.720	0.430	33.680	0.660	2168.100	11158.130
0+395.72	15.040	0.280	235.030	4.980	2403.130	11163.100

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
0+400.00	14.960	0.090	63.320	0.820	2466.450	11163.920
0+409.04	15.530	0.000	136.420	0.440	2602.870	11164.360
0+410.00	15.480	0.000	14.810	0.000	2617.680	11164.360
0+420.00	18.660	0.000	170.240	0.010	2787.920	11164.370
0+423.04	18.750	0.000	56.960	0.000	2844.880	11164.370
0+437.04	5.970	2.290	173.040	16.060	3017.930	11180.430
0+440.00	2.410	7.660	12.380	14.700	3030.310	11195.130
0+440.12	2.110	7.890	0.270	0.940	3030.580	11196.070
0+454.12	1.630	3.880	26.170	82.360	3056.750	11278.440
0+460.00	1.140	7.450	8.160	33.280	3064.910	11311.710
0+468.12	4.800	1.750	24.370	36.850	3089.280	11348.560
0+470.00	11.720	0.130	15.520	1.770	3104.800	11350.330
0+480.00	28.910	0.000	205.280	0.640	3310.080	11350.970
0+490.00	40.280	0.000	349.250	0.000	3659.340	11350.970
0+500.00	42.400	0.000	417.230	0.000	4076.570	11350.970
0+505.00	42.480	0.000	214.370	0.000	4290.940	11350.970
0+519.00	45.880	0.000	621.020	0.000	4911.960	11350.970
0+520.00	45.650	0.000	45.810	0.000	4957.770	11350.970
0+533.00	33.850	0.000	516.720	0.000	5474.490	11350.970
0+540.00	30.630	0.000	225.710	0.000	5700.200	11350.970
0+549.10	30.040	0.000	276.050	0.000	5976.260	11350.970
0+560.00	34.330	0.000	350.770	0.000	6327.020	11350.970
0+563.10	39.310	0.000	114.170	0.000	6441.190	11350.970
0+577.10	47.460	0.000	605.410	0.000	7046.600	11350.970
0+580.00	50.080	0.000	141.390	0.000	7187.980	11350.970
0+590.00	53.710	0.000	513.530	0.000	7701.520	11350.970
0+600.00	42.080	0.000	474.580	0.000	8176.100	11350.970
0+610.00	25.590	0.000	335.450	0.000	8511.550	11350.970
0+617.74	16.060	0.000	159.440	0.000	8670.990	11350.970
0+620.00	14.100	0.000	34.120	0.000	8705.110	11350.970
0+627.64	7.360	0.780	81.980	2.970	8787.100	11353.940
0+631.74	5.530	3.220	26.390	8.180	8813.490	11362.120
0+640.00	16.930	0.240	92.760	14.260	8906.250	11376.370
0+642.02	16.500	0.260	33.710	0.500	8939.950	11376.880
0+645.74	17.100	0.300	62.490	1.050	9002.450	11377.930
0+656.39	17.230	0.420	182.860	3.870	9185.310	11381.800
0+660.00	14.650	1.340	58.810	3.030	9244.120	11384.830
0+665.02	11.420	5.770	67.510	16.580	9311.640	11401.410
0+670.00	7.170	11.200	47.980	39.180	9359.620	11440.590
0+680.00	7.160	15.060	74.280	121.290	9433.890	11561.880
0+687.80	7.230	14.390	58.370	106.110	9492.260	11667.990
0+690.00	6.100	11.670	15.260	26.630	9507.520	11694.620
0+696.42	5.390	14.630	38.070	79.500	9545.590	11774.120
0+700.00	6.370	12.760	21.010	48.980	9566.600	11823.090
0+709.35	12.180	0.450	86.670	61.760	9653.270	11884.850
0+710.80	12.160	0.170	17.680	0.450	9670.950	11885.310

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
0+720.00	19.160	0.000	144.110	0.780	9815.060	11886.090
0+723.72	22.130	0.000	76.850	0.000	9891.910	11886.090
0+725.17	23.640	0.000	33.240	0.000	9925.150	11886.090
0+738.10	23.510	0.000	304.650	0.000	10229.790	11886.090
0+740.00	24.030	0.000	45.240	0.000	10275.040	11886.090
0+746.72	23.220	1.900	151.660	7.060	10426.700	11893.150
0+750.00	21.990	4.660	70.280	11.820	10496.980	11904.970
0+760.00	13.000	7.420	165.890	65.580	10662.860	11970.550
0+766.41	9.080	3.220	67.470	36.550	10730.330	12007.100
0+770.00	9.010	1.490	31.070	8.940	10761.400	12016.040
0+775.03	13.240	0.070	54.040	4.090	10815.440	12020.130
0+780.00	16.010	0.000	72.700	0.170	10888.140	12020.300
0+789.41	13.720	0.000	139.830	0.000	11027.970	12020.300
0+800.00	9.180	0.350	121.300	1.840	11149.270	12022.140
0+803.78	7.540	0.840	31.600	2.250	11180.870	12024.390
0+820.00	9.460	0.100	137.880	7.630	11318.750	12032.010
0+824.20	9.970	0.030	40.820	0.270	11359.580	12032.280
0+838.20	15.940	0.000	181.360	0.200	11540.940	12032.480
0+840.00	15.830	0.000	28.550	0.000	11569.490	12032.480
0+850.00	14.970	0.000	154.000	0.000	11723.490	12032.480
0+852.20	15.750	0.000	33.840	0.000	11757.320	12032.480
0+860.00	19.460	1.790	138.920	6.750	11896.250	12039.230
0+870.00	28.350	1.050	244.840	13.740	12141.090	12052.970
0+872.29	30.930	0.810	68.010	2.130	12209.100	12055.100
0+879.34	25.380	0.430	202.840	4.270	12411.940	12059.370
0+880.00	24.620	0.430	16.400	0.280	12428.340	12059.650
0+886.29	18.640	0.100	136.140	1.670	12564.480	12061.320
0+893.55	17.880	0.000	132.580	0.380	12697.060	12061.700
0+900.00	16.960	0.070	112.300	0.250	12809.360	12061.950
0+900.29	17.510	0.090	5.070	0.020	12814.430	12061.970
0+907.77	17.910	0.150	132.280	0.910	12946.720	12062.880
0+910.00	18.610	0.070	40.810	0.250	12987.520	12063.130
0+911.55	19.150	0.040	29.360	0.090	13016.880	12063.220
0+917.68	19.160	0.000	113.680	0.130	13130.560	12063.340
0+920.00	20.460	0.000	46.040	0.000	13176.600	12063.340
0+921.47	21.080	0.000	30.430	0.000	13207.030	12063.340
0+935.68	21.350	0.000	301.500	0.000	13508.520	12063.340
0+940.00	24.520	0.000	99.180	0.000	13607.700	12063.340
0+949.89	29.570	0.000	267.330	0.000	13875.030	12063.340
0+952.15	26.690	0.010	63.800	0.010	13938.830	12063.360
0+960.00	5.430	1.860	126.010	7.350	14064.840	12070.710
0+966.65	0.240	3.620	18.870	18.230	14083.710	12088.940
0+980.00	0.000	13.360	1.630	113.310	14085.330	12202.250
0+981.15	0.000	14.490	0.000	16.080	14085.330	12218.330
0+990.00	0.920	14.720	4.230	123.840	14089.560	12342.170
0+995.65	0.410	18.350	4.060	83.890	14093.620	12426.060

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
1+000.00	0.000	23.290	0.960	82.110	14094.570	12508.170
1+001.15	0.000	24.600	0.000	25.100	14094.570	12533.270
1+010.00	0.000	24.780	0.010	198.470	14094.580	12731.740
1+015.65	0.000	28.560	0.010	150.550	14094.590	12882.290
1+020.00	0.000	31.290	0.000	130.310	14094.590	13012.600
1+030.15	0.000	23.150	0.000	276.150	14094.590	13288.740
1+040.00	0.000	13.970	0.000	182.910	14094.590	13471.660
1+044.65	4.350	0.230	10.100	32.990	14104.690	13504.640
1+060.00	66.220	0.000	541.830	1.770	14646.520	13506.410
1+075.87	27.000	0.000	739.590	0.000	15386.120	13506.410
1+080.00	6.720	2.190	69.690	4.520	15455.800	13510.930
1+090.37	0.000	21.820	34.820	124.450	15490.630	13635.370
1+100.00	0.000	33.900	0.000	268.380	15490.630	13903.760
1+104.87	0.000	41.290	0.000	182.950	15490.630	14086.710
1+110.00	0.000	48.200	0.000	229.700	15490.630	14316.410
1+119.37	0.000	56.240	0.010	500.680	15490.640	14817.090
1+120.00	0.000	55.420	0.000	35.360	15490.640	14852.450
1+130.00	0.100	56.560	0.580	563.900	15491.220	15416.350
1+140.00	0.000	57.680	0.580	567.120	15491.800	15983.470
1+150.00	0.000	45.870	0.000	508.130	15491.800	16491.590
1+151.04	0.000	43.400	0.000	45.050	15491.800	16536.650
1+153.14	0.000	31.830	0.000	76.510	15491.800	16613.150
1+160.00	0.000	6.240	0.000	126.360	15491.800	16739.510
1+165.54	1.930	0.100	5.410	17.110	15497.200	16756.620
1+167.64	3.120	0.000	5.300	0.100	15502.500	16756.730
1+180.00	13.720	0.000	104.150	0.000	15606.650	16756.730
1+180.04	13.100	0.000	0.530	0.000	15607.180	16756.730
1+182.14	15.090	0.000	29.540	0.000	15636.730	16756.730
1+190.00	18.640	0.710	136.430	2.570	15773.150	16759.290
1+194.54	22.970	2.720	102.450	6.840	15875.600	16766.130
1+196.64	26.630	2.410	56.840	4.720	15932.440	16770.850
1+200.00	25.220	1.030	94.860	5.080	16027.300	16775.930
1+210.00	24.330	1.260	268.740	10.130	16296.040	16786.060
1+220.00	10.170	4.060	186.720	23.700	16482.760	16809.770
1+222.60	8.320	3.170	25.550	8.410	16508.310	16818.170
1+230.00	4.180	0.660	48.460	12.690	16556.770	16830.870
1+237.10	7.480	0.190	41.850	2.910	16598.620	16833.770
1+240.00	10.110	0.290	25.500	0.690	16624.120	16834.470
1+251.60	5.600	2.170	91.120	14.290	16715.230	16848.760
1+260.00	8.930	0.170	60.990	9.840	16776.220	16858.600
1+264.41	17.680	0.000	58.610	0.370	16834.830	16858.970
1+266.10	21.590	0.000	33.270	0.000	16868.100	16858.970
1+278.41	29.520	0.000	314.470	0.000	17182.570	16858.970
1+280.00	28.060	0.000	45.880	0.000	17228.450	16858.970
1+290.00	23.570	0.000	258.160	0.000	17486.610	16858.970
1+292.41	23.190	0.000	56.270	0.000	17542.880	16858.970

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
1+300.00	30.520	0.000	207.220	0.000	17750.100	16858.970
1+310.00	33.710	0.000	327.110	0.000	18077.210	16858.970
1+313.37	34.720	0.000	115.340	0.000	18192.550	16858.970
1+320.00	23.920	0.000	196.520	0.000	18389.070	16858.970
1+327.37	9.640	0.190	123.670	0.690	18512.740	16859.660
1+340.00	13.360	0.000	145.190	1.180	18657.930	16860.840
1+341.37	17.070	0.000	20.860	0.000	18678.790	16860.840
1+360.00	44.310	0.000	571.690	0.000	19250.480	16860.840
1+380.00	46.940	0.000	912.470	0.000	20162.950	16860.840
1+400.00	8.400	0.000	553.380	0.000	20716.330	16860.840
1+420.00	22.340	0.000	307.380	0.000	21023.710	16860.840
1+440.00	42.750	0.000	650.910	0.000	21674.620	16860.840
1+460.00	23.720	0.000	664.730	0.000	22339.350	16860.840
1+480.00	2.380	2.540	261.050	25.370	22600.400	16886.210
1+500.00	3.600	3.380	59.890	59.180	22660.290	16945.400
1+520.00	0.000	14.850	36.050	182.300	22696.340	17127.700
1+540.00	0.000	45.100	0.000	599.530	22696.340	17727.230
1+560.00	0.000	77.810	0.000	1229.160	22696.340	18956.390
1+580.00	0.000	89.810	0.000	1676.260	22696.340	20632.640
1+600.00	0.000	62.790	0.000	1526.090	22696.340	22158.730
1+620.00	0.000	71.980	0.000	1347.800	22696.340	23506.530
1+640.00	0.000	76.360	0.000	1483.490	22696.340	24990.020
1+660.00	0.000	110.980	0.000	1873.430	22696.340	26863.450
1+680.00	0.000	118.250	0.000	2292.330	22696.340	29155.780
1+698.53	28.090	0.000	260.170	1095.350	22956.510	30251.130
1+700.00	35.340	0.000	46.770	0.000	23003.280	30251.130
1+713.03	36.900	0.000	470.520	0.000	23473.800	30251.130
1+720.00	34.550	0.000	249.190	0.000	23722.990	30251.130
1+727.53	28.680	0.480	237.940	1.790	23960.930	30252.930
1+740.00	14.540	9.420	251.430	66.880	24212.360	30319.810
1+742.03	14.210	9.940	26.680	22.290	24239.050	30342.090
1+750.00	14.730	4.450	105.440	64.840	24344.490	30406.930
1+760.00	22.720	0.000	176.990	24.900	24521.480	30431.820
1+770.00	20.870	0.000	209.000	0.000	24730.480	30431.820
1+777.94	10.650	0.070	118.430	0.300	24848.920	30432.130
1+780.00	7.710	0.460	17.680	0.590	24866.590	30432.720
1+792.44	0.330	64.100	47.650	441.870	24914.240	30874.590
1+800.00	0.650	62.680	3.700	479.440	24917.940	31354.030
1+806.94	1.070	34.670	5.960	337.610	24923.900	31691.640
1+820.00	2.170	7.980	21.170	278.530	24945.070	31970.170
1+821.44	2.000	7.090	3.000	10.820	24948.060	31980.990
1+840.00	0.440	4.490	22.670	107.470	24970.730	32088.460
1+840.48	0.590	4.510	0.250	2.140	24970.980	32090.600
1+854.98	3.690	4.570	31.040	65.810	25002.020	32156.420
1+860.00	18.670	1.640	56.160	15.580	25058.180	32172.000
1+869.48	34.230	0.480	250.620	10.050	25308.800	32182.050

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
1+880.00	23.470	32.120	321.680	154.850	25630.480	32336.900
1+883.98	15.180	43.730	84.960	123.360	25715.440	32460.260
1+890.00	6.340	50.310	71.030	231.750	25786.470	32692.010
1+900.00	0.240	57.280	35.740	445.880	25822.210	33137.890
1+910.00	0.000	57.780	1.290	483.920	25823.490	33621.810
1+920.00	0.210	44.850	1.160	434.280	25824.650	34056.090
1+930.00	4.870	28.580	27.480	310.570	25852.130	34366.660
1+932.48	6.140	24.030	14.830	55.140	25866.960	34421.800
1+940.00	6.290	15.390	50.800	126.190	25917.760	34548.000
1+946.98	3.850	12.810	36.210	93.930	25953.970	34641.930
1+960.00	5.160	0.370	58.660	85.780	26012.620	34727.710
1+961.48	6.280	0.020	8.470	0.290	26021.100	34727.990
1+975.98	32.840	0.000	283.680	0.150	26304.770	34728.140
1+980.00	44.340	0.000	155.130	0.000	26459.900	34728.140
2+000.00	4.110	2.750	484.500	27.510	26944.400	34755.650
2+001.93	0.940	7.550	4.880	9.950	26949.280	34765.600
2+016.31	0.000	47.930	6.770	398.780	26956.050	35164.380
2+020.00	0.000	55.900	0.000	191.710	26956.050	35356.080
2+030.68	0.000	88.570	0.000	771.650	26956.050	36127.740
2+039.31	0.000	102.940	0.000	845.190	26956.050	36972.920
2+040.00	0.000	102.730	0.000	71.200	26956.050	37044.120
2+050.00	0.000	72.970	0.000	901.820	26956.050	37945.950
2+060.00	5.010	4.850	23.830	398.460	26979.880	38344.410
2+070.00	87.000	0.000	451.930	25.400	27431.810	38369.810
2+080.00	75.320	0.000	793.630	0.000	28225.440	38369.810
2+090.00	60.390	0.000	654.430	0.010	28879.870	38369.820
2+100.00	16.170	0.000	367.080	0.010	29246.950	38369.820
2+110.00	0.340	30.730	79.780	163.990	29326.730	38533.810
2+112.70	0.000	57.930	0.430	127.430	29327.160	38661.240
2+120.00	0.000	110.000	0.000	646.520	29327.160	39307.760
2+121.32	0.000	112.060	0.000	146.820	29327.160	39454.580
2+135.70	0.000	50.160	0.000	1165.950	29327.160	40620.540
2+140.00	0.000	25.380	0.000	162.510	29327.160	40783.040
2+150.07	5.440	0.000	27.410	127.830	29354.570	40910.870
2+160.00	16.800	0.000	110.390	0.000	29464.960	40910.870
2+173.38	68.160	0.000	568.520	0.000	30033.480	40910.870
2+180.00	79.840	0.000	489.570	0.000	30523.050	40910.870
2+187.76	56.820	0.000	530.220	0.000	31053.280	40910.870
2+200.00	3.900	9.460	371.680	57.880	31424.960	40968.750
2+202.13	2.080	14.110	6.390	25.150	31431.350	40993.900
2+210.00	0.000	23.270	8.470	139.240	31439.820	41133.130
2+210.76	0.000	23.750	0.000	17.850	31439.820	41150.980
2+220.00	0.000	23.440	0.000	206.670	31439.820	41357.650
2+230.00	0.010	25.730	0.030	235.530	31439.850	41593.180
2+240.00	0.000	23.120	0.030	235.170	31439.880	41828.350
2+250.00	2.650	8.340	13.770	150.680	31453.640	41979.030

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
2+260.00	3.790	5.110	33.380	63.230	31487.020	42042.260
2+260.87	3.040	5.010	2.960	4.380	31489.980	42046.650
2+269.49	2.440	2.440	24.230	30.520	31514.220	42077.160
2+280.00	6.220	0.310	45.480	14.430	31559.700	42091.600
2+283.87	9.950	0.000	31.250	0.600	31590.950	42092.190
2+298.24	19.820	0.000	213.990	0.000	31804.940	42092.190
2+300.00	19.450	0.000	34.540	0.000	31839.480	42092.190
2+300.73	19.720	0.000	14.220	0.000	31853.700	42092.190
2+315.23	19.180	0.000	282.000	0.000	32135.700	42092.190
2+320.00	20.430	0.000	94.550	0.000	32230.250	42092.190
2+329.73	25.530	0.000	223.530	0.000	32453.780	42092.190
2+340.00	27.430	0.000	269.810	0.000	32723.590	42092.190
2+344.23	33.400	0.000	126.120	0.000	32849.710	42092.190
2+350.00	45.180	0.000	221.770	0.000	33071.480	42092.190
2+354.85	51.850	0.000	227.540	0.000	33299.020	42092.190
2+360.00	58.930	0.000	271.920	0.000	33570.940	42092.190
2+369.35	82.090	0.000	632.670	0.000	34203.610	42092.190
2+380.00	56.170	0.000	736.380	0.000	34939.990	42092.190
2+383.85	50.210	0.000	204.710	0.000	35144.700	42092.190
2+398.35	51.590	0.000	738.110	0.000	35882.810	42092.190
2+400.00	51.970	0.000	85.530	0.000	35968.340	42092.190
2+402.56	49.300	0.000	129.670	0.000	36098.010	42092.190
2+417.06	33.500	0.000	600.290	0.000	36698.300	42092.190
2+420.00	31.660	0.000	95.750	0.000	36794.050	42092.190
2+431.56	23.380	0.000	318.140	0.000	37112.190	42092.190
2+440.00	19.070	0.000	180.360	0.000	37292.550	42092.190
2+446.06	17.050	0.000	111.410	0.000	37403.960	42092.190
2+450.00	16.860	0.000	68.290	0.000	37472.260	42092.190
2+451.19	17.030	0.000	20.730	0.000	37492.990	42092.190
2+460.00	13.320	0.000	136.960	0.000	37629.950	42092.190
2+461.74	13.290	0.000	23.680	0.000	37653.620	42092.190
2+465.69	12.710	0.000	52.580	0.000	37706.210	42092.190
2+470.00	12.360	0.000	55.420	0.000	37761.630	42092.200
2+476.24	11.590	0.060	75.360	0.200	37836.990	42092.390
2+480.00	11.170	0.150	42.800	0.400	37879.790	42092.800
2+480.19	9.250	0.130	1.970	0.030	37881.760	42092.830
2+490.00	8.420	0.490	83.950	3.180	37965.710	42096.010
2+490.74	8.430	0.450	6.230	0.350	37971.940	42096.360
2+494.69	11.980	0.430	36.800	1.890	38008.730	42098.250
2+500.00	20.750	0.200	77.720	1.830	38086.450	42100.080
2+505.24	35.950	0.100	130.060	0.840	38216.510	42100.920
2+510.00	44.660	0.010	165.140	0.270	38381.650	42101.190
2+511.59	47.170	0.020	62.190	0.020	38443.850	42101.210
2+520.00	35.720	0.360	290.590	1.680	38734.430	42102.900
2+520.66	34.100	0.560	22.910	0.300	38757.340	42103.200
2+526.09	8.940	6.530	116.960	19.260	38874.300	42122.460

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
2+535.16	0.000	21.470	40.530	126.940	38914.830	42249.390
2+540.00	0.000	23.930	0.000	109.960	38914.830	42359.350
2+540.59	0.000	24.030	0.000	14.160	38914.830	42373.510
2+549.66	0.000	22.240	0.000	209.720	38914.830	42583.230
2+555.09	0.000	19.970	0.000	114.690	38914.830	42697.920
2+560.00	0.000	19.240	0.000	88.930	38914.830	42786.850
2+564.16	0.000	23.520	0.000	81.560	38914.830	42868.410
2+570.00	0.000	27.810	0.000	138.240	38914.830	43006.660
2+580.00	0.000	29.110	0.000	264.230	38914.830	43270.880
2+580.17	0.000	29.100	0.000	5.020	38914.830	43275.900
2+594.67	0.030	17.550	0.200	320.070	38915.030	43595.970
2+600.00	0.610	13.070	1.690	81.560	38916.710	43677.520
2+603.02	0.270	7.670	1.330	31.350	38918.040	43708.870
2+609.17	0.350	3.260	1.900	33.610	38919.940	43742.490
2+617.40	0.050	3.030	1.640	25.880	38921.580	43768.370
2+620.00	0.000	3.050	0.060	7.910	38921.640	43776.270
2+623.67	0.090	2.410	0.160	10.010	38921.800	43786.290
2+631.77	4.320	0.010	17.830	9.780	38939.640	43796.070
2+640.00	0.680	0.180	20.300	0.790	38959.940	43796.870
2+640.40	0.440	0.310	0.220	0.100	38960.160	43796.960
2+650.00	0.000	4.630	2.050	24.210	38962.210	43821.180
2+654.60	0.000	7.070	0.000	27.550	38962.210	43848.720
2+660.00	0.000	14.900	0.000	61.420	38962.210	43910.150
2+663.22	0.000	20.470	0.000	58.750	38962.210	43968.890
2+677.60	0.160	26.740	1.160	339.340	38963.370	44308.230
2+680.00	1.000	16.780	1.390	52.230	38964.770	44360.460
2+691.97	15.770	0.000	100.390	100.470	39065.150	44460.930
2+700.00	18.870	0.000	138.990	0.000	39204.150	44460.930
2+720.00	38.110	0.000	569.860	0.000	39774.000	44460.930
2+740.00	12.310	1.290	504.270	12.880	40278.270	44473.810
2+760.00	1.650	4.610	139.660	58.970	40417.930	44532.780
2+764.26	0.370	4.960	4.310	20.400	40422.240	44553.180
2+778.26	0.000	8.490	2.590	94.140	40424.820	44647.320
2+780.00	0.000	8.480	0.000	14.740	40424.820	44662.060
2+790.00	4.880	3.710	24.410	60.980	40449.240	44723.040
2+792.26	4.550	3.710	10.670	8.410	40459.910	44731.450
2+800.00	1.630	13.490	23.300	68.310	40483.210	44799.760
2+807.10	1.470	11.540	10.730	91.230	40493.940	44890.990
2+810.00	2.770	6.710	6.150	26.450	40500.080	44917.450
2+820.00	14.770	0.550	87.700	36.310	40587.790	44953.750
2+821.10	15.600	0.360	16.710	0.500	40604.500	44954.260
2+835.10	33.620	0.000	344.540	2.530	40949.040	44956.780
2+840.00	23.780	0.010	140.630	0.020	41089.670	44956.800
2+860.00	19.410	0.000	431.910	0.080	41521.580	44956.880
2+880.00	20.940	0.170	403.480	1.680	41925.060	44958.560
2+900.00	9.390	1.910	303.260	20.790	42228.320	44979.340

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
2+920.00	6.510	0.410	159.000	23.180	42387.330	45002.520
2+940.00	2.750	0.280	92.600	6.870	42479.930	45009.390
2+960.00	8.270	0.000	110.190	2.800	42590.110	45012.200
2+969.53	4.830	0.140	62.450	0.670	42652.570	45012.870
2+980.00	4.930	0.020	51.070	0.850	42703.630	45013.720
2+983.91	9.640	0.000	28.450	0.040	42732.090	45013.770
2+998.28	24.890	0.000	248.200	0.000	42980.290	45013.770
3+000.00	27.680	0.000	45.160	0.000	43025.450	45013.770
3+006.91	39.240	0.000	238.080	0.000	43263.530	45013.770
3+010.00	42.410	0.000	130.710	0.000	43394.240	45013.770
3+016.43	34.480	0.000	254.910	0.000	43649.150	45013.770
3+020.00	27.930	0.000	114.230	0.000	43763.380	45013.770
3+025.05	27.190	0.000	142.070	0.000	43905.450	45013.770
3+039.43	31.580	0.000	422.410	0.000	44327.860	45013.770
3+040.00	31.490	0.000	18.000	0.000	44345.860	45013.770
3+052.20	47.750	0.000	483.440	0.000	44829.300	45013.770
3+053.80	48.840	0.000	77.370	0.000	44906.670	45013.770
3+060.00	51.360	0.000	310.400	0.000	45217.070	45013.770
3+066.70	49.250	0.000	337.140	0.000	45554.200	45013.770
3+080.00	39.380	0.000	589.280	0.000	46143.480	45013.770
3+081.20	37.760	0.000	46.360	0.000	46189.840	45013.770
3+090.00	31.090	0.000	289.170	0.000	46479.010	45013.770
3+095.70	32.490	0.000	162.110	0.000	46641.120	45013.770
3+097.80	30.420	0.000	59.300	0.000	46700.420	45013.770
3+100.00	24.270	0.000	54.410	0.000	46754.830	45013.770
3+101.45	22.800	0.000	30.970	0.000	46785.800	45013.770
3+112.30	3.060	3.200	132.970	17.910	46918.760	45031.680
3+115.95	0.800	7.520	7.040	19.550	46925.800	45051.230
3+120.00	0.620	13.100	2.880	41.750	46928.680	45092.980
3+126.80	0.000	16.620	2.120	101.060	46930.800	45194.040
3+130.45	0.000	19.390	0.000	65.720	46930.800	45259.770
3+140.00	0.020	12.840	0.110	146.700	46930.910	45406.460
3+141.30	0.080	12.040	0.070	14.670	46930.980	45421.130
3+144.95	1.360	14.370	2.840	42.870	46933.830	45464.000
3+148.59	2.210	14.660	7.020	46.030	46940.840	45510.040
3+150.00	3.050	14.760	4.000	17.960	46944.850	45528.000
3+160.00	7.320	8.500	54.960	103.400	46999.800	45631.400
3+163.09	5.630	6.630	20.000	23.360	47019.810	45654.760
3+177.59	11.970	1.630	127.640	59.920	47147.440	45714.680
3+180.00	16.120	1.080	33.870	3.270	47181.320	45717.950
3+192.09	7.570	1.290	143.160	14.310	47324.470	45732.260
3+200.00	4.200	3.680	46.570	19.640	47371.040	45751.900
3+220.00	1.620	5.170	58.220	88.480	47429.260	45840.380
3+239.38	2.300	1.220	37.930	61.950	47467.190	45902.320
3+240.00	2.360	1.100	1.450	0.720	47468.640	45903.050
3+253.88	8.870	0.290	77.910	9.700	47546.550	45912.750

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
3+260.00	13.790	0.620	69.360	2.790	47615.910	45915.540
3+268.38	10.520	0.290	101.790	3.800	47717.710	45919.340
3+280.00	9.860	0.000	115.450	1.780	47833.160	45921.120
3+282.88	11.740	0.000	30.070	0.000	47863.230	45921.120
3+290.00	9.780	0.000	73.800	0.000	47937.030	45921.120
3+293.08	10.270	0.000	29.740	0.000	47966.770	45921.120
3+300.00	7.770	0.000	60.170	0.000	48026.940	45921.120
3+307.58	6.630	0.010	52.290	0.030	48079.230	45921.150
3+310.00	5.570	0.040	14.070	0.070	48093.300	45921.210
3+313.54	3.810	0.140	15.730	0.360	48109.020	45921.570
3+320.00	2.270	1.020	18.370	4.030	48127.390	45925.600
3+322.08	2.470	3.010	4.540	4.500	48131.940	45930.110
3+328.04	2.530	4.260	14.910	21.660	48146.840	45951.770
3+330.00	2.520	4.430	5.350	7.840	48152.200	45959.610
3+336.58	4.010	6.140	23.390	31.850	48175.580	45991.460
3+340.00	3.600	6.750	14.250	20.140	48189.830	46011.600
3+342.54	3.310	7.690	9.620	16.770	48199.450	46028.370
3+350.00	0.880	10.100	17.130	60.660	48216.580	46089.030
3+357.04	0.000	14.580	3.380	80.110	48219.960	46169.140
3+360.00	0.000	14.360	0.000	40.020	48219.960	46209.160
3+370.00	0.000	22.390	0.000	171.420	48219.960	46380.590
3+376.31	0.000	25.720	0.000	140.250	48219.970	46520.840
3+380.00	0.000	27.470	0.000	90.620	48219.970	46611.460
3+390.81	0.000	28.660	0.000	292.810	48219.970	46904.270
3+400.00	0.000	22.780	0.000	236.410	48219.970	47140.680
3+405.31	0.000	17.760	0.000	107.570	48219.970	47248.250
3+419.81	0.000	26.530	0.000	321.140	48219.970	47569.390
3+420.00	0.000	26.780	0.000	5.140	48219.970	47574.540
3+440.00	0.500	6.470	4.980	332.480	48224.950	47907.020
3+452.93	2.580	0.900	19.910	47.630	48244.860	47954.650
3+460.00	1.770	0.590	15.400	5.250	48260.250	47959.900
3+467.43	0.190	1.100	7.290	6.290	48267.540	47966.190
3+480.00	0.000	3.680	1.200	30.070	48268.740	47996.260
3+481.93	0.000	5.260	0.000	8.620	48268.740	48004.880
3+490.00	0.200	6.900	0.780	50.560	48269.520	48055.440
3+496.43	2.600	6.430	8.130	47.130	48277.650	48102.570
3+499.80	4.880	5.950	11.280	23.190	48288.930	48125.760
3+500.00	3.100	3.570	0.790	0.940	48289.720	48126.700
3+514.30	5.410	2.880	56.370	48.530	48346.090	48175.230
3+520.00	0.770	4.630	17.630	21.390	48363.710	48196.630
3+528.80	7.130	2.580	34.780	31.730	48398.490	48228.360
3+535.13	10.990	3.540	57.330	19.350	48455.820	48247.710
3+540.00	4.660	6.170	38.120	23.660	48493.940	48271.360
3+543.30	2.210	8.250	11.350	23.810	48505.290	48295.170
3+549.34	0.490	12.020	8.180	61.200	48513.470	48356.370

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
3+560.00	0.000	15.580	2.640	147.110	48516.110	48503.480
3+563.55	0.000	16.690	0.000	57.280	48516.110	48560.750
3+567.34	0.050	22.030	0.090	70.460	48516.200	48631.220
3+570.00	0.740	20.170	1.080	53.550	48517.270	48684.760
3+580.00	2.120	9.900	14.700	143.550	48531.970	48828.320
3+585.41	2.220	6.500	12.060	42.700	48544.030	48871.020
3+589.20	2.060	3.890	8.300	19.010	48552.320	48890.030
3+590.00	2.070	3.740	1.650	3.050	48553.970	48893.070
3+600.00	14.960	2.560	85.130	31.520	48639.100	48924.600
3+603.41	16.690	1.270	54.000	6.540	48693.100	48931.130
3+617.62	18.290	0.190	248.540	10.350	48941.640	48941.490
3+620.00	16.520	0.160	41.370	0.420	48983.010	48941.910
3+640.00	16.930	0.390	334.550	5.560	49317.560	48947.470
3+660.00	19.820	10.040	367.470	104.290	49685.020	49051.760
3+680.00	34.540	0.480	543.580	105.150	50228.600	49156.910
3+700.00	44.160	0.000	787.060	4.800	51015.670	49161.710
3+720.00	12.490	0.000	566.560	0.000	51582.220	49161.710
3+740.00	4.160	6.300	166.550	63.010	51748.770	49224.720
3+760.00	5.680	0.310	98.450	66.080	51847.230	49290.800
3+776.69	8.510	0.410	118.420	5.950	51965.650	49296.750
3+780.00	8.020	0.570	27.360	1.620	51993.010	49298.370
3+791.06	6.480	1.440	80.230	11.150	52073.240	49309.510
3+800.00	1.720	8.510	36.630	44.480	52109.870	49353.990
3+805.44	0.150	22.430	5.080	84.140	52114.950	49438.140
3+810.00	0.030	37.610	0.420	128.470	52115.370	49566.610
3+814.06	0.000	53.250	0.050	169.360	52115.420	49735.970
3+820.00	0.000	62.840	0.000	314.550	52115.420	50050.510
3+830.00	4.030	40.460	21.510	472.630	52136.940	50523.140
3+835.81	10.490	25.110	45.090	175.620	52182.030	50698.760
3+840.00	10.970	21.830	47.810	91.020	52229.840	50789.790
3+844.43	11.010	20.180	50.930	87.580	52280.770	50877.370
3+858.81	6.450	11.200	125.520	225.560	52406.290	51102.930
3+860.00	5.520	10.550	7.130	12.950	52413.410	51115.880
3+872.33	0.210	16.050	35.310	163.910	52448.730	51279.800
3+873.18	0.230	16.600	0.190	14.030	52448.920	51293.820
3+880.00	0.000	17.860	0.770	117.450	52449.690	51411.280
3+886.33	0.020	14.640	0.050	102.780	52449.740	51514.050
3+900.00	0.000	10.510	0.110	172.800	52449.850	51686.860
3+900.33	0.000	10.820	0.000	3.470	52449.850	51690.320
3+910.00	2.610	9.040	12.350	97.820	52462.200	51788.150
3+920.00	5.980	17.070	41.870	135.390	52504.070	51923.540
3+930.00	2.870	23.220	43.050	210.190	52547.130	52133.730
3+940.00	0.000	35.070	13.940	303.520	52561.060	52437.250
3+950.00	0.000	35.690	0.010	368.210	52561.070	52805.460
3+960.00	0.000	22.900	0.010	304.150	52561.070	53109.610

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
3+970.00	9.000	6.100	47.020	149.370	52608.090	53258.970
3+980.00	7.760	1.200	84.750	37.170	52692.840	53296.140
3+990.00	29.560	0.000	181.700	6.130	52874.550	53302.270
3+992.74	33.420	0.000	86.230	0.000	52960.780	53302.270
4+000.00	38.370	0.000	256.130	0.000	53216.910	53302.270
4+006.74	38.040	0.030	257.470	0.090	53474.380	53302.360
4+020.00	50.530	0.000	587.300	0.170	54061.670	53302.530
4+020.74	50.310	0.000	37.230	0.000	54098.910	53302.530
4+040.00	67.510	0.000	1134.700	0.000	55233.610	53302.530
4+060.00	38.870	0.000	1063.750	0.000	56297.360	53302.530
4+061.56	38.120	0.000	60.000	0.000	56357.360	53302.530
4+075.93	45.120	0.000	598.290	0.000	56955.640	53302.530
4+080.00	49.230	0.000	191.840	0.000	57147.480	53302.530
4+090.31	43.300	0.000	476.950	0.000	57624.430	53302.530
4+098.93	39.820	0.000	348.210	0.000	57972.640	53302.530
4+100.00	40.310	0.000	42.720	0.000	58015.350	53302.530
4+110.00	36.460	0.040	374.540	0.180	58389.890	53302.710
4+118.59	44.400	0.000	335.950	0.150	58725.840	53302.870
4+120.00	44.870	0.000	62.740	0.000	58788.580	53302.870
4+127.22	46.590	0.000	313.200	0.000	59101.770	53302.870
4+140.00	59.790	0.000	679.790	0.000	59781.570	53302.870
4+141.59	57.010	0.000	93.100	0.000	59874.670	53302.870
4+155.97	20.820	0.010	559.450	0.070	60434.120	53302.940
4+160.00	12.570	0.140	67.300	0.310	60501.420	53303.250
4+180.00	0.000	31.160	125.680	312.990	60627.100	53616.240
4+192.27	0.000	27.540	0.000	360.040	60627.100	53976.280
4+200.00	0.000	10.710	0.000	147.910	60627.100	54124.200
4+206.77	0.680	5.770	2.310	55.770	60629.410	54179.970
4+220.00	11.780	0.100	82.490	38.830	60711.900	54218.800
4+221.27	13.770	0.020	16.190	0.070	60728.090	54218.870
4+230.00	24.310	0.000	160.520	0.070	60888.610	54218.940
4+235.77	28.480	0.000	140.730	0.000	61029.340	54218.940
4+240.00	28.820	0.010	113.000	0.010	61142.340	54218.960
4+241.75	29.000	0.000	47.120	0.000	61189.460	54218.960
4+250.00	40.450	0.000	254.310	0.000	61443.770	54218.960
4+256.25	52.810	0.000	281.530	0.000	61725.310	54218.960
4+260.00	54.840	0.000	201.740	0.010	61927.050	54218.970
4+261.70	54.060	0.000	92.400	0.000	62019.450	54218.970
4+270.75	45.190	0.000	449.340	0.000	62468.790	54218.970
4+276.20	34.350	0.140	216.540	0.390	62685.330	54219.360
4+280.00	28.420	0.380	119.360	0.990	62804.700	54220.360
4+285.25	35.140	0.750	166.900	2.970	62971.600	54223.320
4+290.70	47.530	0.370	225.060	3.040	63196.660	54226.360
4+300.00	28.800	0.230	375.830	2.640	63572.490	54229.000
4+305.20	38.150	0.720	187.750	2.150	63760.240	54231.150

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
4+310.00	50.820	1.220	233.950	4.020	63994.190	54235.170
4+311.90	53.490	1.460	110.390	2.210	64104.580	54237.380
4+320.00	43.090	2.320	433.080	13.260	64537.650	54250.640
4+326.40	29.390	2.930	237.480	16.300	64775.130	54266.940
4+340.00	20.640	2.290	340.080	35.510	65115.210	54302.440
4+340.90	19.430	2.030	18.120	1.960	65133.340	54304.400
4+355.40	6.690	7.040	189.390	65.750	65322.720	54370.150
4+360.00	5.050	11.310	26.970	42.140	65349.690	54412.290
4+380.00	0.000	33.740	50.460	450.470	65400.160	54862.770
4+400.00	0.000	55.620	0.000	893.570	65400.160	55756.340
4+420.00	0.000	76.940	0.000	1325.580	65400.160	57081.910
4+421.90	0.000	74.250	0.000	143.810	65400.160	57225.720
4+435.90	0.000	52.250	0.000	885.520	65400.160	58111.240
4+440.00	0.000	48.270	0.000	205.950	65400.160	58317.190
4+449.90	0.000	20.020	0.000	334.580	65400.160	58651.770
4+450.00	0.000	19.580	0.000	1.930	65400.160	58653.710
4+460.00	3.920	11.310	20.010	150.610	65420.170	58804.310
4+470.00	0.340	17.430	21.760	139.910	65441.940	58944.220
4+480.00	0.000	39.120	1.760	276.150	65443.690	59220.370
4+490.00	0.000	42.470	0.000	398.390	65443.690	59618.760
4+491.81	0.000	41.270	0.000	75.820	65443.690	59694.580
4+500.00	0.500	25.060	2.060	267.650	65445.760	59962.230
4+505.81	3.020	14.320	10.220	114.420	65455.980	60076.650
4+519.81	0.750	17.210	26.390	220.740	65482.370	60297.380
4+520.00	0.710	17.500	0.140	3.280	65482.510	60300.670
4+540.00	0.690	2.840	14.050	203.420	65496.550	60504.090
4+560.00	39.790	0.000	404.820	28.380	65901.370	60532.470
4+574.44	16.170	0.000	404.070	0.000	66305.440	60532.470
4+580.00	9.910	0.100	72.510	0.280	66377.950	60532.750
4+588.94	2.830	2.590	56.960	12.020	66434.910	60544.770
4+600.00	0.000	23.550	15.660	144.550	66450.570	60689.330
4+603.44	0.000	27.640	0.000	88.050	66450.570	60777.380
4+610.00	0.000	29.360	0.000	183.540	66450.570	60960.920
4+617.94	0.000	26.550	0.000	206.380	66450.570	61167.300
4+620.00	0.000	21.390	0.000	45.520	66450.570	61212.820
4+630.00	9.450	3.670	51.260	114.050	66501.830	61326.870
4+640.00	13.110	19.600	124.250	100.780	66626.080	61427.640
4+644.50	10.630	33.990	59.380	100.920	66685.460	61528.570
4+644.54	3.900	27.720	0.320	1.380	66685.780	61529.950
4+650.00	2.030	25.180	17.320	120.280	66703.100	61650.220
4+659.00	5.660	13.100	35.500	158.600	66738.600	61808.820
4+659.04	5.350	13.050	0.250	0.580	66738.840	61809.410
4+660.00	5.840	12.040	5.360	12.010	66744.200	61821.420
4+673.50	16.140	0.060	148.360	81.660	66892.560	61903.080
4+680.00	50.820	1.220	233.950	4.020	63994.190	54235.170

Progresivas (km)	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen Acumulado de relleno (m ³)	Volumen Acumulado de corte (m ³)
4+688.00	53.490	1.460	110.390	2.210	64104.580	54237.380
4+688.04	43.090	2.320	433.080	13.260	64537.650	54250.640
4+690.00	29.390	2.930	237.480	16.300	64775.130	54266.940
4+700.00	20.640	2.290	340.080	35.510	65115.210	54302.440
4+710.00	19.430	2.030	18.120	1.960	65133.340	54304.400
4+720.00	6.690	7.040	189.390	65.750	65322.720	54370.150
4+726.53	5.050	11.310	26.970	42.140	65349.690	54412.290
4+730.00	0.000	33.740	50.460	450.470	65400.160	54862.770
4+738.80	0.000	55.620	0.000	893.570	65400.160	55756.340
4+740.00	0.000	76.940	0.000	1325.580	65400.160	57081.910
4+741.03	0.000	74.250	0.000	143.810	65400.160	57225.720
4+753.30	0.000	52.250	0.000	885.520	65400.160	58111.240
4+755.53	0.000	48.270	0.000	205.950	65400.160	58317.190
4+760.00	0.000	20.020	0.000	334.580	65400.160	58651.770
4+767.80	0.000	19.580	0.000	1.930	65400.160	58653.710
4+768.95	3.920	11.310	20.010	150.610	65420.170	58804.310
4+770.03	0.340	17.430	21.760	139.910	65441.940	58944.220
4+776.17	0.000	39.120	1.760	276.150	65443.690	59220.370
4+780.00	0.000	42.470	0.000	398.390	65443.690	59618.760
4+782.30	0.000	41.270	0.000	75.820	65443.690	59694.580
4+783.20	0.500	25.060	2.060	267.650	65445.760	59962.230
4+790.67	3.020	14.320	10.220	114.420	65455.980	60076.650
4+797.45	0.750	17.210	26.390	220.740	65482.370	60297.380
4+800.00	0.710	17.500	0.140	3.280	65482.510	60300.670
4+805.17	0.690	2.840	14.050	203.420	65496.550	60504.090
4+810.00	39.790	0.000	404.820	28.380	65901.370	60532.470
4+819.67	16.170	0.000	404.070	0.000	66305.440	60532.470
4+820.00	9.910	0.100	72.510	0.280	66377.950	60532.750
4+821.20	2.830	2.590	56.960	12.020	66434.910	60544.770
4+830.00	0.000	23.550	15.660	144.550	66450.570	60689.330
4+840.00	0.000	27.640	0.000	88.050	66450.570	60777.380
4+850.00	0.000	29.360	0.000	183.540	66450.570	60960.920
4+860.00	0.000	26.550	0.000	206.380	66450.570	61167.300
4+863.63	0.000	21.390	0.000	45.520	66450.570	61212.820
4+870.00	9.450	3.670	51.260	114.050	66501.830	61326.870
4+880.00	13.110	19.600	124.250	100.780	66626.080	61427.640
4+887.38	10.630	33.990	59.380	100.920	66685.460	61528.570
4+900.00	3.900	27.720	0.320	1.380	66685.780	61529.950
4+901.63	2.030	25.180	17.320	120.280	66703.100	61650.220
4+915.88	5.660	13.100	35.500	158.600	66738.600	61808.820
4+920.00	5.350	13.050	0.250	0.580	66738.840	61809.410
4+940.00	5.840	12.040	5.360	12.010	66744.200	61821.420
4+960.00	16.140	0.060	148.360	81.660	66892.560	61903.080
4+980.00	16.120	0.060	0.720	0.000	66893.280	61903.080
4+998.76	11.070	2.730	222.650	26.650	70081.090	66600.710
5+000.00	10.790	3.530	13.540	3.880	70094.630	66604.590



Anexo 16: Metrado para las obras de arte

Descripción	Und	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
						b (m)	l (m)	h (m)		
Excavación para estructuras	m3									1,972.04
Cimiento 24"-anclaje central		5.00	1.00			0.90	0.90	0.20	0.81	
Cimiento 24"-anclaje central		5.00	1.00			0.30	0.90	0.50	0.68	
Cimiento 24"-aleros		5.00	2.00	0.50				0.20	1.00	
Cimiento 36"-anclaje central		3.00	1.00			0.90	1.20	0.30	0.97	
Cimiento 36"-anclaje central		3.00	1.00			0.30	1.20	0.75	0.81	
Cimiento 36"-aleros		3.00	2.00	0.75				0.20	0.90	
Cimiento 48"-anclaje central		1.00	1.00			1.35	2.40	0.20	0.65	
Cimiento 48"-anclaje central		1.00	1.00			0.40	2.40	0.70	0.67	
Cimiento 48"-aleros		1.00	2.00	1.05				0.25	0.53	
Cimiento 60"-anclaje central		1.00	1.00			1.35	7.20	0.30	2.92	
Cimiento 60"-anclaje central		1.00	1.00			0.40	7.20	0.80	2.30	
Cimiento 60"-aleros		1.00	2.00	1.40				0.25	0.70	
Tubería metálica corrugada 24" km 18+320		1.00	1.00	13.20		0.90			11.88	
Tubería metálica corrugada 24" km 18+620		1.00	1.00	14.14		0.90			12.73	
Tubería metálica corrugada 24" km 19+700		1.00	1.00	14.12		0.90			12.71	
Tubería metálica corrugada 24" km 19+770		1.00	1.00	14.46		0.90			13.02	
Tubería metálica corrugada 24" km 20+075		1.00	1.00	50.99		0.90			45.89	
Tubería metálica corrugada 24" km 20+170		1.00	1.00	37.63		0.90			33.87	
Tubería metálica corrugada 24" km 20+960		1.00	1.00	11.01		0.90			9.91	
Tubería metálica corrugada 24" km 18+100		1.00	1.00	16.06		0.90			14.45	
Tubería metálica corrugada 24" km 18+790		1.00	1.00	17.56		0.90			15.81	
Tubería metálica corrugada 24" km 19+150		1.00	1.00	14.56		0.90			13.10	
Tubería metálica corrugada 24" km 21+880		1.00	1.00	14.29		0.90			12.86	
Tubería metálica corrugada 24" km 22+150		1.00	1.00	18.61		0.90			16.75	
Tubería metálica corrugada 24" km 22+330		1.00	1.00	16.18		0.90			14.56	
Tubería metálica corrugada 24" km 20+485		1.00	1.00	21.49		0.90			19.34	
Tubería metálica corrugada 24" km 21+225		1.00	1.00	18.54		0.90			16.68	
Tubería metálica corrugada 24" km 21+560		1.00	1.00	19.99		0.90			17.99	
Tubería metálica corrugada 24" km 22+560		1.00	1.00	16.39		0.90			14.75	

Descripción	Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
						b	l	h		
Tubería metálica corrugada 36" km 19+060		1.00	1.00	25.93					31.12	
Tubería metálica corrugada 36" km 20+330		1.00	1.00	21.85		1.20			26.22	
Tubería metálica corrugada 36" km 20+635		1.00	1.00	21.94		1.20			26.32	
Tubería metálica corrugada 48" km 19+540		1.00	1.00	27.59		2.40			66.23	
Tubería metálica corrugada 60" km 22+850		1.00	1.00	37.62		7.20			270.84	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 18+320		1.00	1.00	3.32		2.90			9.61	
Zanja de drenaje 24" salida km 18+320		1.00	1.00	12.66		2.90			36.72	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 18+620		1.00	1.00	15.90		2.90			46.10	
Zanja de drenaje 24" salida km 18+620		1.00	1.00	14.47		2.90			41.96	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 19+700		1.00	1.00	0.58		2.90			1.68	
Zanja de drenaje 24" salida km 19+700		1.00	1.00	25.01		2.90			72.52	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 19+770		1.00	1.00	3.97		2.90			11.51	
Zanja de drenaje 24" salida km 19+770		1.00	1.00	28.90		2.90			83.81	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 20+075		1.00	1.00	-		2.90			-	
Zanja de drenaje 24" salida km 20+075		1.00	1.00	-		2.90			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 20+170		1.00	1.00	-		2.90			-	
Zanja de drenaje 24" salida km 20+170		1.00	1.00	-		2.90			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 20+960		1.00	1.00	29.99		2.90			86.96	
Zanja de drenaje 24" salida km 20+960		1.00	1.00	1.67		2.90			4.84	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 18+100		1.00	1.00	3.67		1.50			5.51	
Zanja de drenaje 24" salida km 18+100		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 18+790		1.00	1.00	2.66		1.50			3.99	
Zanja de drenaje 24" salida km 18+790		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 19+150		1.00	1.00	3.67		1.50			5.51	
Zanja de drenaje 24" salida km 19+150		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 21+880		1.00	1.00	3.67		1.50			5.51	
Zanja de drenaje 24" salida km 21+880		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 22+150		1.00	1.00	5.68		1.50			8.51	

Descripción	Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
						b	l	h		
Zanja de drenaje 24" salida km 22+150		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 22+330		1.00	1.00	4.06		1.50			6.09	
Zanja de drenaje 24" salida km 22+330		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 20+485		1.00	1.00	3.66		1.50			5.49	
Zanja de drenaje 24" salida km 20+485		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 21+225		1.00	1.00	3.66		1.50			5.49	
Zanja de drenaje 24" salida km 21+225		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 21+560		1.00	1.00	3.66		1.50			5.49	
Zanja de drenaje 24" salida km 21+560		1.00	1.00	-		1.50			-	
Zanja de drenaje 24" ingre. km 22+560		1.00	1.00	3.66		1.50			5.49	
Zanja de drenaje 24" salida km 22+560										
Zanja de drenaje 36" ingre. km 19+060		1.00	1.00	1.36		3.20			4.35	
Zanja de drenaje 36" salida km 19+060		1.00	1.00	-		3.20			-	
Zanja de drenaje 36" ingre. km 20+330		1.00	1.00	1.88		3.20			6.01	
Zanja de drenaje 36" salida km 20+330		1.00	1.00	-		3.20			-	
Zanja de drenaje 36" ingre. km 20+635		1.00	1.00	1.51		3.20			4.84	
Zanja de drenaje 36" salida km 20+635		1.00	1.00	-		3.20			-	
Zanja de drenaje 48" ingre. km 19+540		1.00	1.00	41.50		5.40			224.09	
Zanja de drenaje 48" salida km 19+540		1.00	1.00	8.62		5.40			46.53	
Zanja de drenaje 60" ingre. km 22+850		1.00	1.00	28.36		10.80			306.32	
Zanja de drenaje 60" salida km 22+850		1.00	1.00	18.26		10.80			197.16	

Descripción	Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
						b	l	h		
Relleno	m3									706.97
Tubería metálica corrugada 24" km 18+320				6.98			0.90		9.48	
Tubería metálica corrugada 24" km 18+620				7.38			0.90		10.15	
Tubería metálica corrugada 24" km 19+700				7.15			0.90		9.88	
Tubería metálica corrugada 24" km 19+770				8.28			0.90		10.65	
Tubería metálica corrugada 24" km 20+075				39.95			0.90		41.30	
Tubería metálica corrugada 24" km 20+170				28.70			0.90		30.29	
Tubería metálica corrugada 24" km 20+960				4.92			0.90		7.51	
Tubería metálica corrugada 24" km 18+100				9.77			0.90		11.74	
Tubería metálica corrugada 24" km 18+790				11.08			0.90		13.11	
Tubería metálica corrugada 24" km 19+150				9.00			0.90		10.93	
Tubería metálica corrugada 24" km 21+880				8.79			0.90		10.56	
Tubería metálica corrugada 24" km 22+150				11.94			0.90		13.93	
Tubería metálica corrugada 24" km 22+330				10.02			0.90		11.96	
Tubería metálica corrugada 24" km 20+485				13.46			0.90		16.03	
Tubería metálica corrugada 24" km 21+225				10.99			0.90		13.42	
Tubería metálica corrugada 24" km 21+560				12.29			0.90		14.61	
Tubería metálica corrugada 24" km 22+560				9.92			0.90		11.98	
Tubería metálica corrugada 36" km 19+060				15.38			1.20		24.42	
Tubería metálica corrugada 36" km 20+330				11.41			1.20		19.53	
Tubería metálica corrugada 36" km 20+635				10.85			1.20		18.82	
Tubería metálica corrugada 48" km 19+540				10.27			2.40		32.01	
Tubería metálica corrugada 60" km 22+850				19.18			7.20		215.39	
Zanja de drenaje 24"				42.12			2.90		125.89	
Zanja de drenaje 36"				7.31			3.20		23.38	
Zanja de drenaje 48"				-					-	
Zanja de drenaje 60"				-					-	

Descripción	Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
						b	l	h		
Emboquillado de piedra e=0.30m (f'c=175 kg/cm2+30%PM)	m3									175.19
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - abajo-km 18+320		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - abajo-km 18+620		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje- arriba-km 18+620		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-36" Paredes y anclaje - abajo-km 19+060		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-48" Paredes y anclaje - arriba-km 19+540		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - abajo-km 19+700		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - abajo-km 19+770		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - abajo-km 20+075		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - abajo-km 20+170		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - abajo-km 20+960		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - arriba-km 20+960		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-24" Paredes y anclaje - abajo-km 22+320		1.00	2.00	9.06		0.30			5.44	
Zanja de drenaje-60" Paredes y anclaje - arriba-km 22+850		1.00	2.00	12.43		0.30			7.46	
Zanja de drenaje-24" Piso -abajo-km 18+320		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	

Descripción	Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
						b	l	h		
Zanja de drenaje-24" Piso 18+620 -abajo-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-24" Piso 18+620 -arriba-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-36" Piso 19+060 -abajo-km		1.00				3.20	7.26	0.25	5.81	
Zanja de drenaje-24" Piso 19+150 -arriba-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-48" Piso 19+540 -arriba-km		1.00				5.40	7.26	0.25	9.80	
Zanja de drenaje-24" Piso 19+700 -abajo-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-24" Piso 19+770 -abajo-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-24" Piso 20+075 -abajo-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-24" Piso 20+170 -abajo-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-24" Piso 20+960 -abajo-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-24" Piso 20+960 -arriba-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-24" Piso 22+320 -abajo-km		1.00				2.90	7.26	0.25	5.27	
Zanja de drenaje-60" Piso 22+850 -arriba-km		1.00				10.70	9.02	0.30	28.95	

Descripción	Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
						b	l	h		
Concreto clase f'c=175 kg/cm2 (entrada y salida alcantarillas)	m3									96.52
		Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3	Volumen 4					
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 18+100		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 24" Alas-km 18+320		1.00	4.00	0.67		0.20			0.540	
Alcantarilla de 24" Cabezal-km 18+320		1.00	2.00	0.16		0.30	0.30	0.20	0.211	
Alcantarilla de 24" Cimientto-km 18+320		1.00	1.00	1.45		1.20			1.740	
Alcantarilla de 24" Alas-km 18+620		1.00	4.00	0.67		0.20			0.540	
Alcantarilla de 24" Cabezal-km 18+620		1.00	2.00	0.16		0.30	0.30	0.20	0.211	
Alcantarilla de 24" Cimientto-km 18+620		1.00	1.00	1.45		1.20			1.740	
		Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3	Volumen 4					
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 18+790		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 36" Alas-km 19+060		1.00	4.00	0.96		0.20			0.770	
Alcantarilla de 36" Cabezal-km 19+060		1.00	2.00	0.31		0.45	0.45	0.20	0.370	
Alcantarilla de 36" Cimientto-km 19+060		1.00	1.00	2.40		1.20			2.880	
		Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3	Volumen 4					
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 19+150		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 48" Alas- km 19+540		1.00	4.00	1.91		0.25			1.910	
Alcantarilla de 48" Cabezal-km 19+540		1.00	2.00	0.93		0.60	0.60	0.25	1.295	
Alcantarilla de 48" Cimientto-km 19+540		1.00	1.00	3.77		1.75			6.603	
Alcantarilla de 24" Alas-km 19+700		1.00	4.00	0.67		0.20			0.540	
Alcantarilla de 24" Cabezal-km 19+700		1.00	2.00	0.16		0.30	0.30	0.20	0.211	
Alcantarilla de 24" Cimientto-km 19+700		1.00	1.00	1.45		1.20			1.740	
Alcantarilla de 24" Alas-km 19+770		1.00	4.00	0.67		0.20			0.540	
Alcantarilla de 24" Cabezal-km 19+770		1.00	2.00	0.16		0.30	0.30	0.20	0.211	

Descripción		Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
							b	l	h		
Alcantarilla de 24"	Cimiento-km 19+770		1.00	1.00	1.45		1.20			1.740	
Alcantarilla de 24"	Alas-km 20+075		1.00	4.00	0.67		0.20			0.540	
Alcantarilla de 24"	Cabecal-km 20+075		1.00	2.00	0.16		0.30	0.30	0.20	0.211	
Alcantarilla de 24"	Cimiento-km 20+075		1.00	1.00	1.45		1.20			1.740	
Alcantarilla de 24"	Alas-km 20+170		1.00	4.00	0.67		0.20			0.540	
Alcantarilla de 24"	Cabecal-km 20+170		1.00	2.00	0.16		0.30	0.30	0.20	0.211	
Alcantarilla de 24"	Cimiento-km 20+170		1.00	1.00	1.45		1.20			1.740	
Alcantarilla de 36"	Alas- km 20+330		1.00	4.00	0.96		0.20			0.770	
Alcantarilla de 36"	Cabecal-km 20+330		1.00	2.00	0.31		0.45	0.45	0.20	0.370	
Alcantarilla de 36"	Cimiento-km 20+330		1.00	1.00	2.40		1.20			2.880	
			Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3	Volumen 4					
Alcantarilla de 24"	Sumidero-km 20+485		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 36"	Alas-km 20+635		1.00	4.00	0.96		0.20			0.770	
Alcantarilla de 36"	Cabecal-km 20+635		1.00	2.00	0.31		0.45	0.45	0.20	0.370	
Alcantarilla de 36"	Cimiento-km 20+635		1.00	1.00	2.40		1.20			2.880	
Alcantarilla de 24"	Alas-km 20+960		1.00	4.00	0.67		0.20			0.540	
Alcantarilla de 24"	Cabecal-km 20+960		1.00	2.00	0.16		0.30	0.30	0.20	0.105	
Alcantarilla de 24"	Cimiento-km 20+960		1.00	1.00	1.45		1.20			1.740	
			Volumen 1	Volumen 2	Volumen 3	Volumen 4					
Alcantarilla de 24"	Sumidero-km 21+225		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 24"	Sumidero-km 21+560		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 24"	Caja de toma-km 21+880		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 24"	Caja de toma-km 22+150		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 24"	Caja de toma-km 22+330		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 24"	Sumidero-km 22+560		2.17	0.28	0.20	0.07				3.411	
Alcantarilla de 60"	Alas- km 22+850		1.00	4.00	2.32		0.25			2.320	
Alcantarilla de 60"	Cabecal-km 22+850		1.00	2.00	3.42		0.75	0.75	0.25	5.956	
Alcantarilla de 60"	Cimiento-km 22+850		1.00	1.00	8.56		1.75			14.980	

Descripción	Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial	Total
						b	l	h		
Encofrado y desencofrado (entrada y salida alcantarillas)	m2									634.97
Zanja de drenaje Paredes-escalonado		1.00	2.00	8.39					16.77	
Zanja de drenaje Paredes-emboquillado		12.00	2.00	5.82					139.57	
Alcantarilla de 24" Alas		7.00	8.00	0.67					37.52	
Alcantarilla de 24" Alas		7.00	4.00	0.28					7.92	
Alcantarilla de 24" Alas		7.00	4.00	0.08					2.24	
Alcantarilla de 24" Cabezal		7.00	4.00	0.53					14.76	
Alcantarilla de 24" Cabezal		7.00	2.00	0.21					2.98	
Alcantarilla de 24" Piso		7.00	2.00	1.90					26.59	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 18+100		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 18+790		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 19+150		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 20+485		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 21+225		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 21+560		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 21+880		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 22+150		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 22+330		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 24" Caja de toma-km 22+560		1.00	1.00	20.52					20.52	
Alcantarilla de 36" Alas		3.00	8.00	0.96					22.97	
Alcantarilla de 36" Alas		3.00	4.00	0.28					3.40	
Alcantarilla de 36" Alas		3.00	4.00	0.12					1.44	
Alcantarilla de 36" Cabezal		3.00	4.00	0.94					11.24	
Alcantarilla de 36" Cabezal		3.00	2.00	0.27					1.64	
Alcantarilla de 36" Piso		3.00	2.00	2.20					13.19	
Alcantarilla de 48" Alas		1.00	8.00	1.91					15.30	
Alcantarilla de 48" Alas		1.00	4.00	0.53					2.12	
Alcantarilla de 48" Alas		1.00	4.00	0.25					1.00	
Alcantarilla de 48" Cabezal		1.00	4.00	2.59					10.36	
Alcantarilla de 48" Cabezal		1.00	2.00	0.65					1.30	

Descripción	Und.	Cant.	Rep.	Área AutoCAD (m2)	Perímetro AutoCAD (m)	Medidas (m)			Parcial (m2)	Total
						b	l	h		
Alcantarilla de 48" Piso		1.00	2.00	5.85					11.70	
Alcantarilla de 60" Alas		1.00	8.00	2.32					18.55	
Alcantarilla de 60" Alas		1.00	4.00	0.58					2.34	
Alcantarilla de 60" Alas		1.00	4.00	0.19					0.75	
Alcantarilla de 60" Cabezal		1.00	4.00	8.38					33.52	
Alcantarilla de 60" Cabezal		1.00	2.00	1.85					3.70	
Alcantarilla de 60" Piso		1.00	2.00	13.43					26.85	

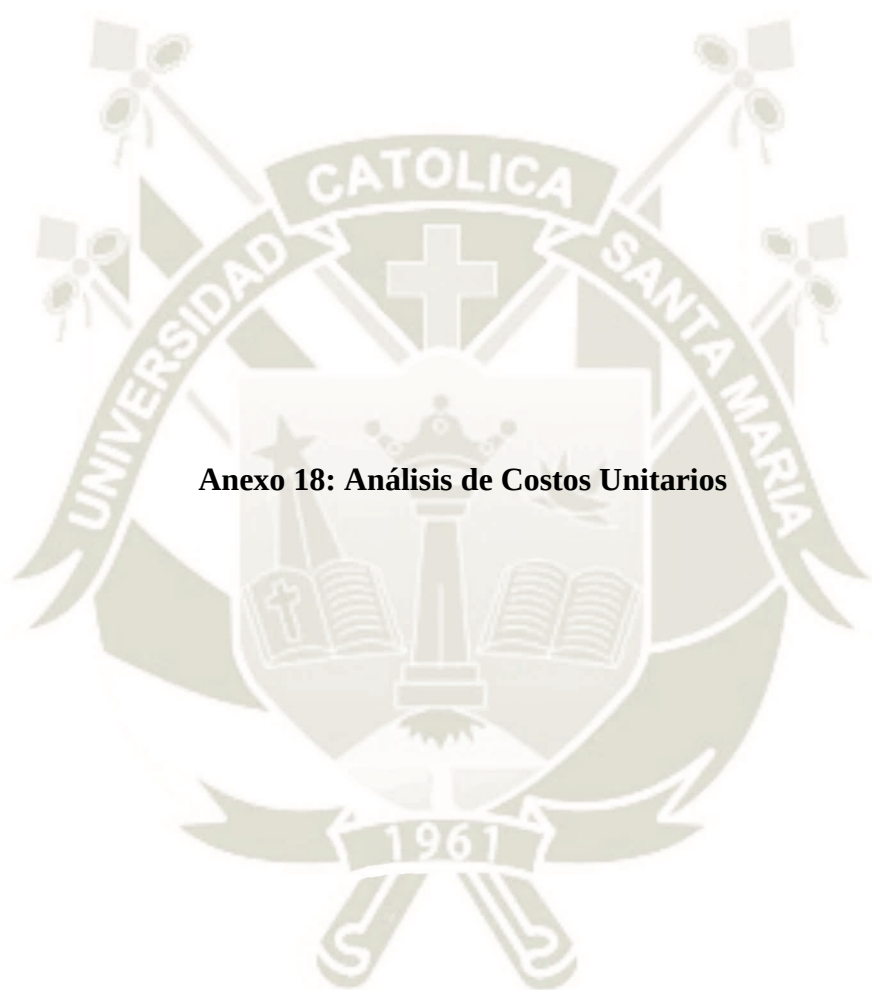


Anexo 17: Presupuesto General

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01	<u>Obras preliminares</u>						39,236.60
01.01	Campamento de obra /guardianía y/o deposito	glb	1.00	13,500.00	13,500.00		
01.02	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	17,292.40	17,292.40		
01.03	Topografía y georreferenciación	km	5.00	1,688.84	8,444.20		
02	<u>Movimiento de tierras</u>						905,825.99
02.01	Corte en material suelto	m3	66,604.59	3.22	214,466.78		
02.02	Perfilado y compactado en zona de corte	m2	28,106.54	2.15	60,429.06		
02.03	Préstamo de excedentes de corte					602,273.40	
02.03.01	Carguío	m3	66,604.59	3.77	251,099.30		
02.03.02	Conformación de terraplenes	m3	70,094.63	5.01	351,174.10		
02.04	Transporte de material para terraplén	m3	4,013.55	7.14	28,656.75		
03	<u>Pavimento</u>						158,480.03
03.01	Perfilado de la superficie con aporte de material					158,480.03	
03.01.01	Extracción y apilamiento en cantera	m3	8,203.13	4.08	33,468.77		
03.01.02	Zarandeo y selección de material	m3	8,203.13	2.74	22,476.58		
03.01.03	Carguío	m3	6,562.50	3.77	24,740.63		
03.01.04	Transporte de afirmado	m3	6,562.50	5.27	34,584.38		
03.01.05	Extendido y compactado	m2	38,021.01	0.96	36,500.17		
03.01.06	Riego	m3	525.00	12.78	6,709.50		
04	<u>Conservación de drenaje superficial</u>						321,034.50
04.01	Excavaciones en terreno normal con cargador retroexcavador 1 yd3	m3	1,972.04	7.30	14,395.89		
04.02	Relleno compactado con material propio	m3	852.75	89.11	75,988.55		
04.03	Emboquillado de piedra (f'c=175 kg/cm2+30%PM)	m3	175.19	323.06	56,596.88		
04.04	Concreto f'c=175 kg/cm2	m3	96.52	326.55	31,518.61		
04.05	Encofrado y desencofrado	m2	634.97	26.35	16,731.46		

04.06	Tubería metálica corrugada circular d=0.60 m	m	215.53	372.13	80,205.18	
04.07	Tubería metálica corrugada circular d=0.90 m	m	42.40	491.19	20,826.46	
04.08	Tubería metálica corrugada circular d=1.20 m	m	14.88	717.07	10,670.00	
04.09	Tubería metálica corrugada circular d=1.50 m	m	14.15	996.57	14,101.47	
05	<u>Transporte</u>					4,400.45
05.01	Flete terrestre	glb	1.00	4,400.45	4,400.45	
06	<u>Señalización</u>					991.20
06.01	Conservación de postes de kilometraje	und	6.00	165.20	991.20	
07	<u>Presupuesto ambiental</u>					15,876.50
07.01	Programa de prevención y/o mitigación					13,339.62
07.01.01	Manejo de residuos sólidos y líquidos	est	1.00	1,840.00	1,840.00	
07.01.02	Señalización ambiental y seguridad laboral	est	1.00	11,499.62	11,499.62	
07.02	Programa de contingencias					2,000.00
07.02.01	Programa de contingencias	est	1.00	2,000.00	2,000.00	
07.03	Programa de abandono de obra					536.88
07.03.01	Recuperación ambiental de áreas afectadas	ha	0.06	8,948.02	536.88	
08	<u>Presupuesto covid19</u>					57,825.60
08.01	Presupuesto covid19	mes	6.00	9,637.60	57,825.60	
	Costo directo					1,503,670.87
	Gastos generales				20 %	300,734.17
	Utilidad				5 %	75,183.54
	Sub total					1,879,588.58
	IGV				18%	338,325.94
	Presupuesto total					2,217,914.52

Son: Dos millones doscientos diecisiete mil novecientos catorce con 52/100 nuevos soles.



Anexo 18: Análisis de Costos Unitarios

Partida	01.01	Campamento de obra /guardianía y/o depósito				Rend:	1.0000 GLB/DIA
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Materiales					
	39 04624	Campamento/guardianía y/o deposito	glb		1.0000	13,500.00	13,500.00
							13,500.00
					Costo Unitario por GLB:		13,500.00
Partida	01.02	Movilización y desmovilización de equipos				Rend:	1.0000 glb/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Equipo					
	32 07021	Movilización y desmovilización de equipos	est		1.0000	17,292.40	17,292.40
							17,292.40
					Costo Unitario por GLB:		17,292.40
Partida	01.03	Topografía georreferenciación y				Rend:	0.5000 km/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00086	Topógrafo	hh	1.000	16.0000	26.42	422.72
	47 00009	Peón	hh	3.000	48.0000	16.76	804.48
							1,227.20
		Materiales					
	02 00022	Clavos con cabeza de 2 1/2", 3", 4"	kg		0.0050	4.10	0.02
	03 06206	Acero corrugado fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg		3.0000	4.50	13.50
	30 01352	Yeso de 28 kg	bol		0.0500	15.00	0.75
	43 00020	Madera tornillo	p2		10.0000	2.46	24.60
	54 00027	Pintura esmalte	gln		0.5000	38.13	19.07
							57.94
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	1,227.20	36.82
	37 04980	Nivel topográfico	he	1.000	16.0000	6.90	110.40
	48 07099	Estación total inc. 2 prismas	hm	1.000	16.0000	16.03	256.48
							403.70
					Costo Unitario por KM:		1,688.84
Partida	02.01	Corte en material suelto				Rend:	690.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00008	Oficial	hh	0.200	0.0023	18.53	0.04
	47 00009	Peón	hh	2.000	0.0232	16.76	0.39
							0.43
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.43	0.01
	49 07364	Tractor sobre oruga 190 - 240 hp	hm	1.000	0.0116	239.50	2.78
							2.79
					Costo Unitario por m3:		3.22

Partida	02.02		Perfilado y compactado en zona de corte			Rend:	3,150.0000 m2/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00008	Oficial	hh	1.000	0.0025	18.53	0.05
	47 00009	Peón	hh	4.000	0.0102	16.76	0.17
							0.22
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.22	0.01
	49 05740	Motoniveladora de 145-150 hp	hm	1.000	0.0025	155.20	0.39
	49 07337	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101 - 135 HP 10-12 ton	hm	1.000	0.0025	101.40	0.25
							0.65
		Sub partidas					
	SP 36727	Riego	m3		0.1000	12.78	1.28
							1.28
						Costo Unitario por m2:	2.15
Sub Partida	36727	Riego				Rend:	76.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00008	Oficial	hh	0.200	0.0211	18.53	0.39
							0.39
		Equipo					
	48 03181	Camión cisterna 4x2 (agua) 2,000 gal.	hm	1.000	0.1053	115.60	12.17
	48 07338	Motobomba 12 hp 4"	hm	1.000	0.1053	2.10	0.22
							12.39
						Costo Unitario por m3:	12.78
Partida	02.03.01		Carguío			Rend:	625.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00009	Peón	hh	1.000	0.0128	16.76	0.21
							0.21
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.21	0.01
	49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 yd3	hm	1.000	0.0128	277.00	3.55
							3.56
						Costo Unitario por m3:	3.77
Partida	02.03.02		Conformación de terraplenes			Rend:	1,030.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00009	Peón	hh	6.000	0.0466	16.76	0.78
							0.78
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.78	0.02
	49 05740	Motoniveladora de 145-150 HP	hm	1.000	0.0078	155.20	1.21
	49 07337	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101 - 135 HP 10-12 ton	hm	1.000	0.0078	101.40	0.79
	49 07364	Tractor sobre oruga 190 - 240 hp	hm	0.500	0.0039	239.50	0.93
							2.95

Sub partidas						
SP 36727	Riego	m3	0.1000	12.78		1.28
						1.28
Costo Unitario por m3:						5.01

Sub Partida	36727	Riego					Rend:	76.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra								
47 00008	Oficial	hh	0.200	0.0211	18.53	0.39		
						0.39		
Equipo								
48 03181	Camión cisterna 4x2 (agua) 2,000 gal.	hm	1.000	0.1053	115.60	12.17		
48 07338	Motobomba 12 hp 4"	hm	1.000	0.1053	2.10	0.22		
						12.39		
						Costo Unitario por m3:	12.78	

Partida	02.04	Transporte de material para terraplén				Rend:	261.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
47 00008	Oficial	hh	1.000	0.0307	18.53	0.57	
						0.57	
	Equipo						
37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.57	0.02	
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	1.000	0.0307	213.20	6.55	
						6.57	
					Costo Unitario por m3:	7.14	

Partida	03.01.01	Extracción y apilamiento en cantera				Rend:	575.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00008	Oficial	hh	1.000	0.0139	18.53	0.26
	47 00009	Peón	hh	2.000	0.0278	16.76	0.47
							0.73
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.73	0.02
	49 07364	Tractor sobre oruga 190 - 240 HP	hm	1.000	0.0139	239.50	3.33
							3.35
					Costo Unitario por m3:	4.08	

Partida	03.01.02	Zarandeo y selección de material				Rend:	1,000.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00009	Peón	hh	3.000	0.0240	16.76	0.40
							0.40
		Equipo					
	49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 Yd3	hm	1.000	0.0080	277.00	2.22
	49 01359	Zaranda mecanica	hm	1.000	0.0080	15.00	0.12
							2.34
						Costo Unitario por m3:	2.74
Partida	03.01.03	Carguío				Rend:	625.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00009	Peón	hh	1.000	0.0128	16.76	0.21
							0.21
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.21	0.01
	49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 Yd3	hm	1.000	0.0128	277.00	3.55
							3.56
						Costo Unitario por M3:	3.77
Partida	03.01.04	Transporte de afirmado				Rend:	352.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00008	Oficial	hh	1.000	0.0227	18.53	0.42
							0.42
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.42	0.01
	49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	1.000	0.0227	213.20	4.84
							4.85
						Costo Unitario por m3:	5.27
Partida	03.01.05	Extendido y compactado				Rend:	3,150.0000 m2/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00008	Oficial	hh	1.000	0.0025	18.53	0.05
	47 00009	Peón	hh	6.000	0.0152	16.76	0.25
							0.30
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	0.30	0.02
	49 05740	Motoniveladora de 145-150 HP	hm	1.000	0.0025	155.20	0.39
	49 07337	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101 - 135 HP 10-12 ton	hm	1.000	0.0025	101.40	0.25
							0.66
						Costo Unitario por m2:	0.96

Partida	03.01.06	Riego				Rend:	76.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00008	Oficial	hh	0.200	0.0211	18.53	0.39
							0.39
		Equipo					
	48 03181	Camión cisterna 4x2 (agua) 2,000 gal.	hm	1.000	0.1053	115.60	12.17
	48 07338	Motobomba 12 HP 4"	hm	1.000	0.1053	2.10	0.22
							12.39
						Costo Unitario por m3:	12.78
Partida	04.01	Excavaciones en terreno normal con cargador retroexcavador 1 yd3				Rend:	150.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00009	Peón	hh	2.000	0.1067	16.76	1.79
							1.79
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	1.79	0.05
	48 06866	Retroexcavadora sobre llantas 58 HP 1/2 yd3	hm	1.000	0.0533	102.40	5.46
							5.51
						Costo Unitario por m3:	7.30
Partida	04.02	Relleno compactado con material propio				Rend:	10.0000 m3/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00007	Operario	hh	1.000	0.8000	23.44	18.75
	47 00009	Peón	hh	4.000	3.2000	16.76	53.63
							72.38
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	72.38	2.17
	49 06200	Compactador vibratorio tipo plancha 4 HP	hm	1.000	0.8000	16.60	13.28
							15.45
		Sub partidas					
	SP 36727	Riego	m3		0.1000	12.78	1.28
							1.28
						Costo Unitario por m3:	89.11

Sub Partida 36727		Riego		Rend:		76.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00008	Oficial	hh	0.200	0.0211	18.53	0.39
						0.39
Equipo						
48 03181	Camión cisterna 4x2 (agua) 2,000 gal.	hm	1.000	0.1053	115.60	12.17
48 07338	Motobomba 12 hp 4"	hm	1.000	0.1053	2.10	0.22
						12.39
Costo Unitario por m3:						12.78
Partida 04.03		Emboquillado de piedra (f _c =175 kg/cm ² +30%PM)		Rend:		10.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	Operario	hh	1.000	0.8000	23.44	18.75
47 00008	Oficial	hh	2.000	1.6000	18.53	29.65
47 00009	Peón	hh	5.000	4.0000	16.76	67.04
						115.44
Materiales						
21 07071	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)	bol		5.9010	22.88	135.01
73 02358	Tubería PVC 1"	m		0.0100	29.94	0.30
						135.31
Equipo						
37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	115.44	5.77
49 00031	Mezcladora de conc. (tambor) 11 p3, 22 HP	hm	0.500	0.4000	22.20	8.88
49 00339	Vibrador de concreto 4 HP 1.5"	hm	0.500	0.4000	5.00	2.00
						16.65
Sub partidas						
SP 36758	Piedra mediana seleccionada	m3		0.3000	69.42	20.83
SP 36727	Riego	m3		0.1288	12.78	1.65
SP 36750	"Piedra seleccionada de 3/4"	m3		0.4270	24.65	10.53
SP 36748	"Arena gruesa"	m3		0.3430	21.48	7.37
						40.38
Costo Unitario por m3:						307.78
Sub Partida 36758		Piedra mediana seleccionada		Rend:		280.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub partidas						
SP 36760	Extracción y carguío	M3		1.4200	44.55	63.26
SP 36759	Transporte de piedra mediana seleccionada	M3		1.4200	4.34	6.16
						69.42
Costo Unitario por m3:						69.42

Sub Partida	36760	Extracción y carguio				Rend:	31.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	Peón	hh	10.000	2.5806	16.76	43.25	
						43.25	
Equipo							
37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	43.25	1.30	
						1.30	
Costo Unitario por m3:						44.55	
Sub Partida	36759	Transporte de piedra mediana seleccionada				Rend:	400.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	Peón	hh	0.250	0.0050	16.76	0.08	
						0.08	
Equipo							
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	1.000	0.0200	213.20	4.26	
						4.26	
Costo Unitario por m3:						4.34	
Sub Partida	36727	Riego				Rend:	76.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00008	Oficial	hh	0.200	0.0211	18.53	0.39	
						0.39	
Equipo							
48 03181	Camión cisterna 4X2 (agua) 2,000 gal.	hm	1.000	0.1053	115.60	12.17	
48 07338	Motobomba 12 HP 4"	hm	1.000	0.1053	2.10	0.22	
						12.39	
Costo Unitario por m3:						12.78	
Sub Partida	36750	"Piedra seleccionada de 3/4"				Rend:	280.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Sub partidas							
SP 36724	Extracción y apilamiento en cantera	m3		2.0750	4.08	8.47	
SP 36725	Zarandeo y selección de material	m3		2.0750	2.74	5.69	
SP 36726	Carguío	m3		1.3000	3.77	4.90	
SP 36751	Transporte de piedra seleccionada de 3/4	m3		1.3000	4.30	5.59	
						24.65	
Costo Unitario por m3:						24.65	

Sub Partida	36724	Extracción y apilamiento en cantera				Rend:	575.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
47 00008	Oficial	hh	1.000	0.0139	18.53	0.26	
47 00009	Peón	hh	2.000	0.0278	16.76	0.47	
						0.73	
	Equipo						
37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.73	0.02	
49 07364	Tractor sobre oruga 190 - 240 HP	hm	1.000	0.0139	239.50	3.33	
						3.35	
				Costo Unitario por m3:		4.08	

Sub Partida	36725	Zarandeo y selección de material				Rend:	1,000.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
47 00009	Peón	hh	3.000	0.0240	16.76	0.40	
						0.40	
	Equipo						
49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 Yd3	hm	1.000	0.0080	277.00	2.22	
49 01359	Zaranda mecánica	hm	1.000	0.0080	15.00	0.12	
						2.34	
				Costo Unitario por m3:		2.74	

Sub Partida	36726	Carguío				Rend:	625.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
47 00009	Peón	hh	1.000	0.0128	16.76	0.21	
						0.21	
	Equipo						
37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.21	0.01	
49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 yd3	hm	1.000	0.0128	277.00	3.55	
						3.56	
				Costo Unitario por m3:		3.77	

Sub Partida	36751	Transporte de piedra seleccionada de 3/4				Rend:	404.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
47 00009	Peón	hh	0.250	0.0050	16.76	0.08	
						0.08	
	Equipo						
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	1.000	0.0198	213.20	4.22	
						4.22	
				Costo Unitario por m3:		4.30	

Sub Partida 36748 "Arena gruesa" **Rend:** 420.0000 m3/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub partidas						
SP 36724	Extracción y apilamiento en cantera	m3		1.7300	4.08	7.06
SP 36725	Zarandeo y selección de material	m3		1.7300	2.74	4.74
SP 36726	Carguío	m3		1.2000	3.77	4.52
SP 36749	Transporte de arena gruesa	m3		1.2000	4.30	5.16
						21.48
Costo Unitario por m3:						21.48

Sub Partida 36749 Transporte de arena gruesa **Rend:** 404.0000 m3/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00009	Peón	hh	0.250	0.0050	16.76	0.08
						0.08
Equipo						
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	1.000	0.0198	213.20	4.22
						4.22
Costo Unitario por m3:						4.30

Partida 04.04 Concreto f'c=175 kg/cm2 **Rend:** 12.0000 m3/día

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	Operario	hh	1.000	0.6667	23.44	15.63
47 00008	Oficial	hh	1.000	0.6667	18.53	12.35
47 00009	Peón	hh	4.000	2.6667	16.76	44.69
						72.67
Materiales						
21 07071	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)	bol		8.4300	22.88	192.88
						192.88
Equipo						
37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	72.67	2.18
49 00031	Mezcladora de conc. (tambor) 11 p3, 22 HP	hm	0.500	0.3333	22.20	7.40
49 00339	Vibrador de concreto 4 HP 1.5"	hm	0.500	0.3333	5.00	1.67
						11.25
Sub partidas						
SP 36748	"Arena gruesa"	m3		0.4900	21.48	10.53
SP 36750	"Piedra seleccionada de 3/4"	m3		0.6100	24.65	15.04
SP 36727	Riego	m3		0.1840	12.78	2.35
						27.92
Costo Unitario por m3:						304.72

Sub Partida 36748		"Arena gruesa"			Rend:		420.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Sub partidas							
SP 36724	Extracción y apilamiento en cantera	m3		1.7300	4.08	7.06	
SP 36725	Zarandeo y selección de material	m3		1.7300	2.74	4.74	
SP 36726	Carguío	m3		1.2000	3.77	4.52	
SP 36749	Transporte de arena gruesa	m3		1.2000	4.30	5.16	
						21.48	
Costo Unitario por m3:						21.48	
Sub Partida 36724	Extracción y apilamiento en cantera			Rend:		575.0000 m3/día	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00008	Oficial	hh	1.000	0.0139	18.53	0.26	
47 00009	Peón	hh	2.000	0.0278	16.76	0.47	
						0.73	
Equipo							
37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.73	0.02	
49 07364	Tractor sobre oruga 190 - 240 HP	hm	1.000	0.0139	239.50	3.33	
						3.35	
Costo Unitario por m3:						4.08	
Sub Partida 36725	Zarandeo y selección de material			Rend:		1,000.0000 m3/día	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	Peón	hh	3.000	0.0240	16.76	0.40	
						0.40	
Equipo							
49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 Yd3	hm	1.000	0.0080	277.00	2.22	
49 01359	Zaranda mecánica	hm	1.000	0.0080	15.00	0.12	
						2.34	
Costo Unitario por m3:						2.74	
Sub Partida 36726	Carguío			Rend:		625.0000 m3/día	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	Peón	hh	1.000	0.0128	16.76	0.21	
						0.21	
Equipo							
37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.21	0.01	
49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 Yd3	hm	1.000	0.0128	277.00	3.55	
						3.56	
Costo Unitario por m3:						3.77	

Sub Partida 36749		Transporte de arena gruesa				Rend:	404.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	Peón	hh	0.250	0.0050	16.76	0.08	
						0.08	
Equipo							
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 M3.	hm	1.000	0.0198	213.20	4.22	
						4.22	
Costo Unitario por m3:						4.30	
Sub Partida 36750		"Piedra seleccionada de 3/4"				Rend:	280.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Sub partidas							
SP 36724	Extracción y apilamiento en cantera	m3		2.0750	4.08	8.47	
SP 36725	Zarandeo y selección de material	m3		2.0750	2.74	5.69	
SP 36726	Carguío	m3		1.3000	3.77	4.90	
SP 36751	Transporte de piedra seleccionada de ¾"	m3		1.3000	4.30	5.59	
						24.65	
Costo Unitario por m3:						24.65	
Sub Partida 36751		Transporte de piedra seleccionada de ¾"				Rend:	404.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	Peón	hh	0.250	0.0050	16.76	0.08	
						0.08	
Equipo							
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	1.000	0.0198	213.20	4.22	
						4.22	
Costo Unitario por m3:						4.30	
Sub Partida 36727		Riego				Rend:	76.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00008	Oficial	hh	0.200	0.0211	18.53	0.39	
						0.39	
Equipo							
48 03181	Camión cisterna 4x2 (agua) 2,000 gal.	hm	1.000	0.1053	115.60	12.17	
48 07338	Motobomba 12 HP 4"	hm	1.000	0.1053	2.10	0.22	
						12.39	
Costo Unitario por m3:						12.78	

Partida	04.05	Encofrado y desencofrado				Rend:	18.0000 m2/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00007	Operario	hh	1.000	0.4444	23.44	10.42
	47 00008	Oficial	hh	1.000	0.4444	18.53	8.23
							18.65
		Materiales					
	02 00018	Alambre negro n°8	kg		0.2000	4.10	0.82
	02 00022	Clavos con cabeza de 2 1/2", 3", 4"	kg		0.3000	4.10	1.23
	43 00020	Madera tornillo	p2		1.9200	2.46	4.72
							6.77
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	18.65	0.93
							0.93
						Costo Unitario por m2:	26.35
Partida	04.06	Tubería metálica corrugada circular D=0.60 m				Rend:	12.0000 m/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00007	Operario	hh	1.000	0.6667	23.44	15.63
	47 00009	Peón	hh	6.000	4.0000	16.76	67.04
							82.67
		Materiales					
	50 07366	Tubería metálica corrugada circular d=0.60 m y/o 24"	m		1.0000	285.33	285.33
							285.33
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	82.67	4.13
							4.13
						Costo Unitario por m:	372.13
Partida	04.07	Tubería metálica corrugada circular d=0.90 m				Rend:	10.0000 m/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00007	Operario	hh	1.000	0.8000	23.44	18.75
	47 00009	Peón	hh	6.000	4.8000	16.76	80.45
							99.20
		Materiales					
	50 07367	Tubería metálica corrugada circular d=0.90 m y/o 36"	m		1.0000	387.03	387.03
							387.03
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	99.20	4.96
							4.96
						Costo Unitario por m:	491.19

Partida	04.08	Tubería metálica corrugada circular d=1.20 m				Rend:	8.0000 m/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00007	Operario	hh	1.000	1.0000	23.44	23.44
	47 00009	Peón	hh	6.000	6.0000	16.76	100.56
							124.00
		Materiales					
	50 07365	Tubería metálica corrugada circular d=1.20 m y/o 48"	m		1.0000	586.87	586.87
							586.87
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	124.00	6.20
							6.20
						Costo Unitario por m:	717.07
Partida	04.09	Tubería metálica corrugada circular d=1.50 m				Rend:	6.0000 m/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00007	Operario	hh	1.000	1.3333	23.44	31.25
	47 00009	Peón	hh	6.000	8.0000	16.76	134.08
							165.33
		Materiales					
	50 07368	Tubería metálica corrugada circular d=1.50 m y/o 60"	m		1.0000	822.97	822.97
							822.97
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	165.33	8.27
							8.27
						Costo Unitario por m:	996.57
Partida	05.01	Flete terrestre				Rend:	1.0000 glb/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Materiales					
	32 01385	Flete terrestre	est		1.0000	4,400.45	4,400.45
							4,400.45
						Costo Unitario por glb:	4,400.45
Partida	06.01	Conservación de postes de kilometraje				Rend:	- und/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Sub partidas					
	SP 36814	Acero corrugado grado 60, fy=4200 kg/cm2	kg		2.2360	4.69	10.49
	SP 36813	Encofrado y desencofrado	m2		0.7641	45.17	34.51
	SP 36818	Concreto f'c=175 kg/cm2	m3		0.0320	362.28	11.59
	SP 36816	Pintado de postes de kilometraje	und		1.0000	62.24	62.24
	SP 36817	Excavación manual	m3		0.1250	35.20	4.40
	SP 36815	Concreto ciclópeo f'c=140 kg/cm2 + 30% PM	m3		0.1143	339.96	38.86
							162.09
						Costo Unitario por und:	162.09

Sub Partida	36814	Acero corrugado grado 60.fy=4200 kg/cm2				Rend:	180.0000 kg/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	Operario	hh	1.000	0.0444	23.44	1.04	
47 00008	Oficial	hh	2.000	0.0889	18.53	1.65	
						2.69	
Materiales							
02 00093	Alambre negro N°16	kg		0.0600	4.10	0.25	
03 06859	Acero corrugado fy = 4200 kg/cm2 grado 60	kg		1.0700	1.10	1.18	
						1.43	
Equipo							
37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	2.69	0.13	
48 01579	Cizalla p/corte de fierro	hm	1.000	0.0444	10.00	0.44	
						0.57	
Costo Unitario por kg:						4.69	

Sub Partida	36813	Encofrado y desencofrado				Rend:	30.0000 m2/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	Operario	hh	1.000	0.2667	23.44	6.25	
47 00008	Oficial	hh	1.000	0.2667	18.53	4.94	
47 00009	Peón	hh	1.000	0.2667	16.76	4.47	
						15.66	
Materiales							
02 00018	Alambre negro N°8	kg		0.2500	4.10	1.03	
02 00022	Clavos con cabeza de 2 1/2", 3", 4"	kg		0.3000	4.10	1.23	
43 00020	Madera tornillo	p2		10.7600	2.46	26.47	
						28.73	
Equipo							
37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	15.66	0.78	
						0.78	
Costo Unitario por m2:						45.17	

Sub Partida	36818	Concreto f'c=175 kg/cm2				Rend:	10.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	Operario	hh	1.000	0.8000	23.44	18.75	
47 00008	Oficial	hh	1.000	0.8000	18.53	14.82	
47 00009	Peón	hh	6.000	4.8000	16.76	80.45	
						114.02	
Materiales							
21 07071	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)	bol		8.4300	22.88	192.88	
						192.88	
Equipo							
37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	114.02	5.70	
49 00031	Mezcladora de conc. (tambor) 11 p3, 22 HP	hm	1.000	0.8000	22.20	17.76	
49 00339	Vibrador de concreto 4 HP 1.5"	hm	1.000	0.8000	5.00	4.00	
						27.46	

Sub partidas						
SP 36727	Riego	m3		0.1840	12.78	2.35
SP 36750	"Piedra seleccionada de 3/4"	m3		0.6100	24.65	15.04
SP 36748	"Arena gruesa"	m3		0.4900	21.48	10.53
						27.92
Costo Unitario por m3:						362.28

Sub Partida	36727	Riego				Rend:	76.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00008	Oficial	hh	0.200	0.0211	18.53	0.39	
						0.39	
Equipo							
48 03181	Camión cisterna 4x2 (agua) 2,000 gal.	hm	1.000	0.1053	115.60	12.17	
48 07338	Motobomba 12 HP 4"	hm	1.000	0.1053	2.10	0.22	
						12.39	
Costo Unitario por m3:						12.78	

Sub Partida	36750	"Piedra seleccionada de 3/4"			Rend:	280.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub partidas						
SP 36724	Extracción y apilamiento en cantera	m3		2.0750	4.08	8.47
SP 36725	Zarandeo y selección de material	m3		2.0750	2.74	5.69
SP 36726	Carguío	m3		1.3000	3.77	4.90
SP 36751	Transporte de piedra seleccionada de 3/4	m3		1.3000	4.30	5.59
						24.65
Costo Unitario por m3:						24.65

Sub Partida	36724	Extracción y apilamiento en cantera				Rend:	575.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra						
47 00008	Oficial		hh	1.000	0.0139	18.53	0.26
47 00009	Peón		hh	2.000	0.0278	16.76	0.47
							0.73
	Equipo						
37 00004	Herramientas manuales		%mo		3.0000	0.73	0.02
49 07364	Tractor sobre oruga 190 - 240 HP		hm	1.000	0.0139	239.50	3.33
							3.35
						Costo Unitario por m3:	4.08

Sub Partida		36725	Zarandeo y selección de material			Rend:	1,000.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra							
47 00009	Peón		hh	3.000	0.0240	16.76	0.40
							0.40
Equipo							
49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 Yd3		hm	1.000	0.0080	277.00	2.22
49 01359	Zaranda mecánica		hm	1.000	0.0080	15.00	0.12
							2.34
						Costo Unitario por m3:	2.74
Sub Partida		36726	Carguío			Rend:	625.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra							
47 00009	Peón		hh	1.000	0.0128	16.76	0.21
							0.21
Equipo							
37 00004	Herramientas manuales		%mo		3.0000	0.21	0.01
49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 Yd3		hm	1.000	0.0128	277.00	3.55
							3.56
						Costo Unitario por m3:	3.77
Sub Partida		36751	Transporte de piedra seleccionada de ¾"			Rend:	404.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra							
47 00009	Peón		hh	0.250	0.0050	16.76	0.08
							0.08
Equipo							
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3		hm	1.000	0.0198	213.20	4.22
							4.22
						Costo Unitario por m3:	4.30
Sub Partida		36748	"Arena gruesa"			Rend:	420.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub partidas							
SP 36724	Extracción y apilamiento en cantera		m3		1.7300	4.08	7.06
SP 36725	Zarandeo y selección de material		m3		1.7300	2.74	4.74
SP 36726	Carguío		m3		1.2000	3.77	4.52
SP 36749	Transporte de arena gruesa		m3		1.2000	4.30	5.16
							21.48
						Costo Unitario por m3:	21.48

Sub Partida 36749		Transporte de arena gruesa			Rend:	404.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00009	Peón	hh	0.250	0.0050	16.76	0.08
						0.08
Equipo						
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	1.000	0.0198	213.20	4.22
						4.22
Costo Unitario por m3:						4.30
Sub Partida 36816		Pintado de postes de kilometraje			Rend:	9.0000 und/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	Operario	hh	1.000	0.8889	23.44	20.84
47 00009	Peón	hh	2.000	1.7778	16.76	29.80
						50.64
Materiales						
30 03361	Disolvente xiol	gln		0.0300	60.47	1.81
54 07371	Pintura de transito	gln		0.1200	60.47	7.26
						9.07
Equipo						
37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	50.64	2.53
						2.53
Costo Unitario por und:						62.24
Sub Partida 36817		Excavación manual			Rend:	4.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00009	Peón	hh	1.000	2.0000	16.76	33.52
						33.52
Equipo						
37 00004	Herramientas manuales	%mo		5.0000	33.52	1.68
						1.68
Costo Unitario por m3:						35.20
Sub Partida 36815		Concreto ciclópeo f'c=140 kg/cm2 + 30% PM.			Rend:	14.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	Operario	hh	2.000	1.1429	23.44	26.79
47 00008	Oficial	hh	2.000	1.1429	18.53	21.18
47 00009	Peón	hh	8.000	4.5714	16.76	76.62
						124.59
Materiales						
21 07071	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)	bol		6.5000	22.88	148.72
						148.72

Equipo						
37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	124.59	3.74
49 00031	Mezcladora de conc. (tambor) 11 p3, 22 HP	hm	0.500	0.2857	22.20	6.34
						10.08
Sub partidas						
SP 36758	Piedra mediana seleccionada	m3		0.4200	69.42	29.16
SP 36750	"Piedra seleccionada de 3/4"	m3		0.5900	24.65	14.54
SP 36748	"Arena gruesa"	m3		0.4700	21.48	10.10
SP 36727	Riego	m3		0.2170	12.78	2.77
						56.57
Costo Unitario por m3:						339.96

Sub Partida	36758	Piedra mediana seleccionada			Rend:	280.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Sub partidas						
SP 36760	Extracción y carguío	m3		1.4200	44.55	63.26
SP 36759	Transporte de piedra mediana seleccionada	m3		1.4200	4.34	6.16
						69.42
Costo Unitario por m3:						69.42

Sub Partida	36760	Extracción y carguío				Rend:	31.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
47 00009	Mano de Obra						
	Peón		hh	10.000	2.5806	16.76	43.25
							43.25
37 00004	Equipo						
	Herramientas manuales		%mo		3.0000	43.25	1.30
							1.30
Costo Unitario por m3:							44.55

Sub Partida	36759	Transporte de piedra mediana seleccionada				Rend:	400.0000 m3/día
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
47 00009	Peón	hh	0.250	0.0050	16.76	0.08	
						0.08	
	Equipo						
49 07100	Camión volquete 6x4, 330 HP 15 m3	hm	1.000	0.0200	213.20	4.26	
						4.26	
						Costo Unitario por m3:	
						4.34	

Partida	07.01.01	Manejo de residuos sólidos y líquidos				Rend:	1.0000 est/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 07340	Mano de obra en manejo de residuos	est		0.4000	1,840.00	736.00
							736.00
		Materiales					
	37 07342	Herramientas para manejos de residuos	est		0.5000	1,840.00	920.00
	39 07341	Material para reciclado	est		0.1000	1,840.00	184.00
							1,104.00
						Costo Unitario por est:	1,840.00
Partida	07.01.02	Señalización ambiental y seguridad laboral				Rend:	1.0000 est/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Materiales					
	29 07343	Señalización de seguridad	mes		0.7500	9,637.60	7,228.20
							7,228.20
		Equipo					
	29 07344	Señalización de seguridad	est		0.2500	17,085.68	4,271.42
							4,271.42
						Costo Unitario por est:	11,499.62
Partida	07.02.01	Programa de contingencias				Rend:	1.0000 est/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Materiales					
	48 07360	Equipo de comunicaciones	est		0.6000	2,000.00	1,200.00
	48 07361	Equipo de emergencias	est		0.4000	2,000.00	800.00
							2,000.00
						Costo Unitario por est:	2,000.00
Partida	07.03.01	Recuperación ambiental de áreas afectadas				Rend:	0.5000 ha/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
		Mano de Obra					
	47 00009	Peón	hh	4.000	64.0000	16.76	1,072.64
							1,072.64
		Equipo					
	37 00004	Herramientas manuales	%mo		3.0000	1,072.64	32.18
	49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 M3.	hm	1.000	16.0000	213.20	3,411.20
	49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 Yd3	hm	1.000	16.0000	277.00	4,432.00
							7,875.38
						Costo Unitario por ha:	8,948.02

Partida	08.01	Presupuesto COVID19				Rend:	1.0000 mes/día
	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Materiales						
	29 07373	Presupuesto COVID19	mes		1.0000	9,637.60	9,637.60
							9,637.60
						Costo Unitario por mes:	9,637.60



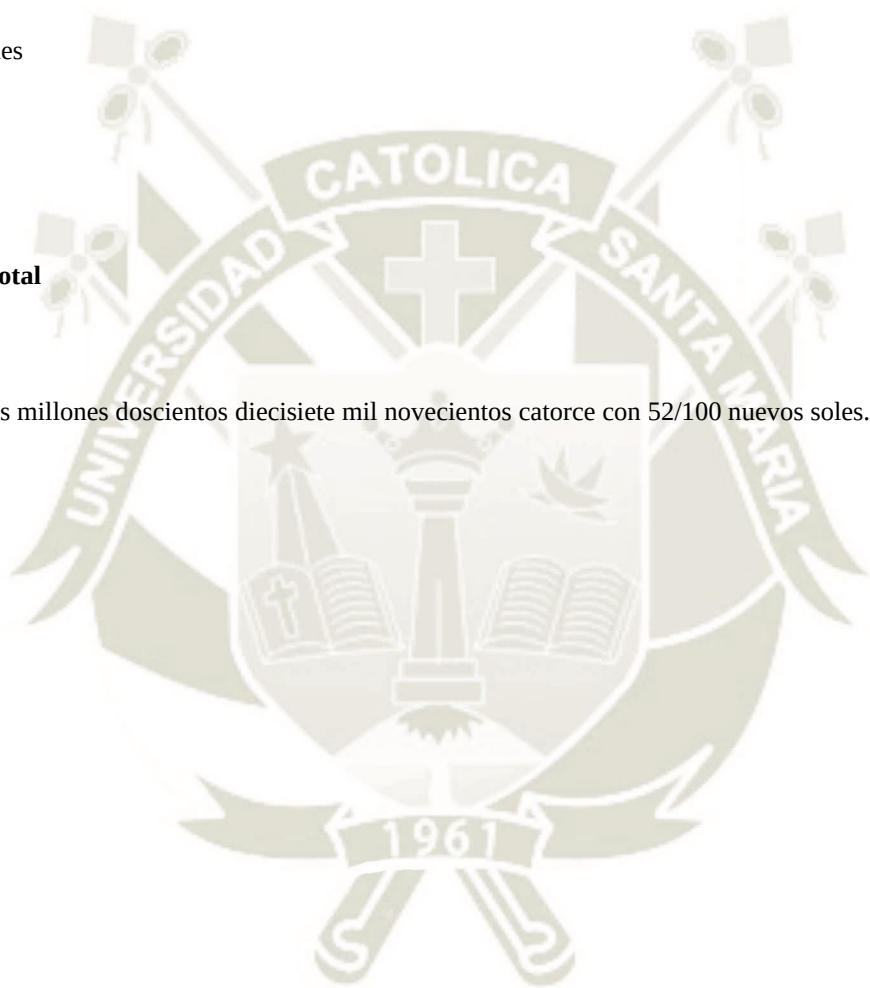
Anexo 19: Listado de Insumos

IU Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
<u>Mano de obra</u>					
47 00086	Topógrafo	hh	80.00	26.42	2,113.60
47 00007	Operario	hh	1,388.28	23.44	32,541.28
47 00008	Oficial	hh	1,575.31	18.53	29,190.49
47 00009	Peón	hh	12,718.80	16.76	213,167.09
47 07340	Mano de obra en manejo de residuos	est	0.40	1,840.00	736.00
					277,748.46
<u>Materiales</u>					
02 00093	Alambre negro N°16	kg	0.81	4.10	3.32
02 00018	Alambre negro N°8	kg	128.02	4.10	524.88
02 00022	Clavos con cabeza de 2 1/2", 3", 4"	kg	191.77	4.10	786.26
03 06859	Acero corrugado fy = 4200 kg/cm2, grado 60	kg	14.36	1.10	15.80
03 06206	Acero corrugado fy=4200 kg/cm2, grado 60	kg	15.00	4.50	67.50
21 07071	Cemento portland tipo IP (42.5 kg)	bol	1,853.53	22.88	42,408.77
29 07373	Presupuesto COVID19	mes	6.00	9,637.60	57,825.60
29 07343	Señalización de seguridad	mes	0.75	9,637.60	7,228.20
30 03361	Disolvente xiol	gln	0.18	60.47	10.88
30 01352	Yeso de 28 kg	bol	0.25	15.00	3.75
32 01385	Flete terrestre	est	1.00	4,400.45	4,400.45
37 07342	Herramientas para manejos de residuos	est	0.10	1,840.00	184.00
39 07341	Material para reciclado	est	0.50	1,840.00	920.00
43 00020	Madera tornillo	p2	1,318.27	2.46	3,242.94
48 07360	Equipo de comunicaciones	est	0.60	2,000.00	1,200.00
48 07361	Equipo de emergencias	est	0.40	2,000.00	800.00
50 07366	Tubería metálica corrugada circular d=0.60 m y/o 24"	m	215.53	285.33	61,497.17
50 07367	Tubería metálica corrugada circular d=0.90 m y/o 36"	m	42.40	387.03	16,410.07
50 07365	Tubería metálica corrugada circular d=1.20 m y/o 48"	m	14.88	586.87	8,732.63
50 07368	Tubería metálica corrugada circular d=1.50 m y/o 60"	m	14.15	822.97	11,645.03
54 07371	Pintura de transito	gln	0.72	60.47	43.54
54 00027	Pintura esmalte	gln	2.50	38.13	95.33
73 02358	Tubería PVC 1"	m	1.75	29.94	52.40
					218,098.52
<u>EQUIPO</u>					
29 07344	Señalización de seguridad	est	0.25	17,085.68	4,271.42
32 07021	Movilización y desmovilización de equipos	est	1.00	17,292.40	17,292.40
37 00004	Herramientas manuales	%mo			9,484.92
37 04980	Nivel topográfico	he	80.00	6.90	552.00
39 04624	Campamento/guardianía y/o depósito	glb	1.00	13,500.00	13,500.00
48 03181	Camión cisterna 4X2 (AGUA) 2,000 Gal.	hm	1,103.01	115.60	127,507.96
48 01579	Cizalla p/corte de fierro	hm	0.60	10.00	6.00
48 07099	Estación total inc. 2 prismas	hm	80.00	16.03	1,282.40
48 07338	Motobomba 12 HP 4"	hm	1,126.15	2.10	2,364.92
48 06866	Retroexcavadora sobre llantas 58 HP 1/2 yd3	hm	105.13	102.40	10,765.31
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	281.14	213.20	59,939.05
49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 yd3	hm	1,016.45	277.00	281,556.65
49 06200	Compactador vibratorio tipo plancha 4 HP	hm	682.15	16.60	11,323.69

49 00031	Mezcladora de conc. (tambor) 11 p3, 22 HP	hm	102.59	22.20	2,277.50
49 05740	Motoniveladora de 145-150 HP	hm	711.38	155.20	110,406.18
49 07337	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101 - 135 HP 10-12 ton	hm	711.03	101.40	72,098.44
49 07364	Tractor sobre oruga 190 - 240 HP	hm	1,175.60	239.50	281,556.20
49 00339	Vibrador de concreto 4 HP 1.5"	hm	102.38	5.00	511.90
49 01359	Zaranda mecánica	hm	75.13	15.00	1,126.95
					1,007,823.89

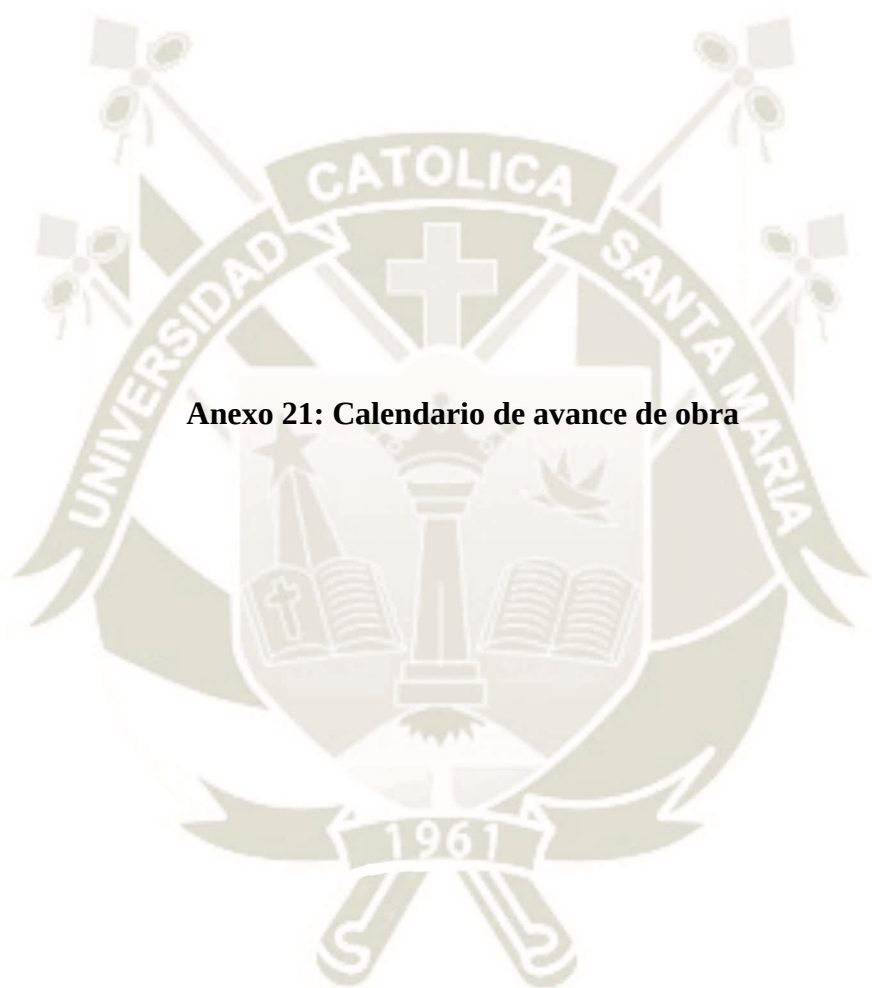
Costo directo		1,503,670.87
Gastos generales	20 %	300,734.17
Utilidad	5 %	75,183.54
Sub total		1,879,588.58
IGV	18%	338,325.94
Presupuesto total		2,217,914.52

Son: Dos millones doscientos diecisiete mil novecientos catorce con 52/100 nuevos soles.





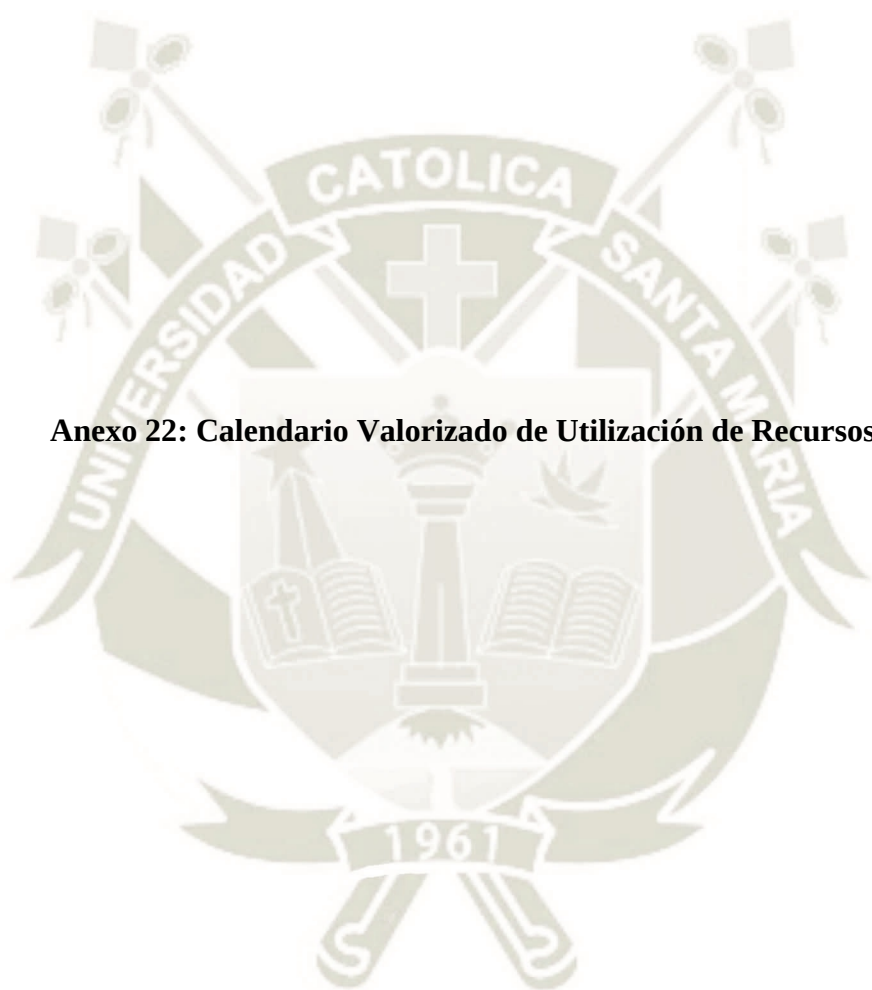
Anexo 20: Programación de obra



Anexo 21: Calendario de avance de obra

Ítem	Descripción	Unid	Medrado	Precio Unitario	Parcial	Plazo de ejecución						Total 180 días
						30 días	30 días	30 días	30 días	30 días	30 días	
01	<u>Obras preliminares</u>											
01.01	Campamento de obra /guardianía y/o deposito	glb	1.00	13,500.00	13,500.00	13,500.00	-	-	-	-	-	13,500.00
01.02	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	17,292.40	17,292.40	17,292.40	-	-	-	-	-	17,292.40
01.03	Topografía y georreferenciación	km	5.00	1,688.84	8,444.20	1,747.08	1,819.87	1,892.67	1,892.67	1,091.91	-	8,444.20
02	<u>Movimiento de tierras</u>											
02.01	Corte en material suelto	m3	66,604.59	3.22	214,466.78	61,276.22	109,421.83	43,768.73	-	-	-	214,466.78
02.02	Perfilado y compactado en zona de corte	m2	28,106.54	2.15	60,429.06	-	-	-	-	6,714.34	53,714.72	60,429.06
02.03	Préstamo de excedentes de corte											
02.03.01	Carguío	m3	66,604.59	3.77	251,099.30	32,854.11	58,668.06	61,014.79	61,014.79	37,547.55	-	251,099.30
02.03.02	Conformación de terraplenes	m3	70,094.63	5.01	351,174.10	-	-	85,285.14	130,436.09	125,419.32	10,033.54	351,174.10
02.04	Transporte de material para terraplén	m3	4,013.55	7.14	28,656.75	-	17,443.24	11,213.51	-	-	-	28,656.75
03	<u>Pavimento</u>											
03.01	Perfilado de la superficie con aporte de material											
03.01.01	Extracción y apilamiento en cantera	m3	8,203.13	4.08	33,468.77	-	-	-	-	33,468.77	-	33,468.77
03.01.02	Zarandeo y selección de material	m3	8,203.13	2.74	22,476.58	-	-	-	-	14,984.39	7,492.19	22,476.58
03.01.03	Carguío	m3	6,562.50	3.77	24,740.63	-	-	-	-	-	24,740.63	24,740.63
03.01.04	Transporte de afirmado	m3	6,562.50	5.27	34,584.38	-	-	-	-	-	34,584.38	34,584.38
03.01.05	Extendido y compactado	m2	38,021.01	0.96	36,500.17	-	-	-	-	-	36,500.17	36,500.17
03.01.06	Riego	m3	525.00	12.78	6,709.50	-	-	-	-	-	6,709.50	6,709.50
04	<u>Conservación de drenaje superficial</u>											
04.01	Excavaciones en terreno normal con cargador retroexcavador 1 yd3	m3	1,972.04	7.30	14,395.89	-	9,254.50	5,141.39	-	-	-	14,395.89
04.02	Relleno compactado con material propio	m3	852.75	89.11	75,988.55	-	-	37,110.69	38,877.86	-	-	75,988.55
04.03	Emboquillado de piedra (f'c=175 kg/cm2+30%PM)	m3	175.19	323.06	56,596.88	-	-	-	-	31,442.71	25,154.17	56,596.88
04.04	Concreto f'c=175 kg/cm2	m3	96.52	304.72	31,518.61	-	-	-	-	31,518.61	-	31,518.61
04.05	Encofrado y desencofrado	m2	634.97	26.35	16,731.46	-	-	-	11,154.31	5,577.15	-	16,731.46
04.06	Tubería metálica corrugada circular d=0.60 m	m	215.53	372.13	80,205.18	-	6,683.77	57,925.96	15,595.45	-	-	80,205.18
04.07	Tubería metálica corrugada circular d=0.90 m	m	42.40	491.19	20,826.46	-	-	2,314.05	18,512.41	-	-	20,826.46
04.08	Tubería metálica corrugada circular d=1.20 m	m	14.88	717.07	10,670.00	-	-	-	10,670.00	-	-	10,670.00
04.09	Tubería metálica corrugada circular d=1.50 m	m	14.15	996.57	14,101.47	-	-	-	14,101.47	-	-	14,101.47
05	<u>Transporte</u>											
05.01	Flete terrestre	glb	1.00	4,400.45	4,400.45	-	-	-	-	4,400.45	-	4,400.45

						Plazo de ejecución						
Ítem	Descripción	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial	30 días	30 días	30 días	30 días	30 días	30 días	Total 180 días
06	<u>Señalización</u>											
06.01	Conservación de postes de kilometraje	und	6.00	165.20	991.20	-	-	-	-	991.20	-	991.20
07	<u>Presupuesto ambiental</u>											
07.01	Programa de prevención y/o mitigación											
07.01.01	Manejo de residuos sólidos y líquidos	est	1.00	1,840.00	1,840.00	271.68	308.72	321.07	321.07	308.72	308.74	1,840.00
07.01.02	Señalización ambiental y seguridad laboral	est	1.00	11,499.62	11,499.62	1,697.93	1,929.47	2,006.65	2,006.65	1,929.47	1,929.45	11,499.62
07.02	Programa de contingencias											
07.02.01	Programa de contingencias	est	1.00	2,000.00	2,000.00	295.30	335.57	348.99	348.99	335.57	335.58	2,000.00
07.03	Programa de abandono de obra											
07.03.01	Recuperación ambiental de áreas afectadas	ha	0.06	8,948.02	536.88	-	-	-	-	-	536.88	536.88
08	<u>Presupuesto covid19</u>											
08.01	Presupuesto COVID19	mes	6.00	9,637.60	57,825.60	8,538.01	9,702.28	10,090.37	10,090.37	9,702.28	9,702.29	57,825.60
	Costo directo				1,503,670.87	137,472.73	215,567.31	318,434.02	315,022.13	305,432.44	211,742.24	1,503,670.87
	Gastos generales		20 %		300,734.17	27,494.55	43,113.46	63,686.80	63,004.43	61,086.49	42,348.45	300,734.17
	Utilidad		5 %		75,183.54	6,873.64	10,778.37	15,921.70	15,751.11	15,271.62	10,587.11	75,183.54
	Sub total				1,879,588.58	171,840.91	269,459.14	398,042.51	393,777.66	381,790.55	264,677.80	1,879,588.58
	IGV		18 %		338,325.94	30,931.36	48,502.64	71,647.65	70,879.98	68,722.30	47,642.00	338,325.94
	Presupuesto total				2,217,914.52	202,772.28	317,961.78	469,690.16	464,657.64	450,512.85	312,319.80	2,217,914.52
	Total acumulado					202,772.28	520,734.06	990,424.22	1,455,081.87	1,905,594.71	2,217,914.52	
	Porcentaje de avance					9.14%	14.34%	21.18%	20.95%	20.31%	14.08%	
	Porcentaje acumulado					9.14%	23.48%	44.66%	65.61%	85.92%	100.00%	



Anexo 22: Calendario Valorizado de Utilización de Recursos

Código	Descripción	Unid	Cantidad	Precio	Parcial	Plazo de ejecución						Total 180 días
						30 días	30 días	30 días	30 días	30 días	30 días	
	<u>Mano de obra</u>											
47 00086	Topógrafo	hh	80.00	26.42	2,113.60	437.30	455.52	473.74	473.74	273.30	-	2,113.60
47 00007	Operario	hh	1,388.28	23.44	32,541.28	-	279.73	10,329.03	14,744.03	5,728.58	1,459.91	32,541.28
47 00008	Oficial	hh	1,575.31	18.53	29,190.49	762.64	3,453.26	2,599.07	3,561.57	9,243.97	9,569.98	29,190.49
47 00009	Peón	hh	12,718.80	16.76	213,167.09	10,101.56	20,892.63	56,661.66	57,791.81	42,900.06	24,819.37	213,167.09
47 07340	Mano de obra en manejo de residuos	est	0.40	1,840.00	736.00	117.76	122.67	127.57	127.57	122.67	117.76	736.00
	<u>Materiales</u>											
02 00093	Alambre negro N°16	kg	0.81	4.10	3.32	-	-	-	-	3.32	-	3.32
02 00018	Alambre negro N°8	kg	128.02	4.10	524.88	-	-	-	346.61	178.27	-	524.88
02 00022	Clavos con cabeza de 2 1/2", 3", 4"	kg	191.77	4.10	786.26	0.02	0.02	0.02	520.70	265.50	-	786.26
03 06859	Acero corrugado fy = 4200 kg/cm2 grado 60	kg	14.36	1.10	15.80	-	-	-	-	15.80	-	15.80
03 06206	Acero corrugado fy =4200 kg/cm2 grado 60	kg	15.00	4.50	67.50	13.97	14.55	15.13	15.13	8.72	-	67.50
21 07071	Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bol	1,853.53	22.88	42,408.77	-	-	-	-	31,896.11	10,512.66	42,408.77
29 07373	Presupuesto COVID19	mes	6.00	9,637.60	57,825.60	9,314.19	9,702.28	10,090.37	10,090.37	9,702.28	8,926.11	57,825.60
29 07343	Señalización de seguridad	mes	0.75	9,637.60	7,228.20	1,156.51	1,204.70	1,252.89	1,252.89	1,204.70	1,156.51	7,228.20
30 03361	Disolvente xiol	gln	0.18	60.47	10.88	-	-	-	-	10.88	-	10.88
30 01352	Yeso de 28 kg	bol	0.25	15.00	3.75	0.78	0.81	0.84	0.84	0.48	-	3.75
32 01385	Flete terrestre	est	1.00	4,400.45	4,400.45	-	4,400.45	-	-	-	-	4,400.45
37 07342	Herramientas para manejos de residuos	est	0.10	1,840.00	184.00	29.44	30.67	31.89	31.89	30.67	29.44	184.00
39 04624	Campamento/guardianía y/o deposito	glb	1.00	13,500.00	13,500.00	13,500.00	-	-	-	-	-	13,500.00
39 07341	Material para reciclado	est	0.50	1,840.00	920.00	147.20	153.33	159.47	159.47	153.33	147.20	920.00
43 00020	Madera tornillo	p2	1,318.27	2.46	3,242.94	25.45	26.51	29.09	2,025.61	1,136.28	-	3,242.94
48 07360	Equipo de comunicaciones	est	0.60	2,000.00	1,200.00	192.00	200.00	208.00	208.00	200.00	192.00	1,200.00
48 07361	Equipo de emergencias	est	0.40	2,000.00	800.00	128.00	133.33	138.67	138.67	133.33	128.00	800.00
50 07366	Tubería metálica corrugada circular d=0.60 m y/o 24"	m	215.53	285.33	61,497.17	-	5,124.76	44,414.62	11,957.79	-	-	61,497.17
50 07367	Tubería metálica corrugada circular d=0.90 m y/o 36"	m	42.40	387.03	16,410.07	-	-	1,823.34	14,586.73	-	-	16,410.07
50 07365	Tubería metálica corrugada circular d=1.20 m y/o 48"	m	14.88	586.87	8,732.63	-	-	-	8,732.63	-	-	8,732.63
50 07368	Tubería metálica corrugada circular d=1.50 m y/o 60"	m	14.15	822.97	11,645.03	-	-	-	11,645.03	-	-	11,645.03
54 07371	Pintura de transito	gln	0.72	60.47	43.54	-	-	-	-	43.54	-	43.54
54 00027	Pintura esmalte	gln	2.50	38.13	95.33	19.72	20.55	21.37	21.37	12.32	-	95.33
73 02358	Tubería PVC 1"	m	1.75	29.94	52.40	-	-	-	-	29.00	23.40	52.40
	<u>Equipo</u>											
29 07344	Señalización de seguridad	est	0.25	17,085.68	4,271.42	683.43	711.90	740.38	740.38	711.90	683.43	4,271.42

						Plazo de ejecución						
Código	Descripción	Unid	Cantidad	Precio	Parcial	30 días	30 días	30 días	30 días	30 días	30 días	Total 180 días
32 07021	Movilización y desmovilización de equipos	est	1.00	17,292.40	17,292.40	8,646.20	-	-	-	-	8,646.20	17,292.40
37 00004	Herramientas manuales	%mo			9,484.92	316.20	747.33	2,242.57	2,648.97	1,901.99	1,627.86	9,484.92
37 04980	Nivel topográfico	he	80.00	6.90	552.00	114.21	118.97	123.72	123.72	71.38	-	552.00
48 03181	Camión cisterna 4X2 (agua) 2,000 gal.	hm	1,103.01	115.60	127,507.96	-	-	20,790.86	32,082.88	35,197.20	39,437.02	127,507.96
48 01579	Cizalla p/corte de hierro	hm	0.60	10.00	6.00	-	-	-	-	6.00	-	6.00
48 07099	Estación total inc. 2 prismas	hm	80.00	16.03	1,282.40	265.32	276.38	287.43	287.43	165.84	-	1,282.40
48 07338	Motobomba 12 HP 4"	hm	1,126.15	2.10	2,364.92	-	-	405.64	568.36	660.21	730.71	2,364.92
48 06866	Retroexcavadora sobre llantas 58 HP 1/2 yd3	hm	105.13	102.40	10,765.31	-	6,921.87	3,845.49	-	-	-	10,765.31
49 07100	Camión volquete 6x4, 330HP 15 m3.	hm	281.14	213.20	59,939.05	-	24,032.66	15,449.56	-	1,214.88	19,241.95	59,939.05
49 07369	Cargador sobre/orugas 245 HP 4.0-6.0 yd3	hm	1,016.45	277.00	281,556.65	30,995.75	54,540.72	57,563.54	57,563.54	50,344.46	30,548.64	281,556.65
49 06200	Compactador vibratorio tipo plancha 4 HP	hm	682.15	16.60	11,323.69	-	-	5,530.58	5,793.11	-	-	11,323.69
49 00031	Mezcladora de conc. (tambor) 11 p3, 22 HP	hm	102.59	22.20	2,277.50	-	-	-	-	1,586.30	691.20	2,277.50
49 05740	Motoniveladora de 145-150 HP	hm	711.38	155.20	110,406.18	-	-	20,149.76	31,875.90	32,320.53	26,059.99	110,406.18
49 07337	Rodillo liso vibratorio autop. 101 - 135 HP 10-12 ton	hm	711.03	101.40	72,098.44	-	-	13,516.64	20,118.85	21,087.32	17,375.63	72,098.44
49 07364	Tractor sobre oruga 190 - 240 HP	hm	1,175.60	239.50	281,556.20	52,003.57	93,649.23	54,115.24	24,849.62	54,083.59	2,854.95	281,556.20
49 00339	Vibrador de concreto 4 HP 1.5"	hm	102.38	5.00	511.90	-	-	-	-	356.17	155.73	511.90
49 01359	Zaranda mecánica	hm	75.13	15.00	1,126.95	-	-	-	-	759.33	367.62	1,126.95
	Costo directo				1,503,670.87	137,472.73	215,567.31	318,434.02	315,022.13	305,432.44	211,742.24	1,503,670.87
	Gastos generales		20 %		300,734.17	27,494.55	43,113.46	63,686.80	63,004.43	61,086.49	42,348.45	300,734.17
	Utilidad		5 %		75,183.54	6,873.64	10,778.37	15,921.70	15,751.11	15,271.62	10,587.11	75,183.54
	Sub total				1,879,588.58	171,840.91	269,459.14	398,042.51	393,777.66	381,790.55	264,677.80	1,879,588.58
	IGV		18 %		338,325.94	30,931.36	48,502.64	71,647.65	70,879.98	68,722.30	47,642.00	338,325.94
	Presupuesto total				2,217,914.52	202,772.28	317,961.78	469,690.16	464,657.64	450,512.85	312,319.80	2,217,914.52
	Total acumulado					202,772.28	520,734.06	990,424.22	1,455,081.87	1,905,594.71	2,217,914.52	
	Porcentaje de avance					9.14%	14.34%	21.18%	20.95%	20.31%	14.08%	
	Porcentaje acumulado					9.14%	23.48%	44.66%	65.61%	85.92%	100.00%	

PLANOS

Plano 1: Plano de ubicación PU-01

Plano 2: Plano clave PC-01

Plano 3: Mapa geológico MG-01

Plano 4: Ubicación cantera N°1 UC-01

Plano 5: Ubicación cantera N°2 UC-02

Plano 6: Localización de Microcuencas LM-01

Plano 7: Localización de Microcuencas LM-02

Plano 8: Localización de Microcuencas LM-03

Plano 9: Localización de Microcuencas LM-04

Plano 10: Localización de Microcuencas LM-05

Plano 11: Plano en planta y perfil PP-01

Plano 12: Plano en planta y perfil PP-02

Plano 13: Plano en planta y perfil PP-03

Plano 14: Plano en planta y perfil PP-04

Plano 15: Plano en planta y perfil PP-05

Plano 16: Planos de Secciones Transversales ST

Plano 17: Diagrama de Movimiento de Masas DM-01

Plano 18: Obras de arte y drenaje OAD-01

Plano 19: Obras de arte y drenaje OAD-02

Plano 20: Obras de arte y drenaje OAD-03

Plano 21: Obras de arte y drenaje OAD-04

Plano 22: Obras de arte y drenaje OAD-05

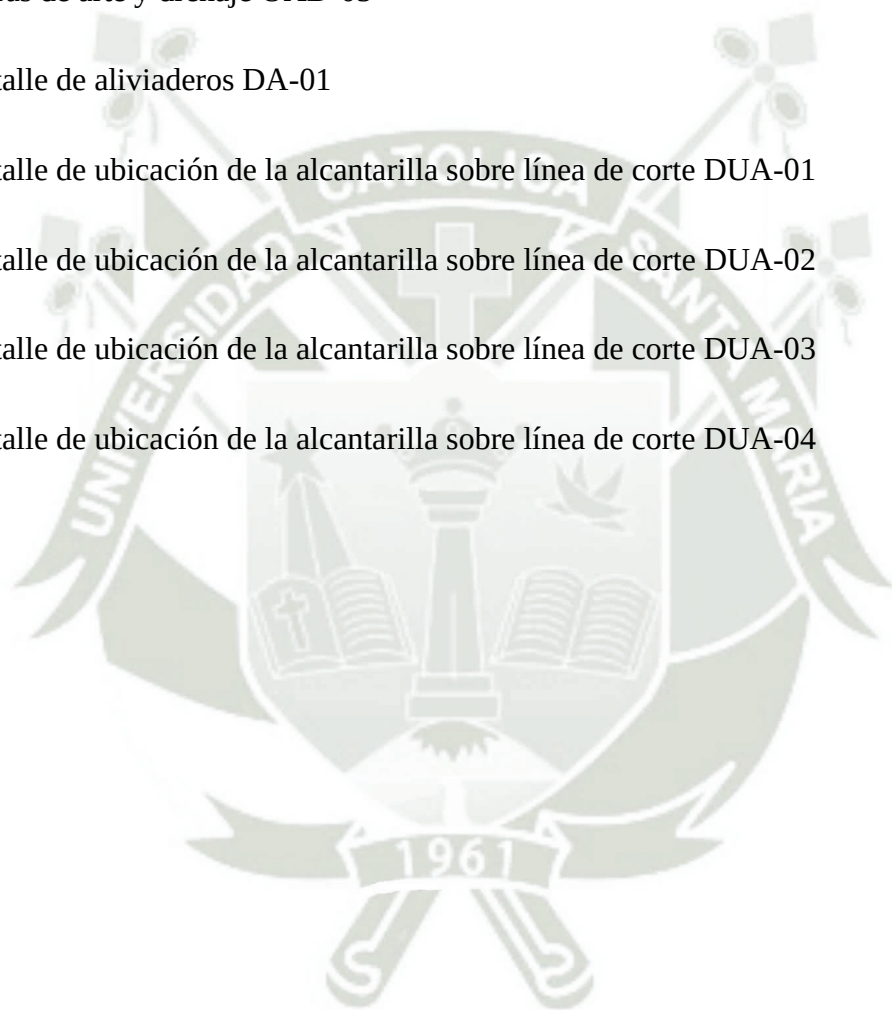
Plano 23: Detalle de aliviaderos DA-01

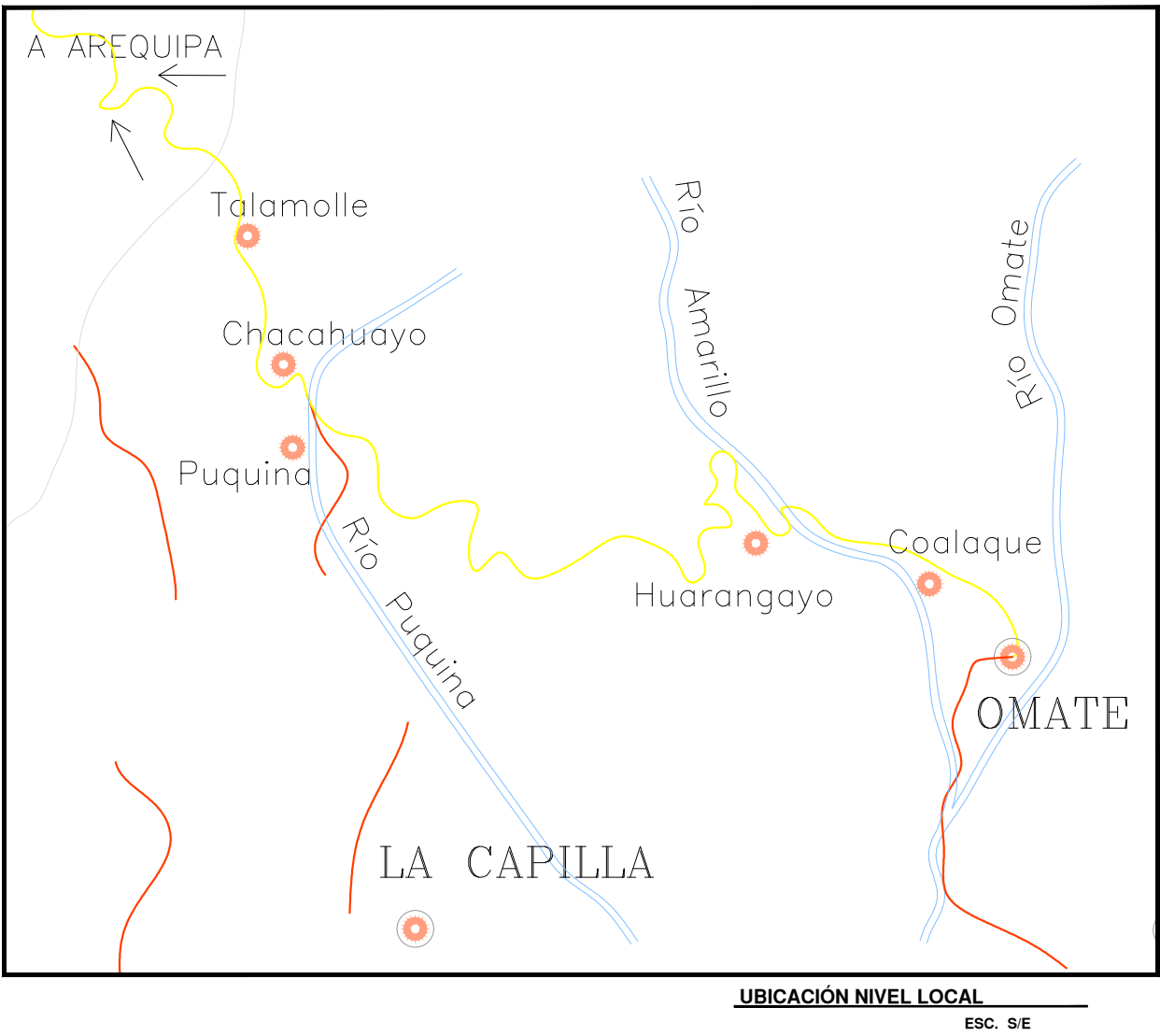
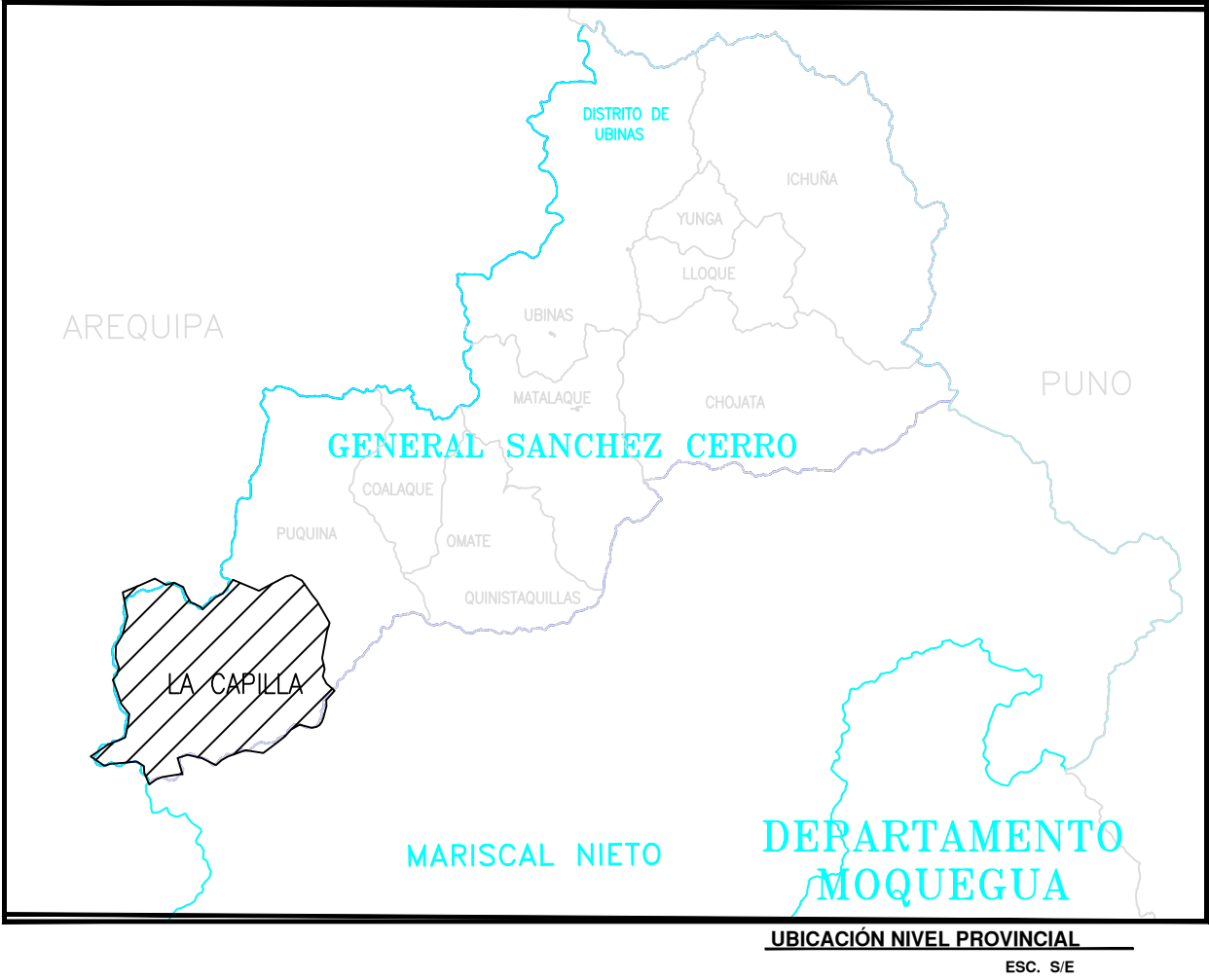
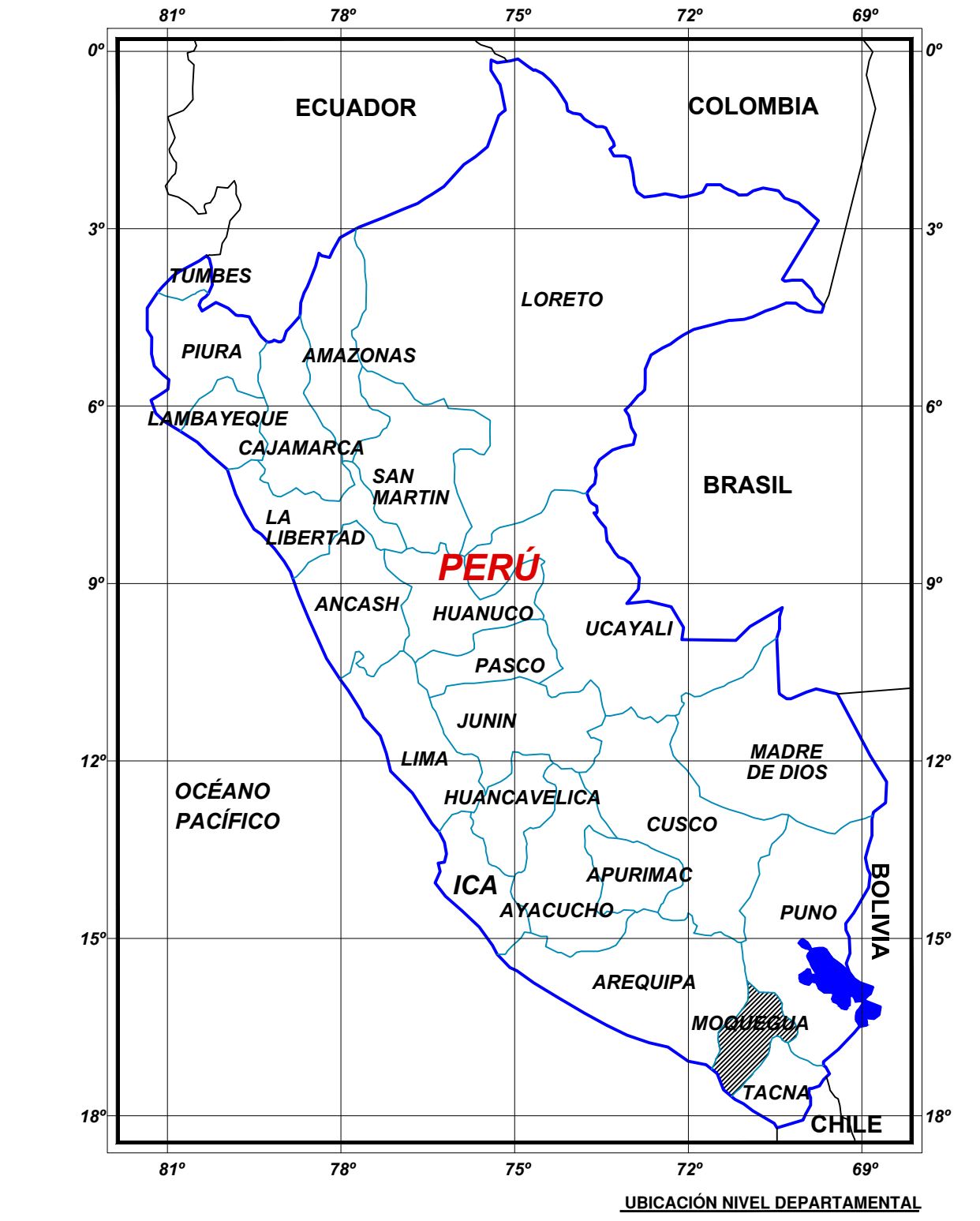
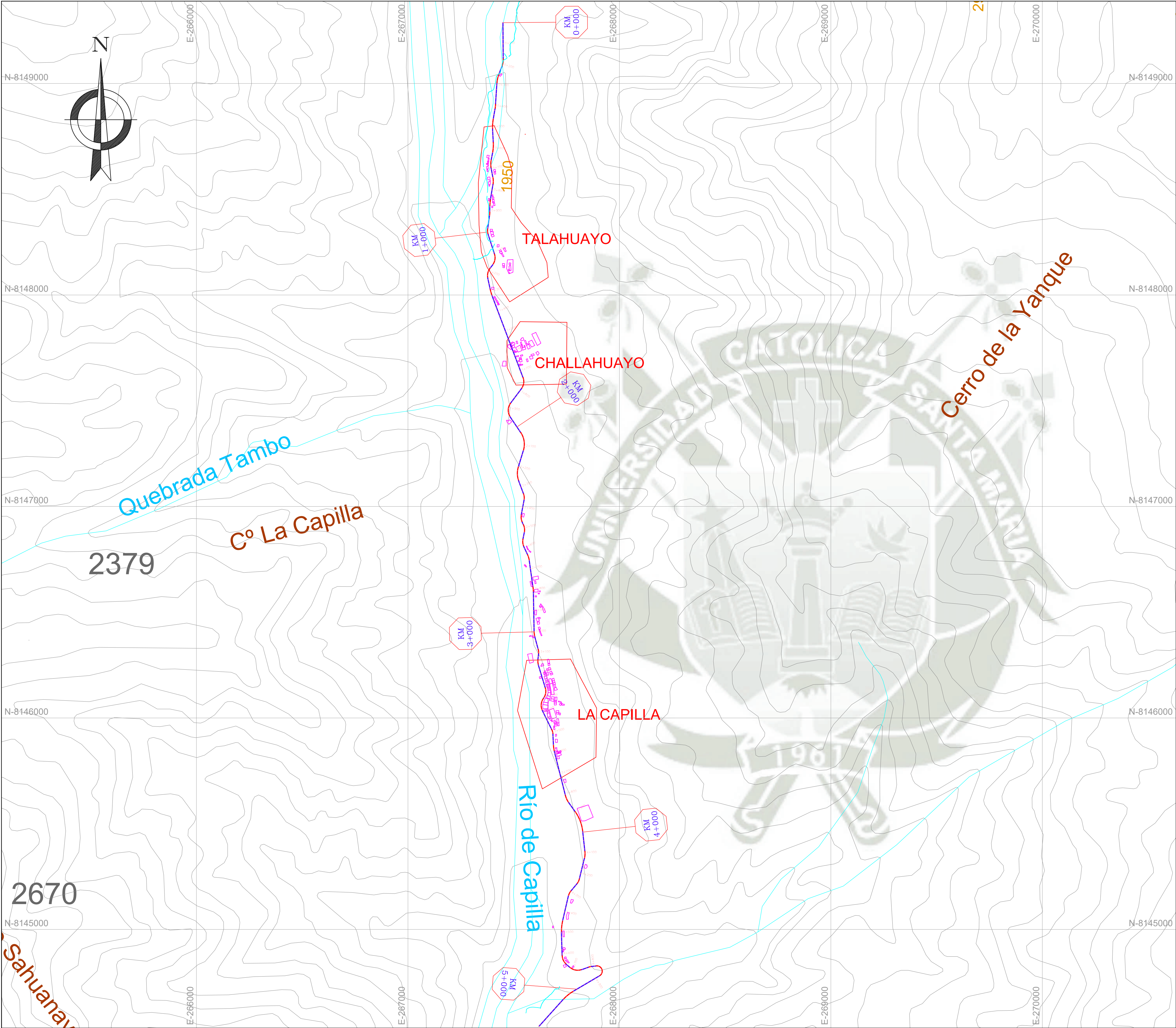
Plano 24: Detalle de ubicación de la alcantarilla sobre línea de corte DUA-01

Plano 25: Detalle de ubicación de la alcantarilla sobre línea de corte DUA-02

Plano 26: Detalle de ubicación de la alcantarilla sobre línea de corte DUA-03

Plano 27: Detalle de ubicación de la alcantarilla sobre línea de corte DUA-04





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



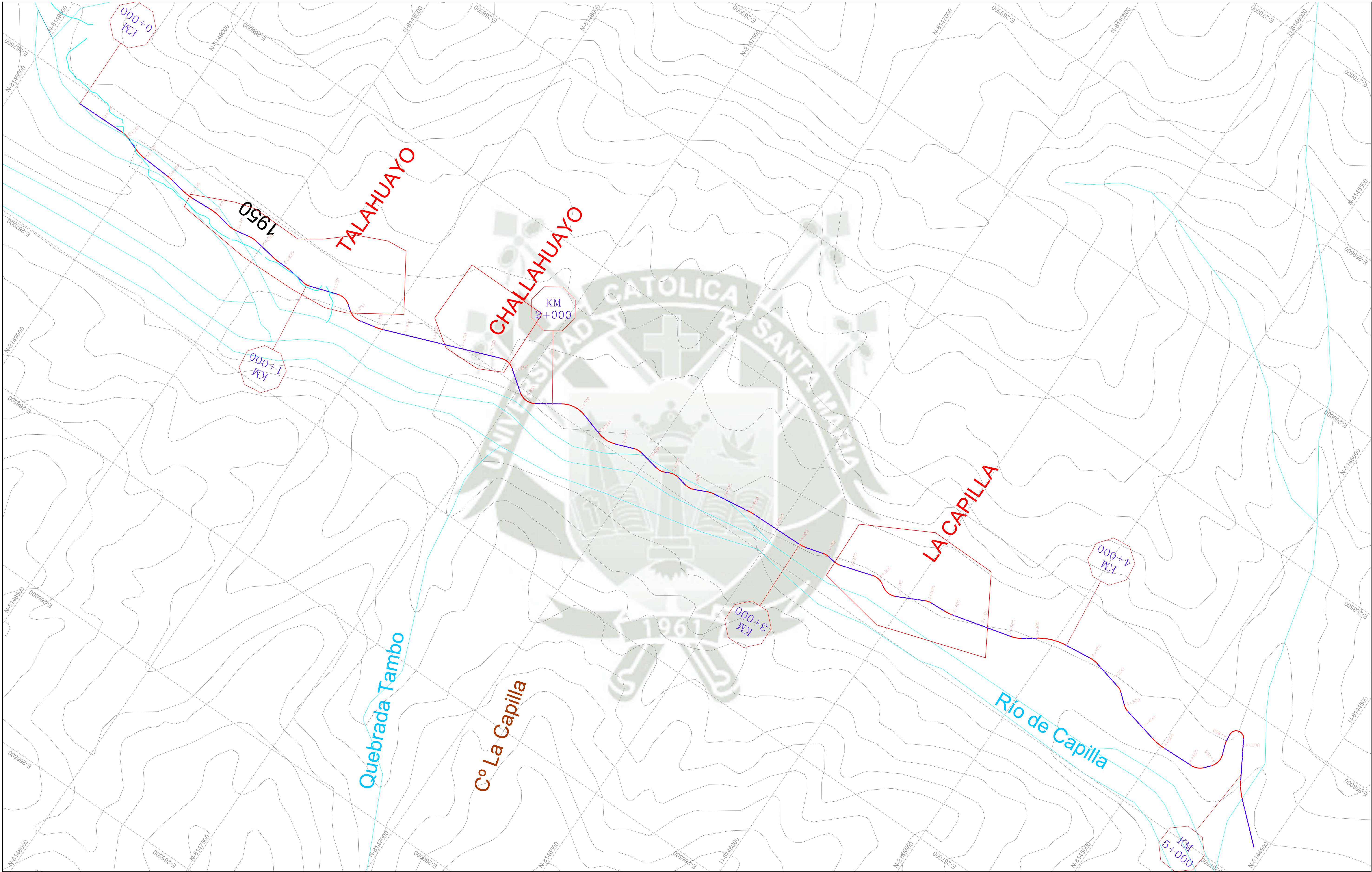
TESIS:

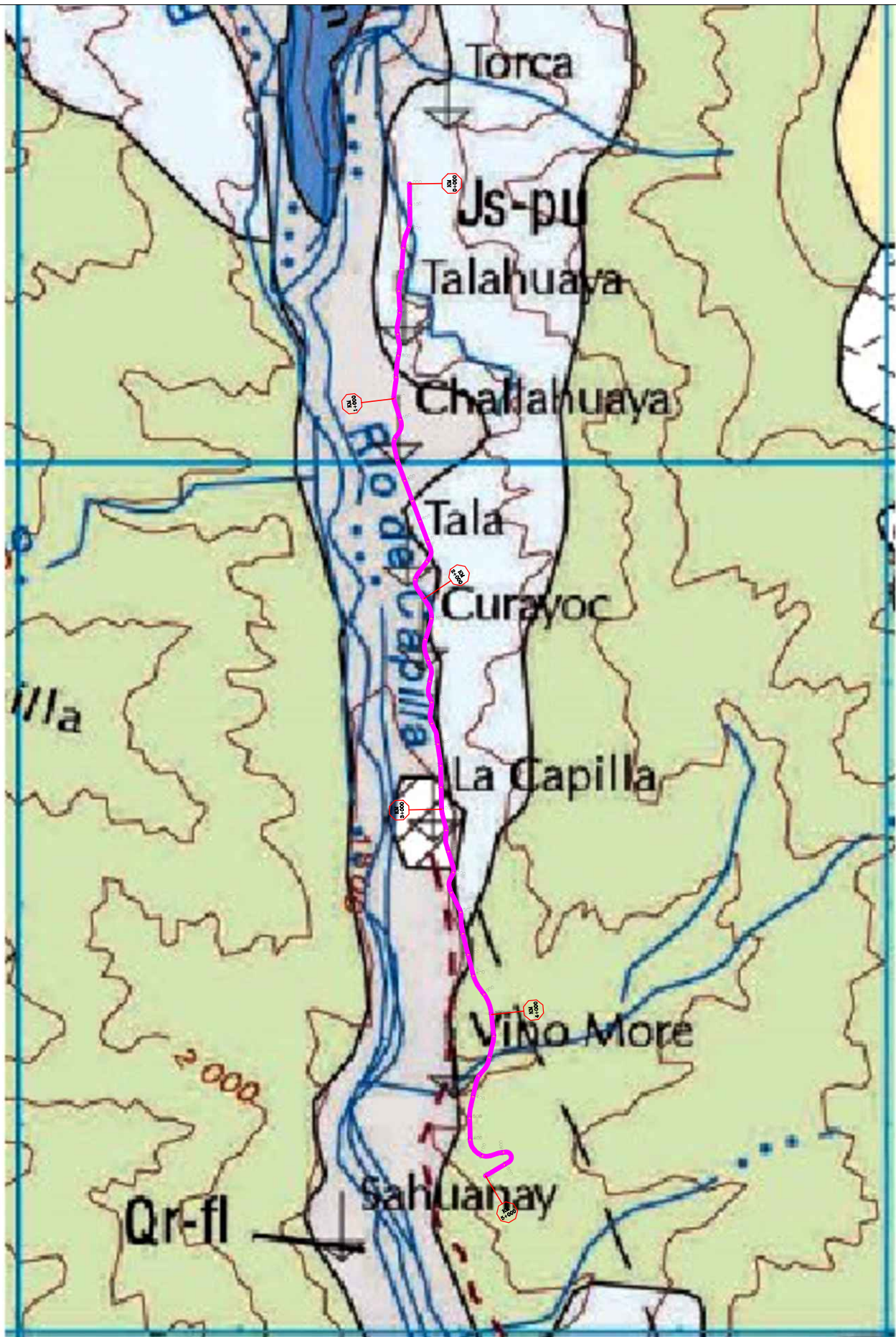
"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER:	ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS
DEPARTAMENTO:	MOQUEGUA
PROVINCIA:	GENERAL SÁNCHEZ CERRO
DISTRITO:	LA CAPILLA

PLANO DE UBICACIÓN

ESCALA:	INDICADA
FECHA:	septiembre 2020
PLANO:	PU-01





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:
"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYA-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER: ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

PROVINCIA: GENERAL SÁNCHEZ CERRO

DISTRITO: LA CAPILLA

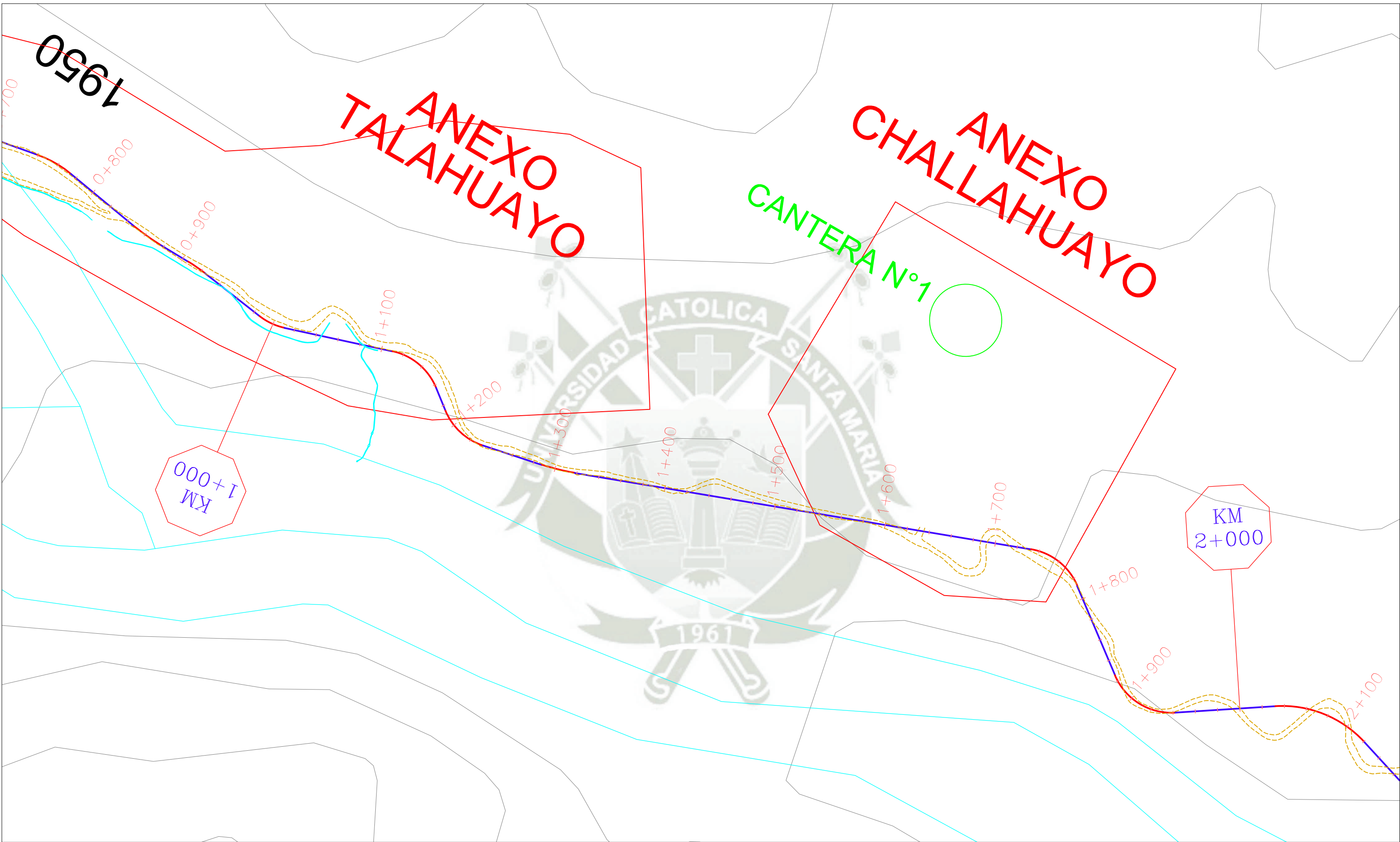
PLANO:

MAPA GEOLÓGICO A LO LARGO DE LA CARRETERA

ESCALA: 1:25000

FECHA: AGOSTO 2020

PLANO: MG-01



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y
DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:
"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A
NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512,
TRAMO TALA HUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL
KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA
GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER: ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

PROVINCIA: GENERAL SÁNCHEZ CERRO

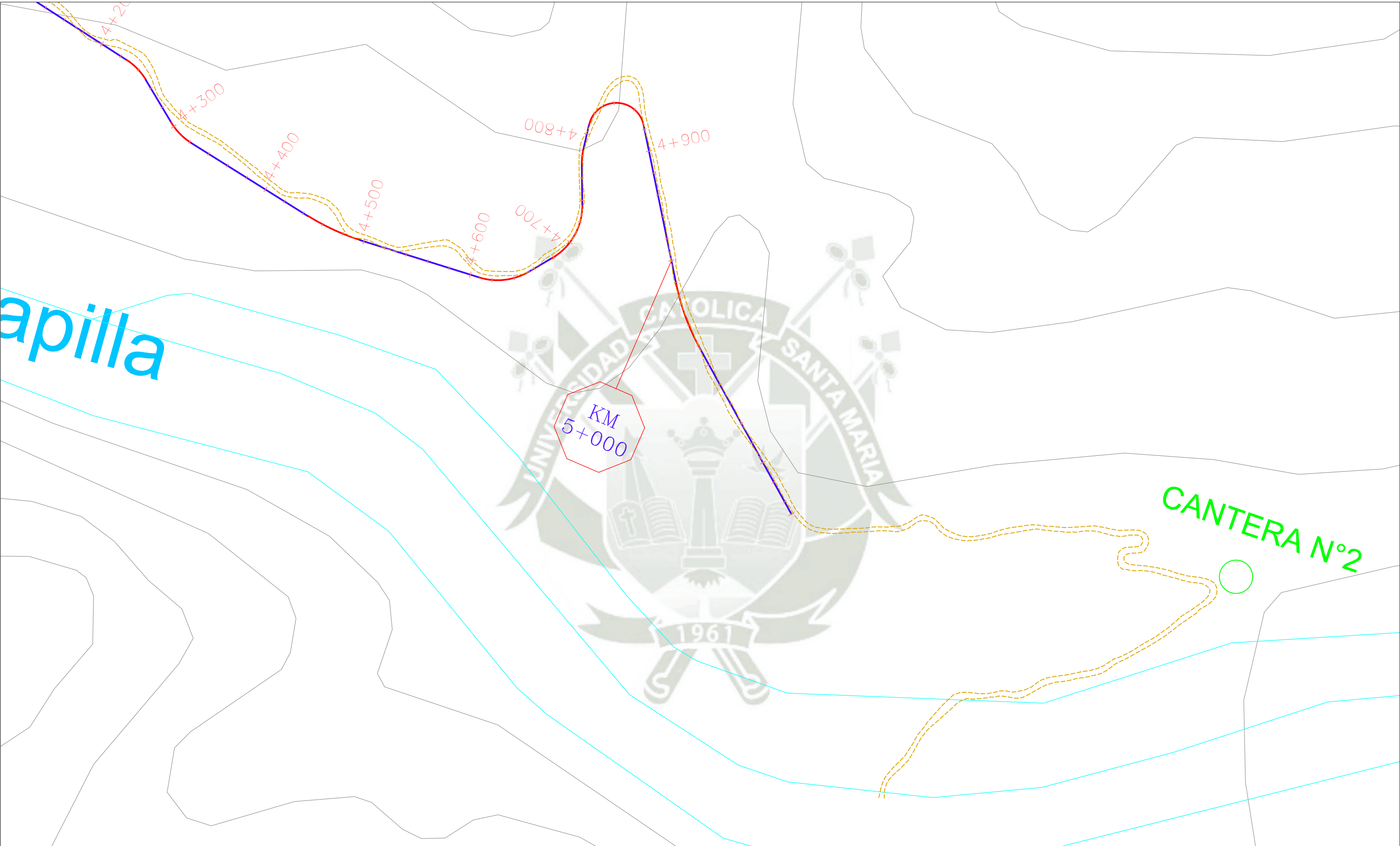
DISTRITO: LA CAPILLA

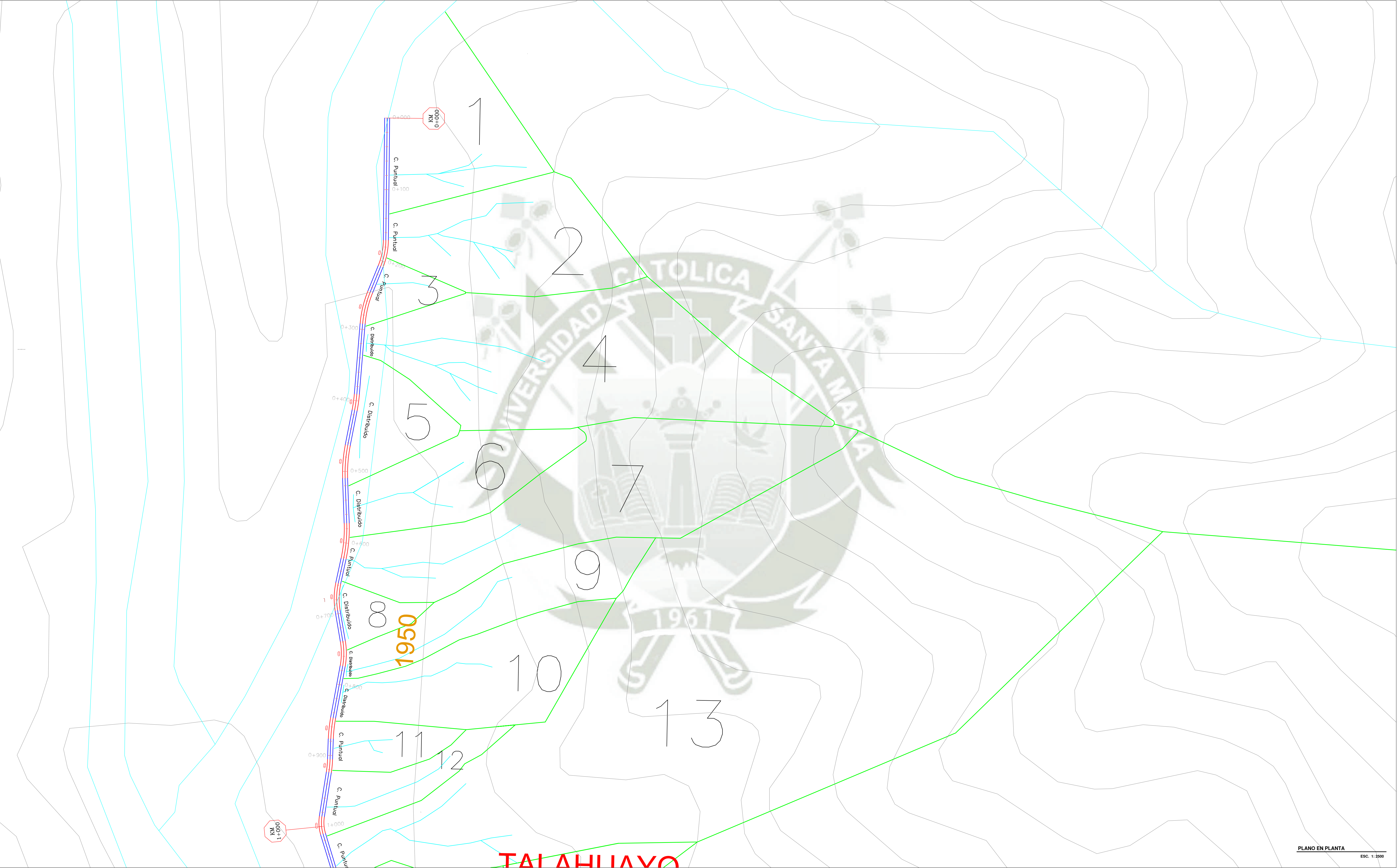
PLANO:
UBICACIÓN DE LA CANTERA N°1
CANTERA CHALLA HUAYO

ESCALA: 1:3000

FECHA: AGOSTO 2020

PLANO:
UC-01





PLANO EN PLANTA
ESC. 1: 2000

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y
DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

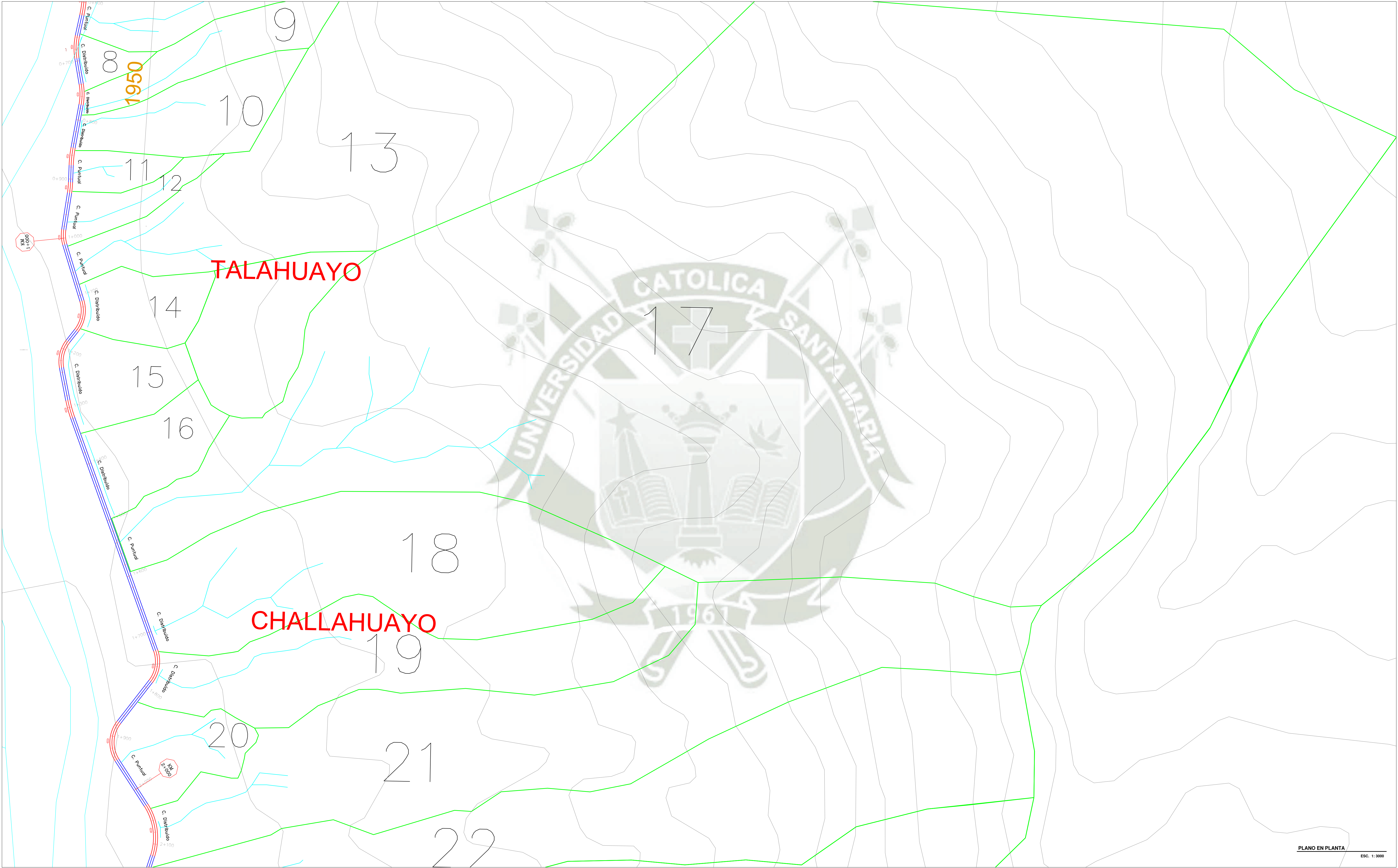


TESIS:
"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A
NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512,
TRAMO TALA HUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL
KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA
GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER:	ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS
DEPARTAMENTO:	MOQUEGUA
PROVINCIA:	GENERAL SÁNCHEZ CERRO
DISTRITO:	LA CAPILLA

PLANO:
LOCALIZACIÓN DE MICROCUENCAS
KM 18+000 @ KM 19+000

ESCALA:	INDICADA
FECHA:	AGOSTO 2020
PLANO:	LM-01



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE



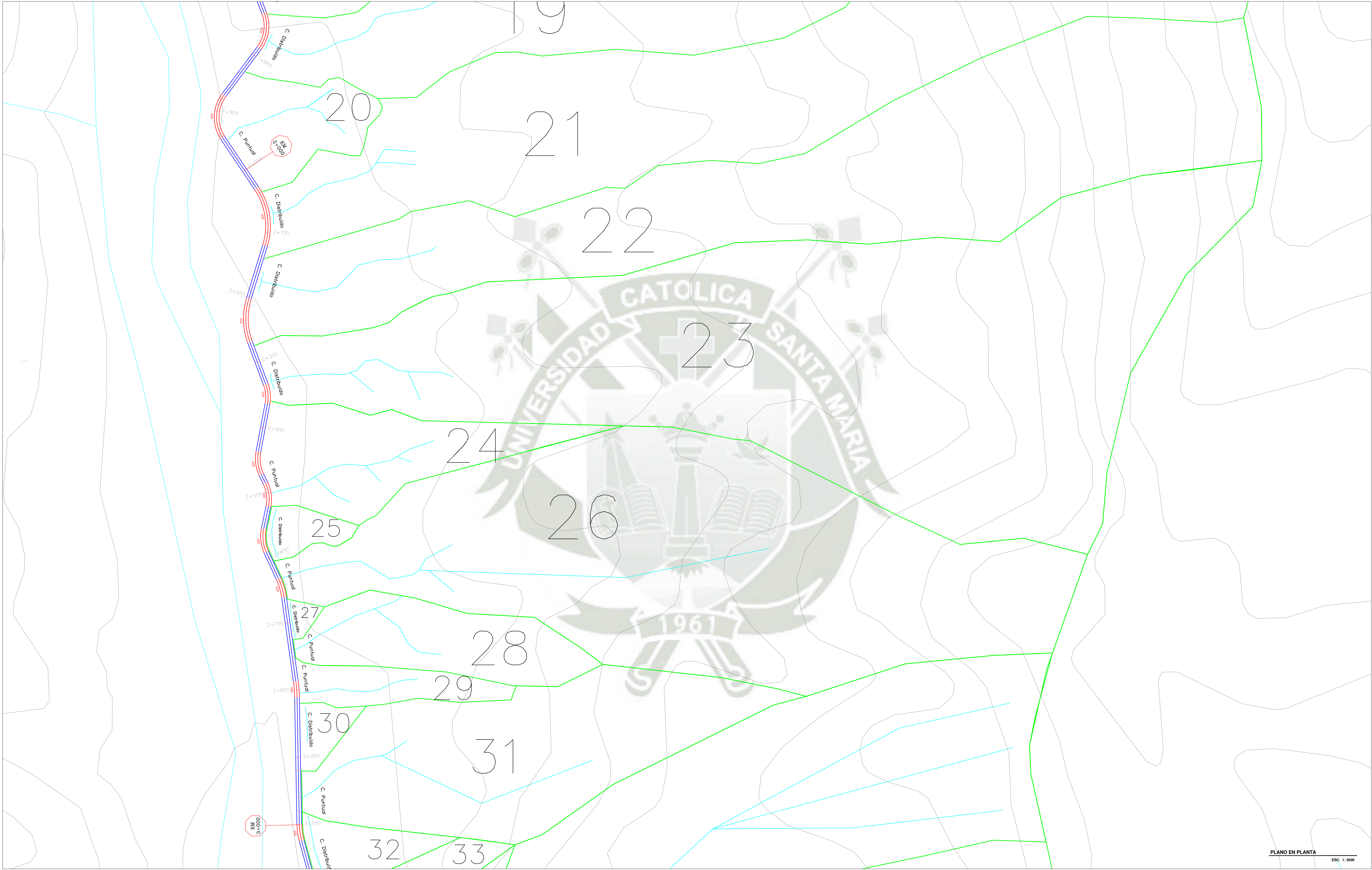
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

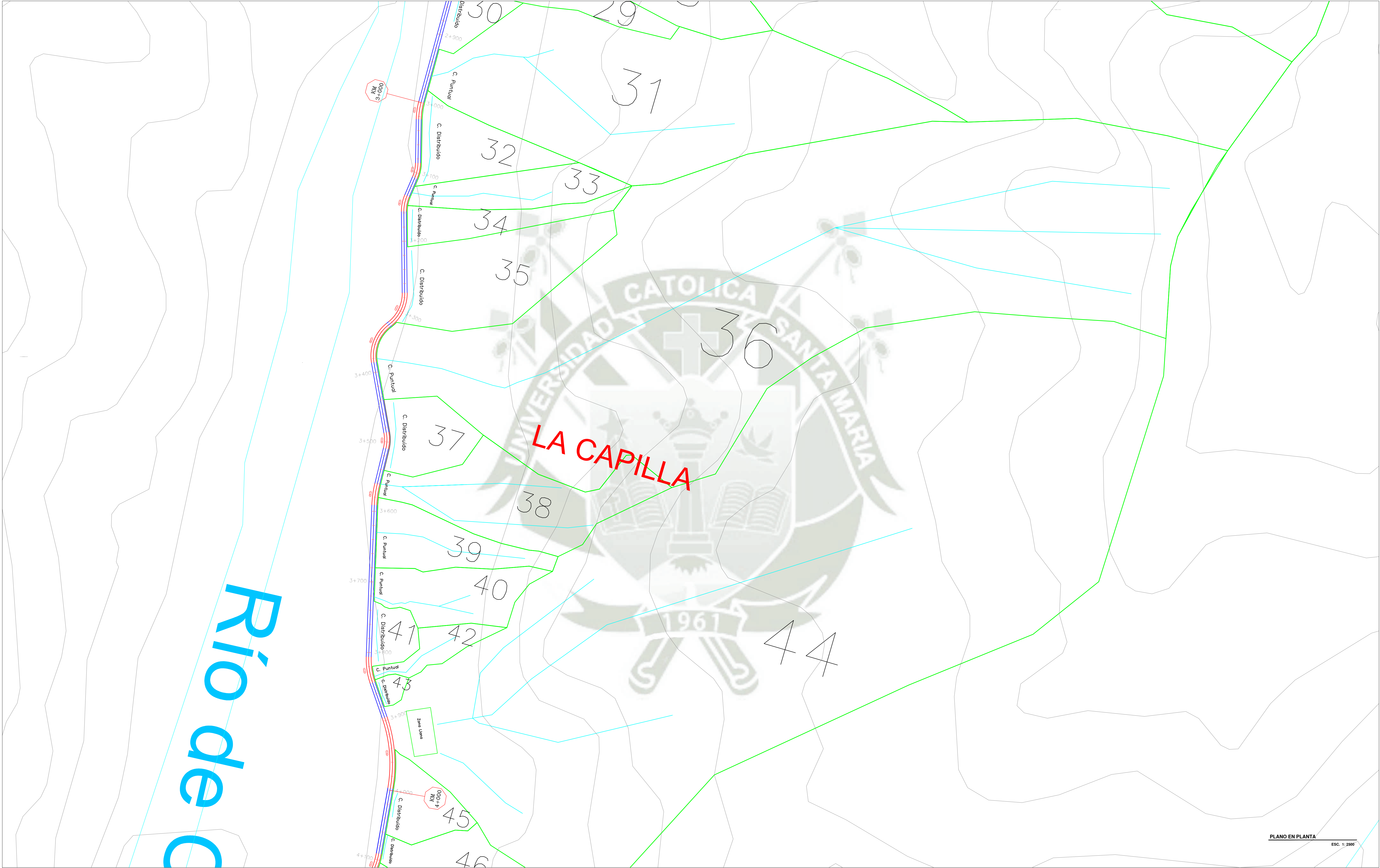
TESIS:
"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

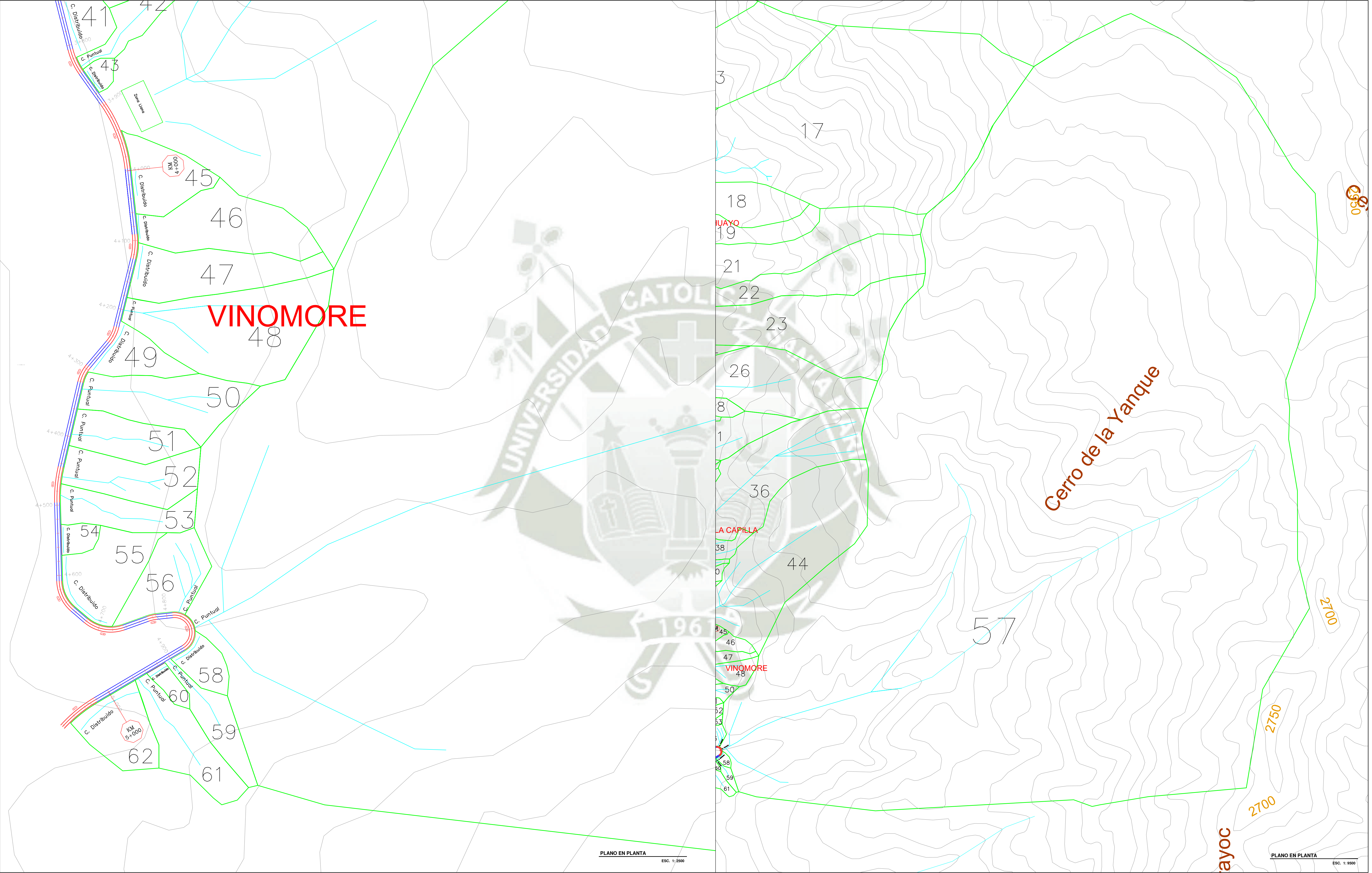
BACHILLER:	ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS
DEPARTAMENTO:	MOQUEGUA
PROVINCIA:	GENERAL SÁNCHEZ CERRO
DISTRITO:	LA CAPILLA

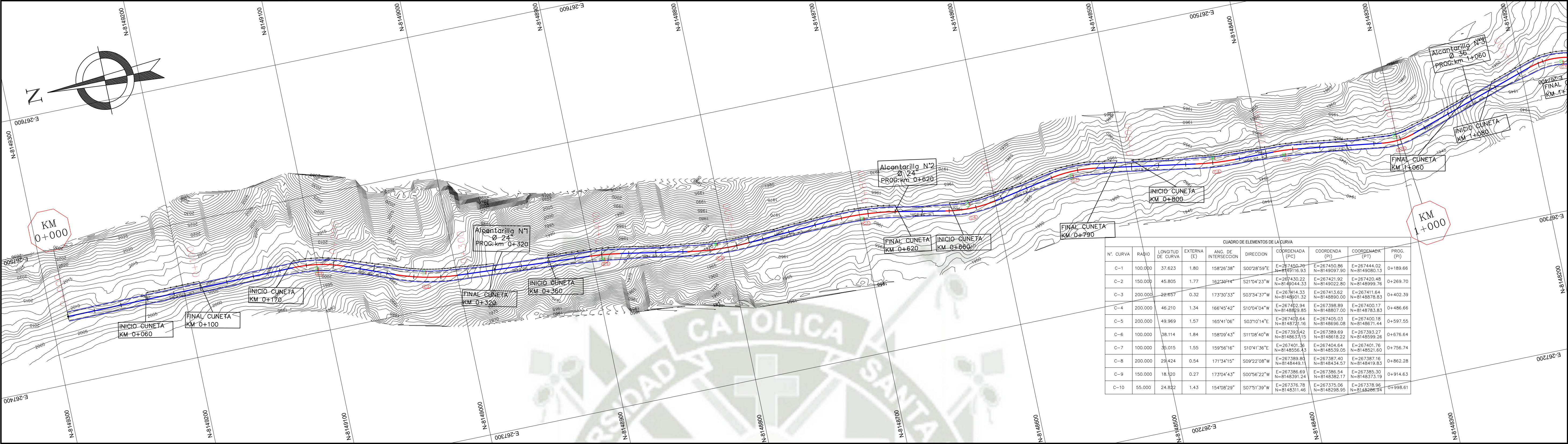
PLANO:
LOCALIZACIÓN DE MICROCUENCAS
KM 19+000 @ KM 20+000

ESCALA:	INDICADA
FECHA:	AGOSTO 2020
PLANO:	LM-02



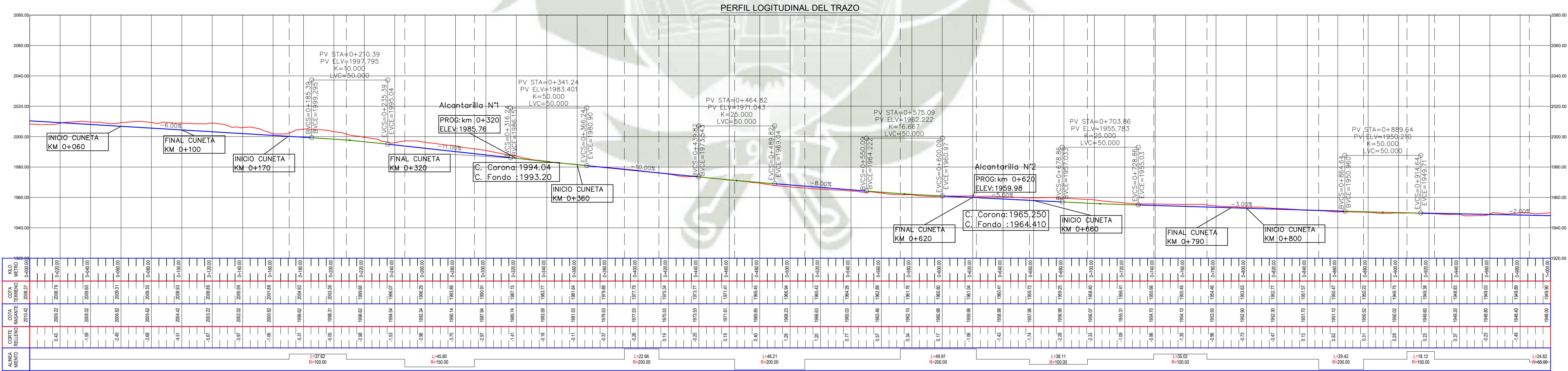






PLANO EN PLANTA

ESC. 1: 1500

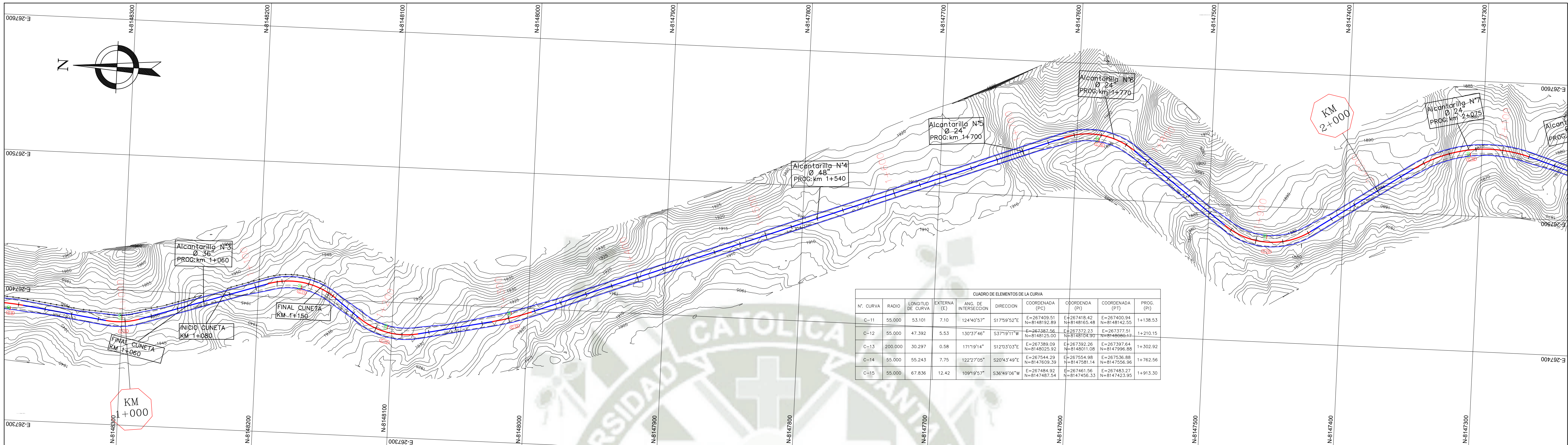


PERFIL LONGITUDINAL

ESC. H: 1: 1500

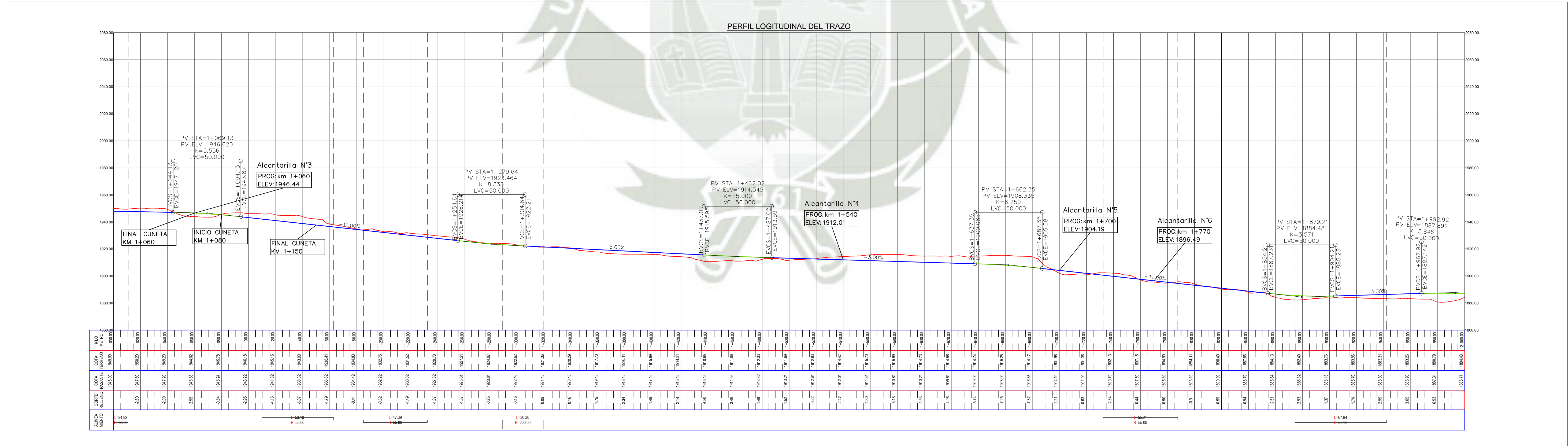
ESC. V: 1: 1500





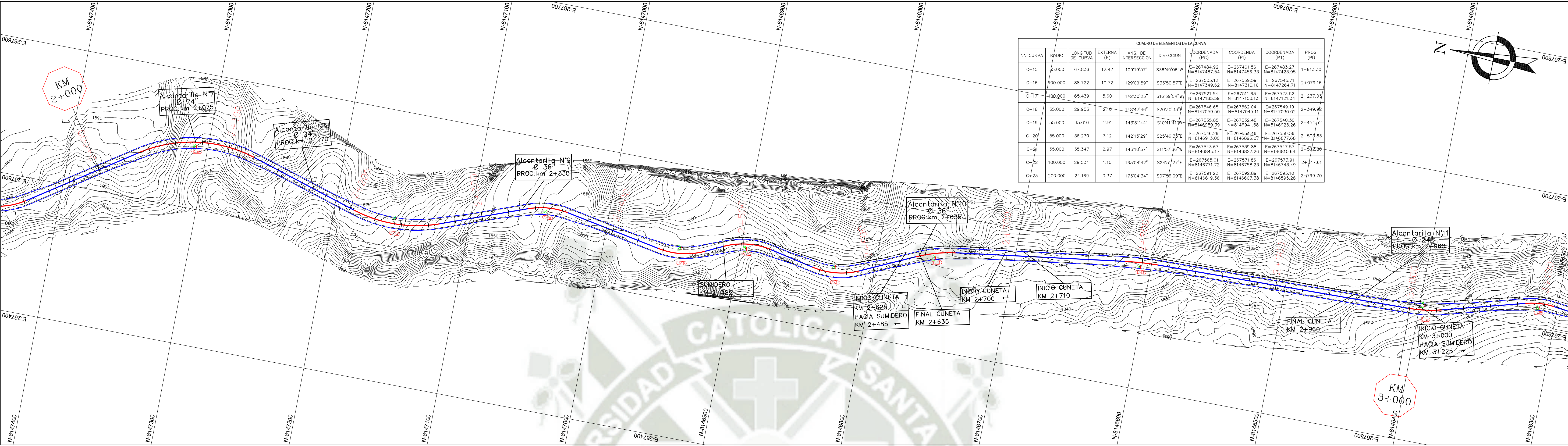
CUADRO DE ELEMENTOS DE LA CURVA								
N° CURVA	RADIO	LONGITUD DE CURVA	EXTERNA (E)	ANG. DE INTERSECCION	DIRECCION	COORDENADA (PC)	COORDENADA (PI)	COORDENADA (PT)
C-11	55.000	53.101	7.10	124°40'57"	S17°59'52"E	E=267409.51 N=814819.29	E=267418.42 N=814816.48	E=267400.94 N=814812.55
C-12	55.000	47.392	5.53	130°37'46"	S37°19'11"W	E=267387.56 N=814812.55	E=267372.23 N=814804.90	E=267377.51 N=814806.12
C-13	200.000	30.297	0.58	171°19'14"	S12°03'03"E	E=267380.08 N=814802.92	E=267392.26 N=814801.08	E=267397.84 N=814799.88
C-14	55.000	55.243	7.75	122°27'05"	S20°43'49"E	E=267544.29 N=814762.39	E=267554.98 N=814758.14	E=267536.88 N=814756.96
C-15	55.000	67.836	12.42	109°19'57"	S36°49'08"W	E=267484.93 N=814749.54	E=267481.56 N=814745.33	E=267483.27 N=814743.95

PLANO EN PLANTA
ESC. 1: 1500

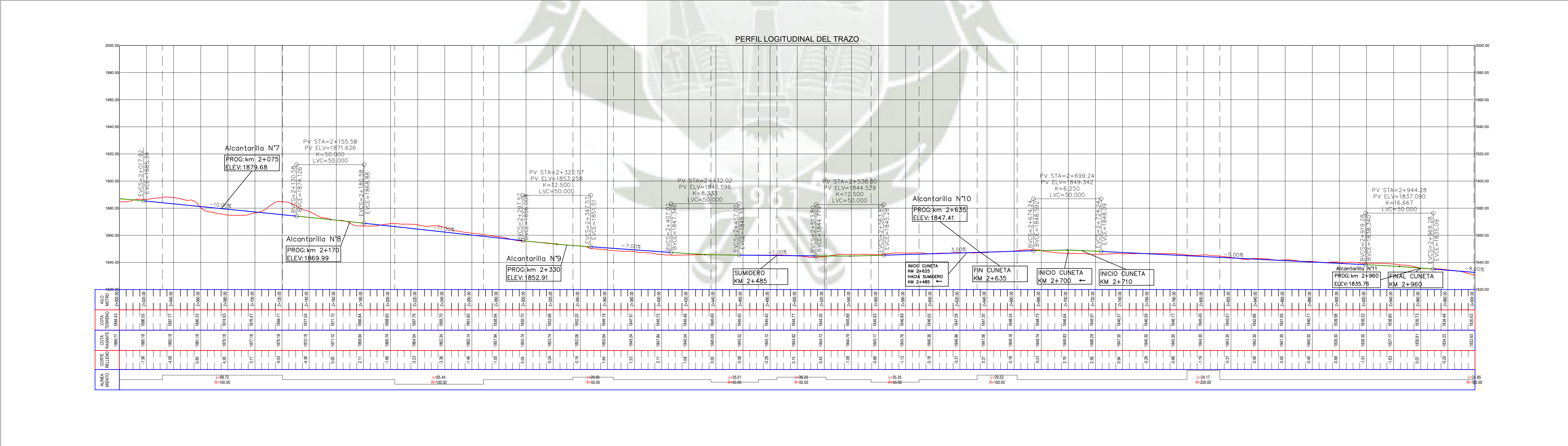


PERFIL LONGITUDINAL
ESC. H: 1: 1500
ESC. V: 1: 1500



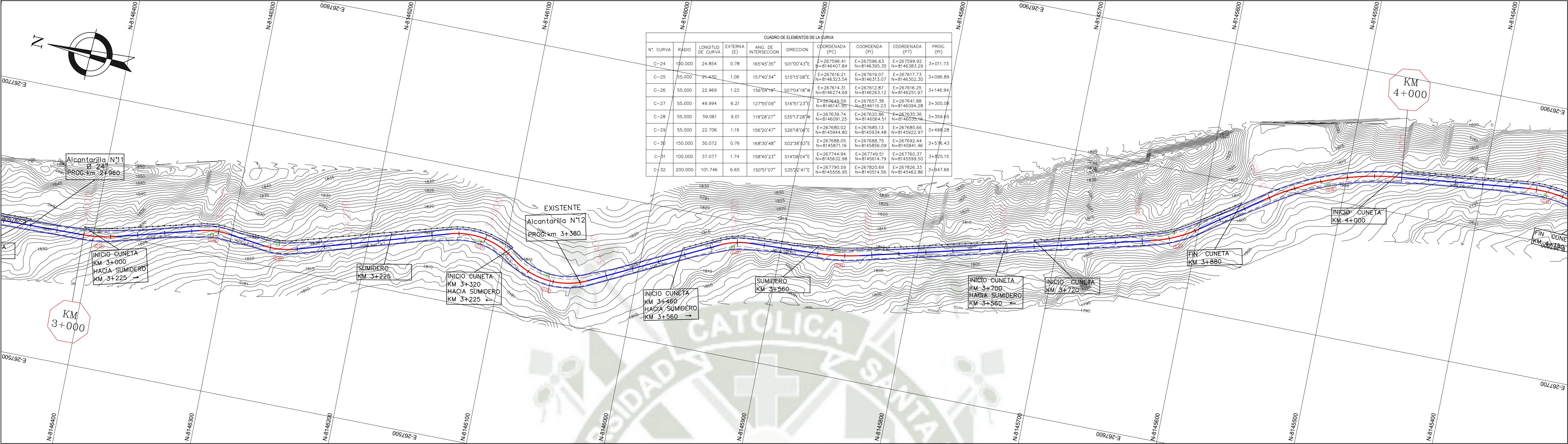


PLANO EN PLANTA
ESC. 1:1500



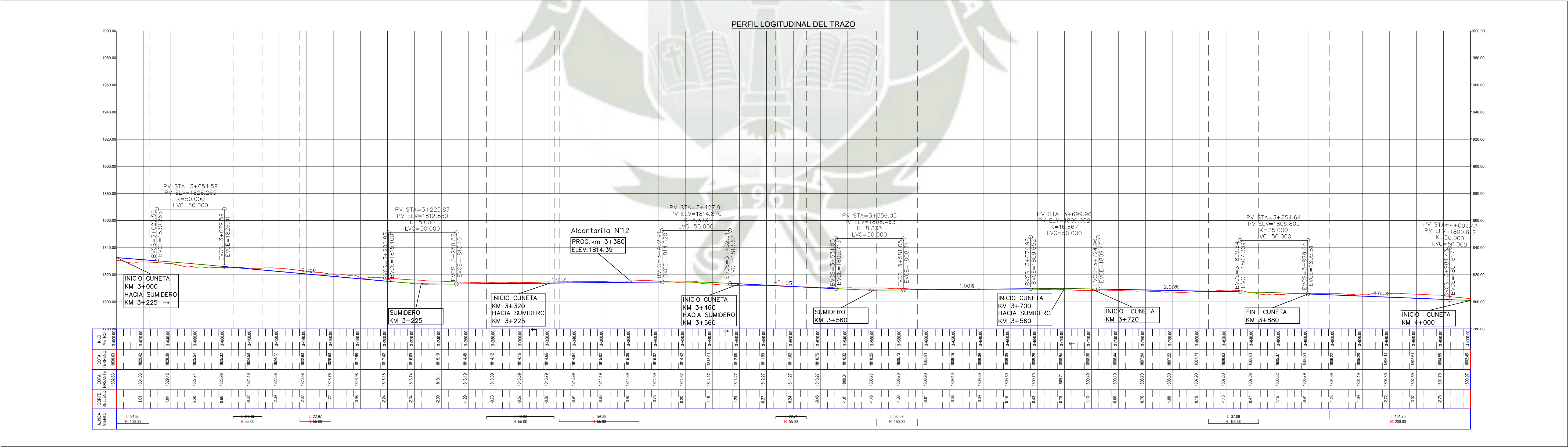
PERFIL LONGITUDINAL
ESC. H: 1:1500
ESC. V: 1:500





PLANO EN PLANTA

ESC. 1: 1500

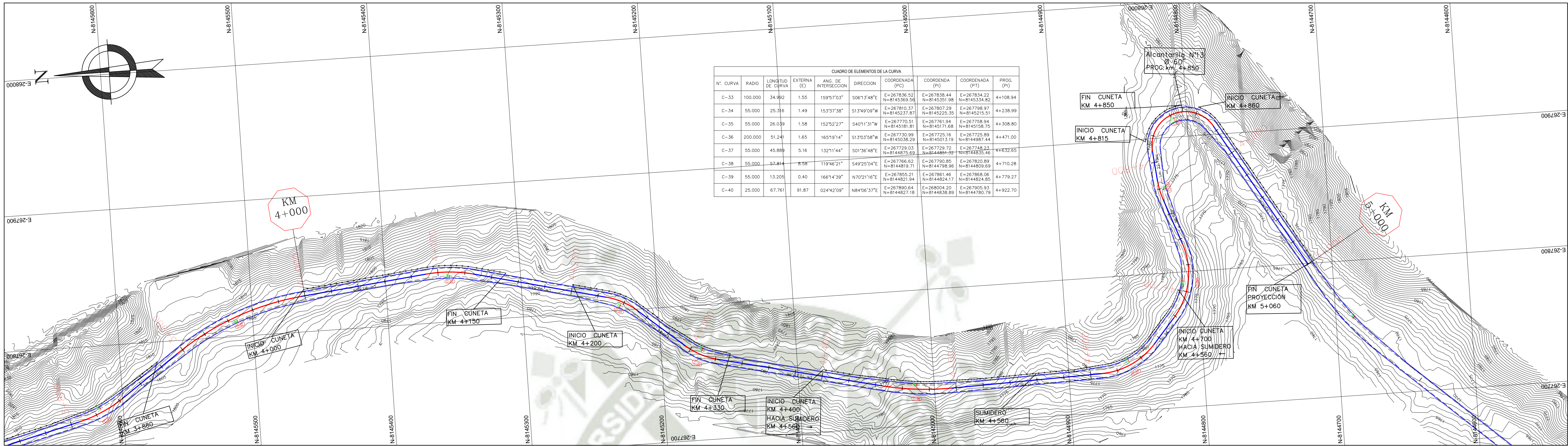


PERFIL LONGITUDINAL

ESC. H: 1: 1500

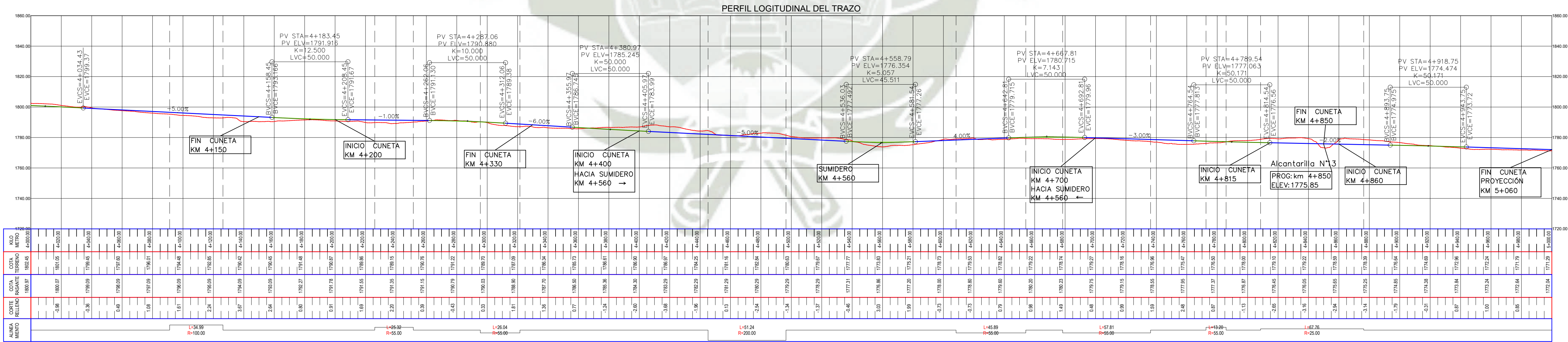
ESC. V: 1: 1500





CUADRO DE ELEMENTOS DE LA CURVA							
N° CURVA	RADIO	LONGITUD DE CURVA	EXTERNA	ANG. DE INTERSECCION	DIRECCION	COORDENADA (P)	COORDENADA (P)
C-33	100.000	34.892	1.55	159°57'03"	S06°13'48"E	E=267836.52 N=8145359.56	E=267834.22 N=8145334.82
C-34	55.000	25.316	1.49	153°57'38"	S13°49'09"W	E=267810.37 N=8145231.81	E=267798.97 N=8145215.51
C-35	55.000	26.039	1.58	152°52'27"	S40°11'31"W	E=267770.51 N=8145181.81	E=267758.94 N=8145158.75
C-36	200.000	51.241	1.65	165°19'14"	S13°03'58"W	E=267730.99 N=8145038.23	E=267725.16 N=8144987.44
C-37	55.000	45.889	5.16	132°11'44"	S01°36'48"E	E=267729.03 N=8144819.71	E=267728.72 N=8144809.32
C-38	55.000	57.814	8.58	119°46'21"	S49°25'04"E	E=267766.62 N=8144819.71	E=267762.89 N=8144805.69
C-39	55.000	13.205	0.40	166°14'39"	N70°21'16"E	E=267855.21 N=8144821.94	E=267858.06 N=8144824.55
C-40	25.000	67.761	91.87	02°42'09"	N84°06'37"E	E=267890.64 N=8144827.18	E=267905.83 N=8144780.79

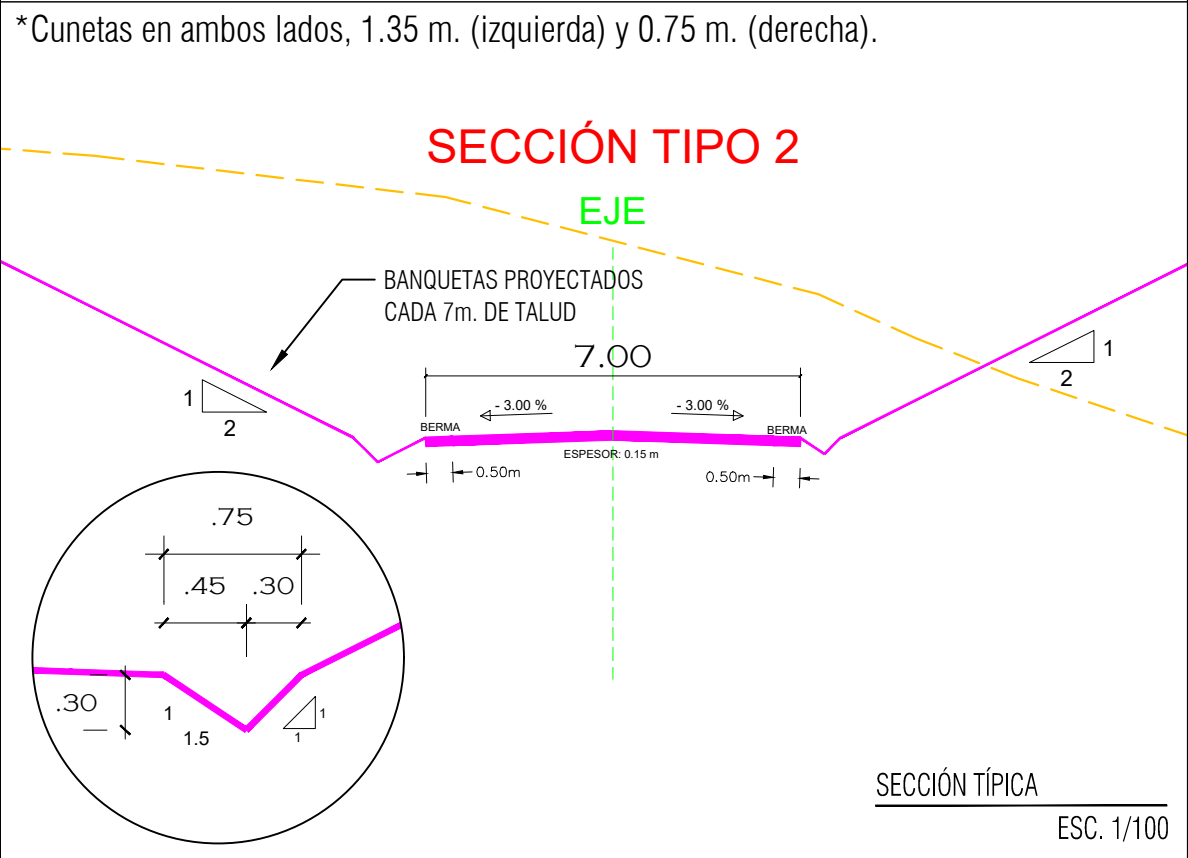
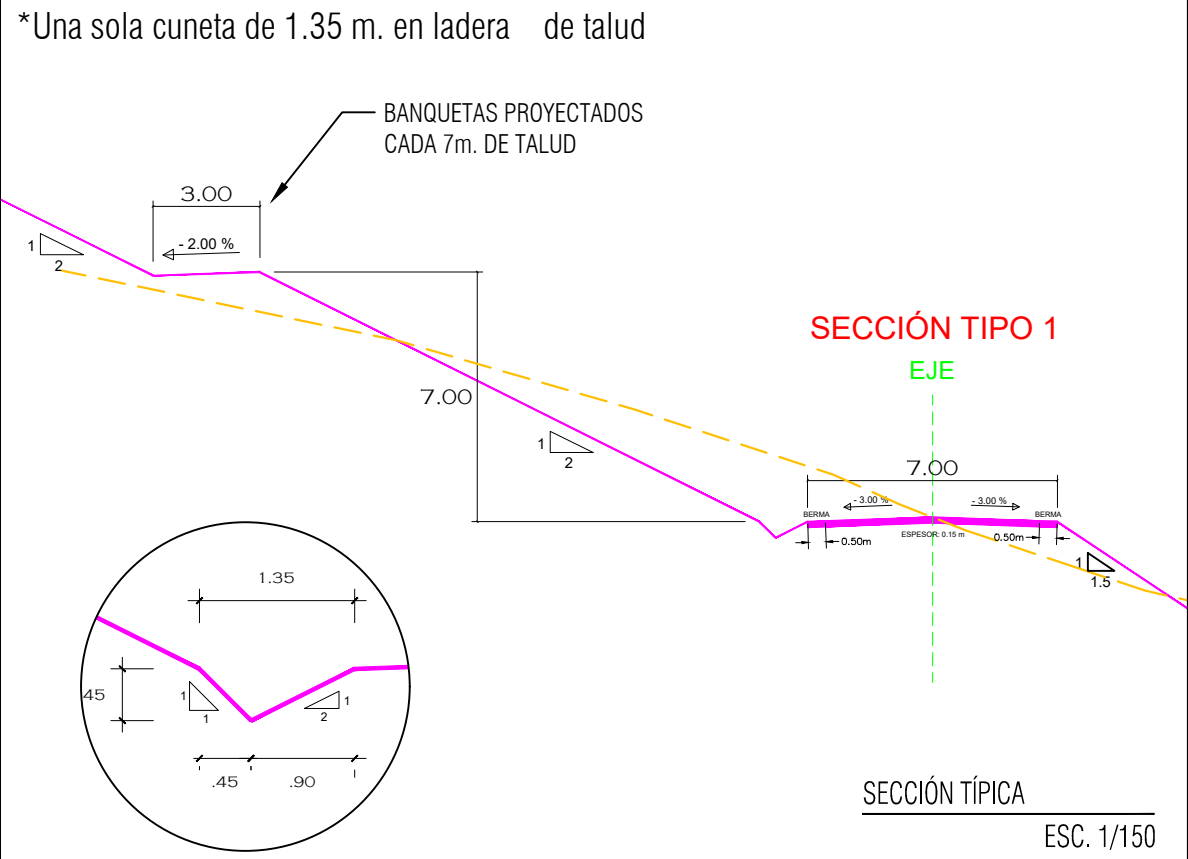
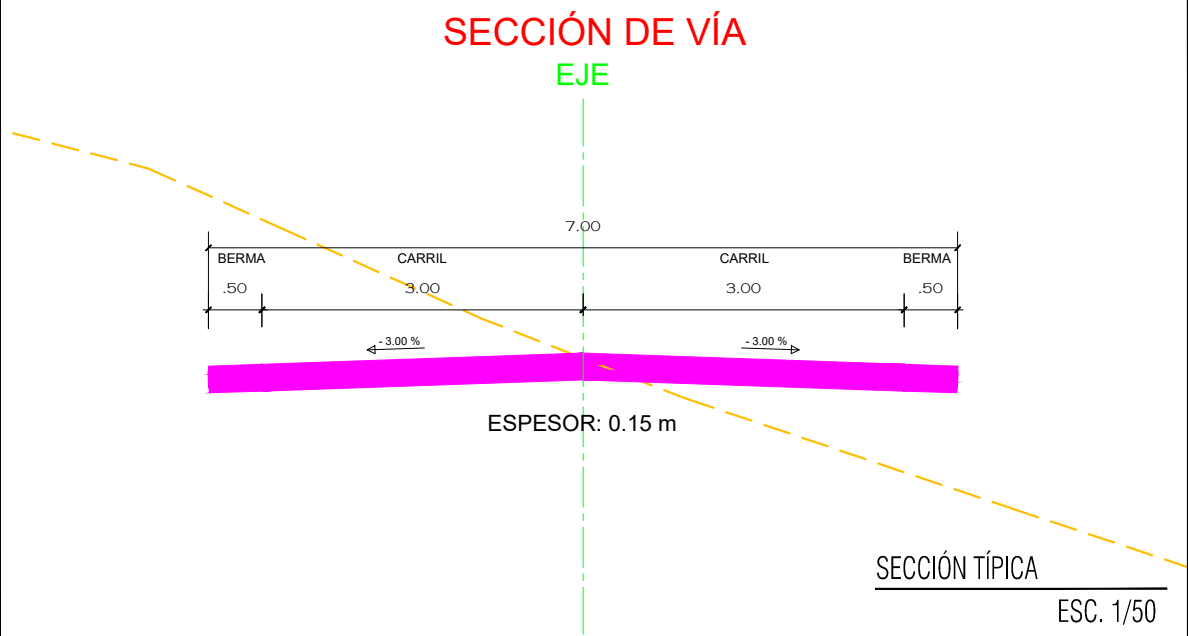
PLANO EN PLANTA
ESC. 1: 1500



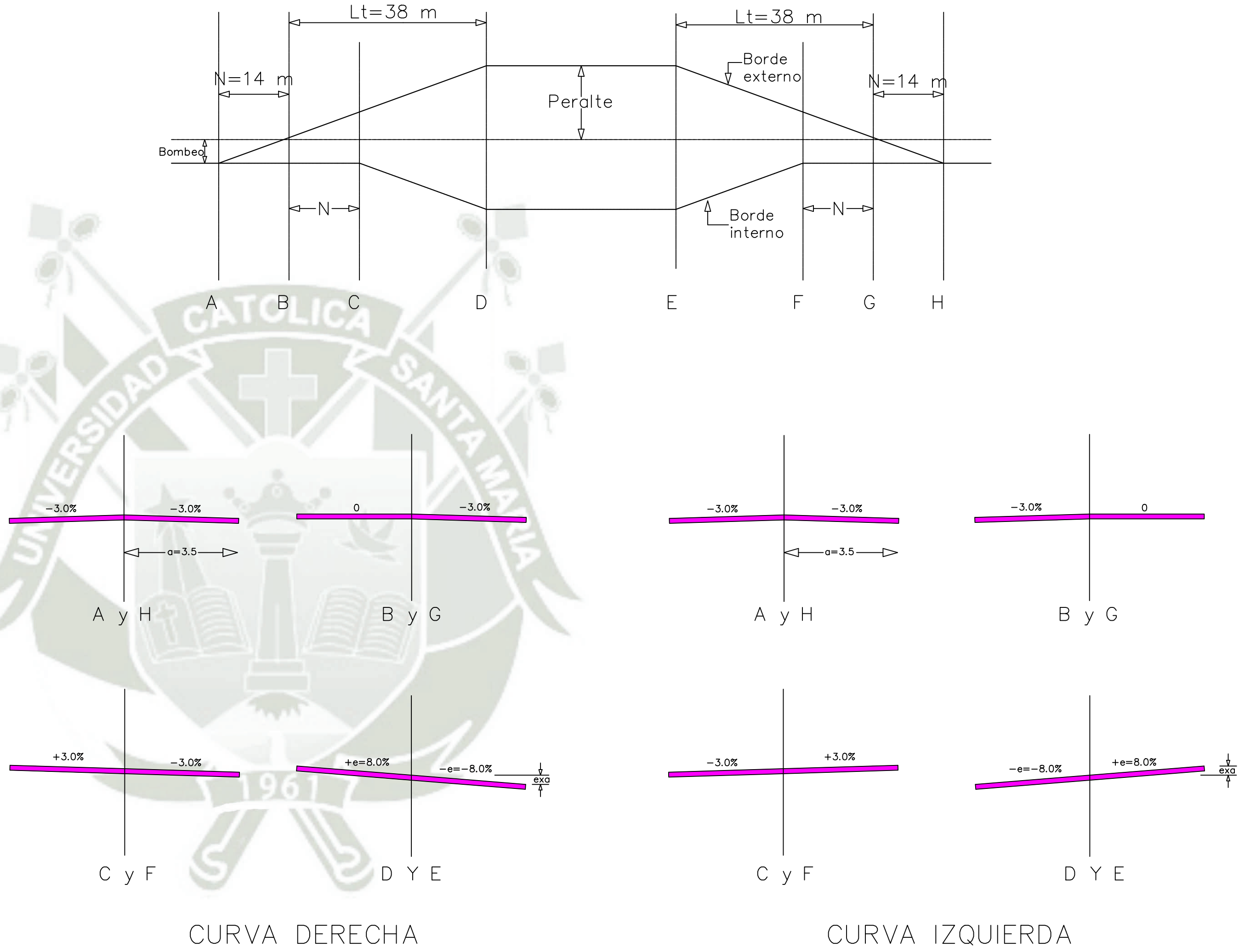
PERFIL LONGITUDINAL
ESC. H: 1: 1500
ESC. V: 1: 1500



SECCIONES TÍPICAS

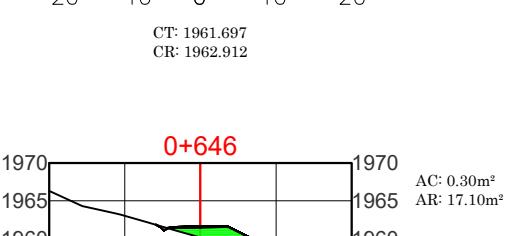
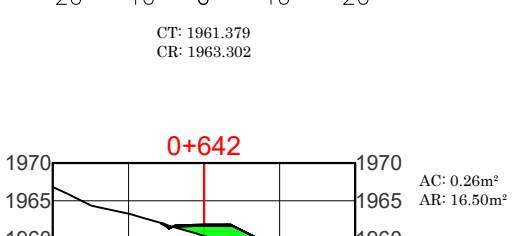
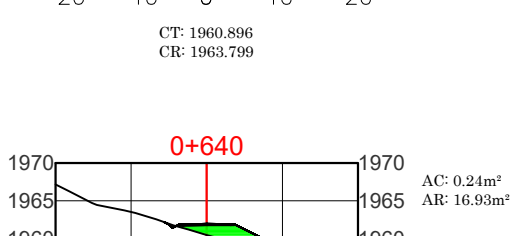
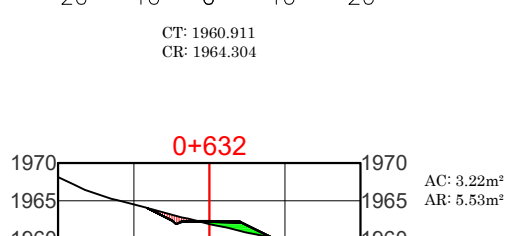
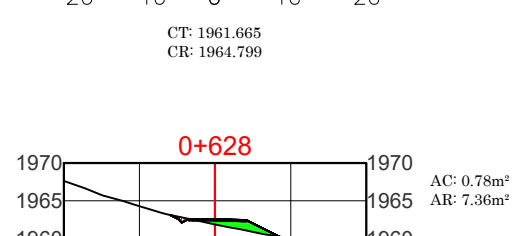
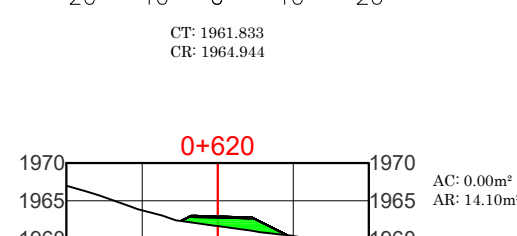
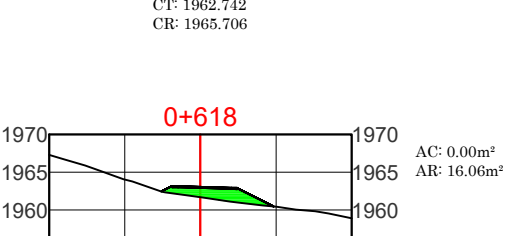
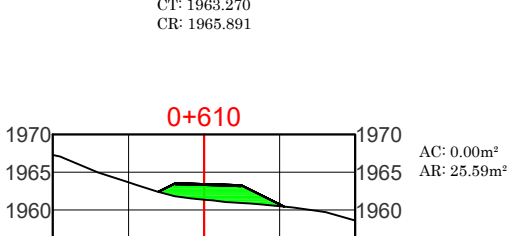
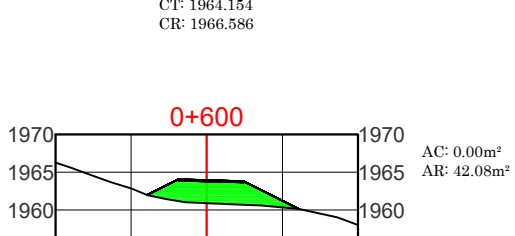
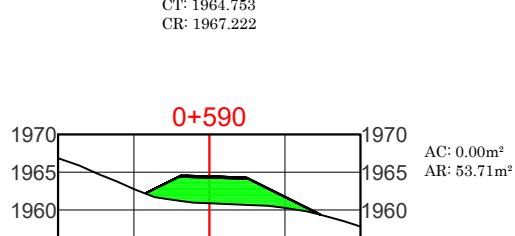
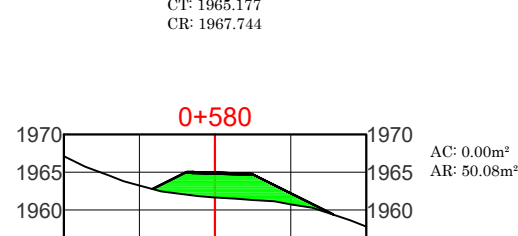
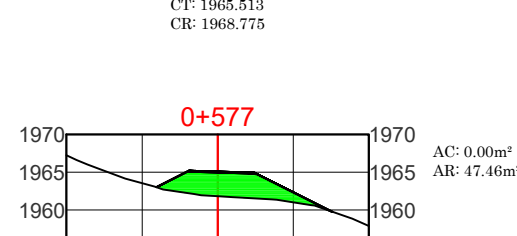
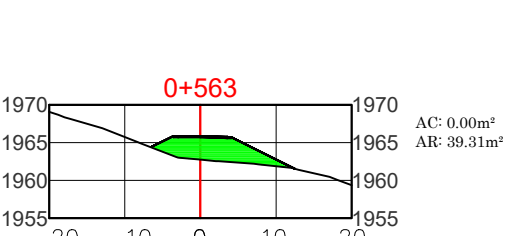
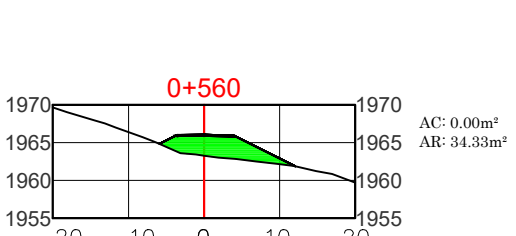
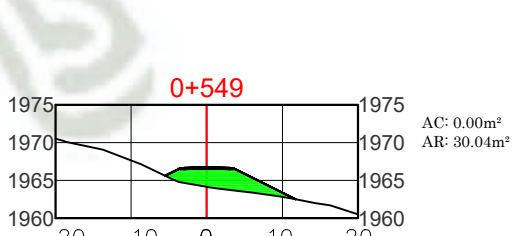
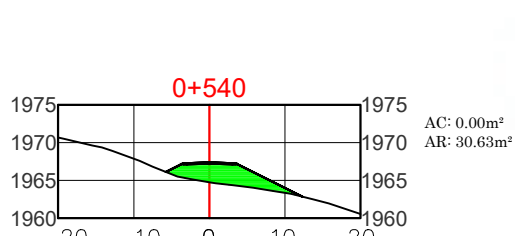
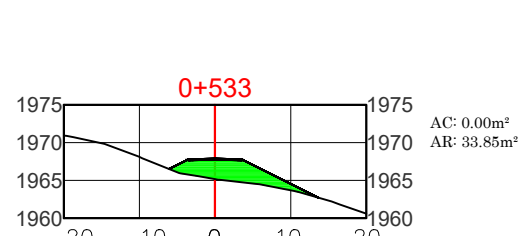
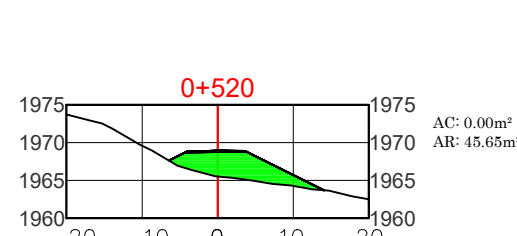
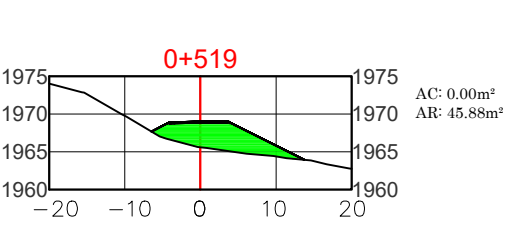
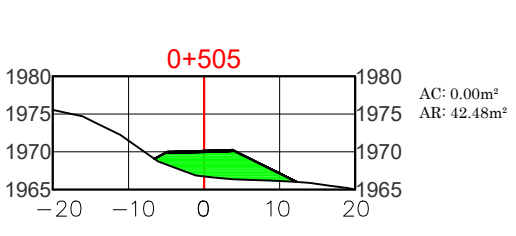
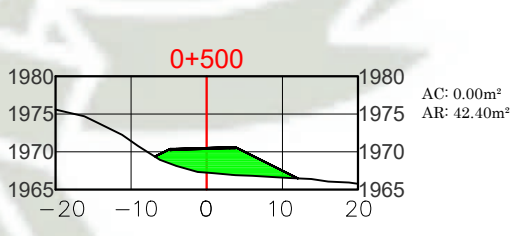
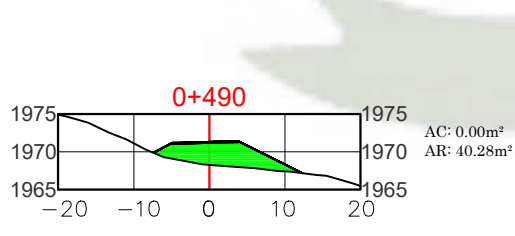
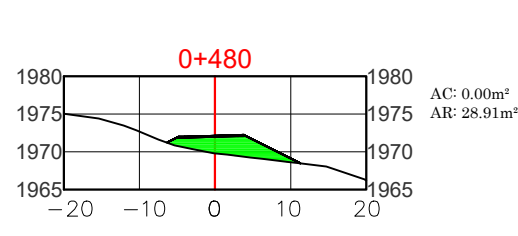
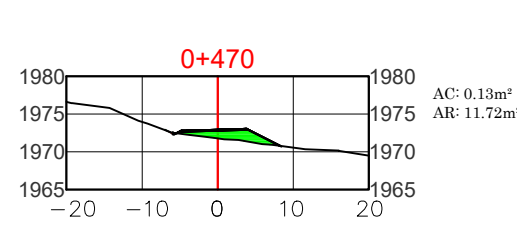
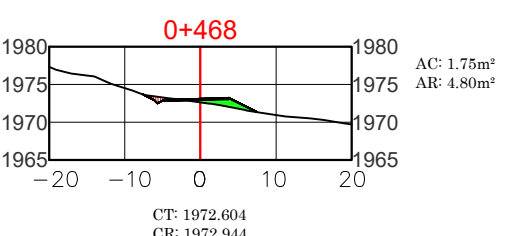
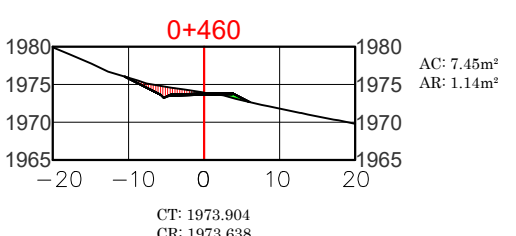
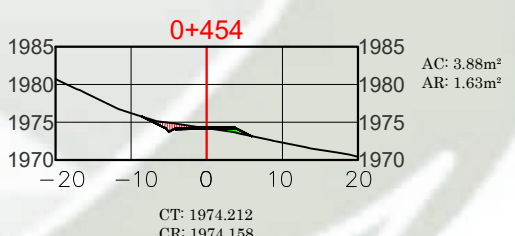
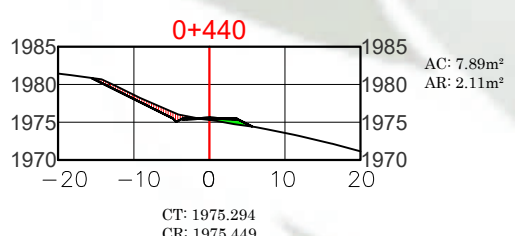
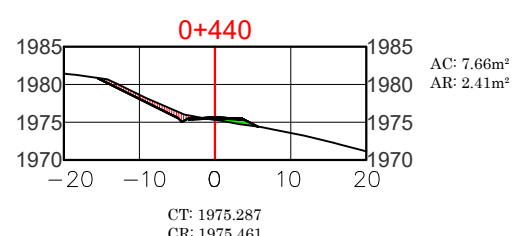
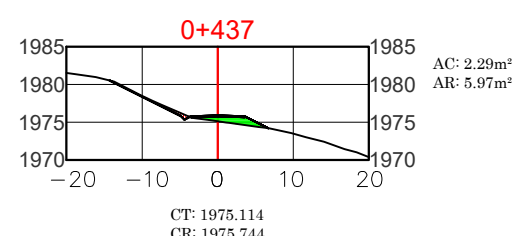
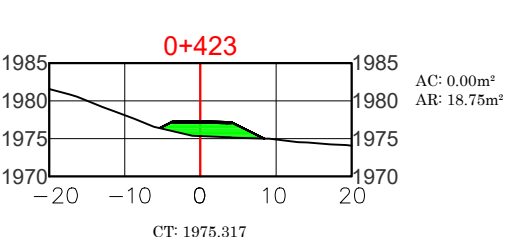
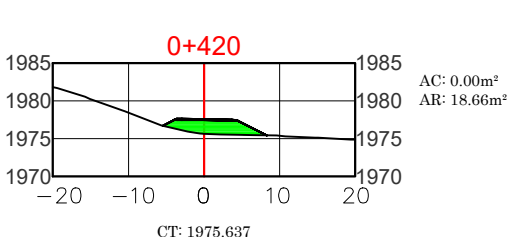
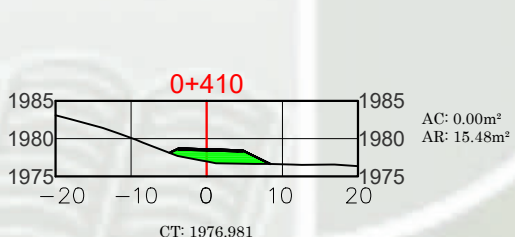
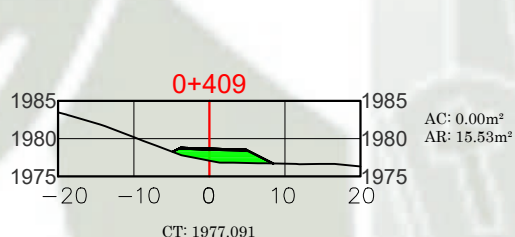
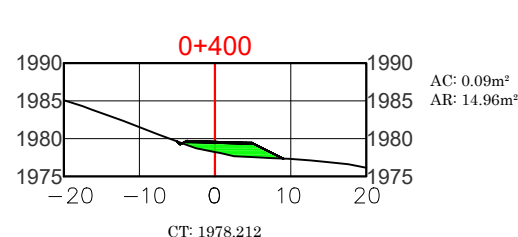
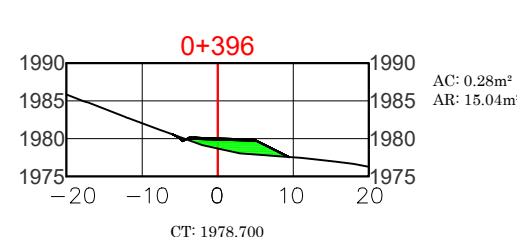
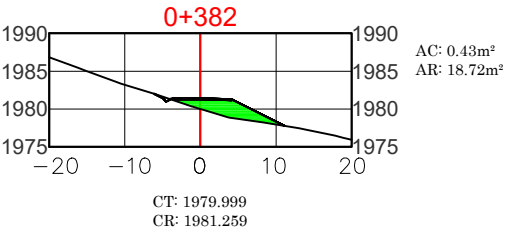
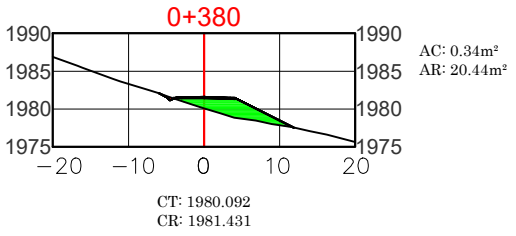
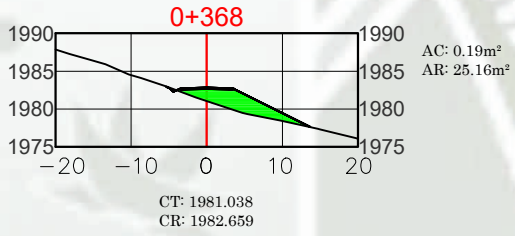
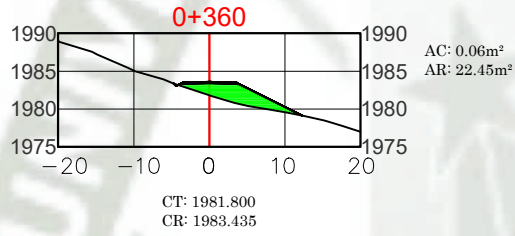
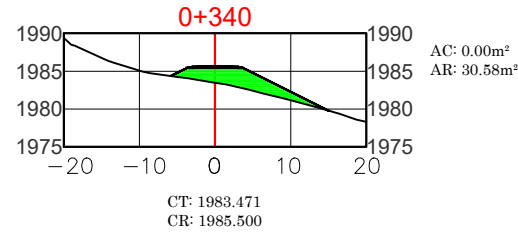
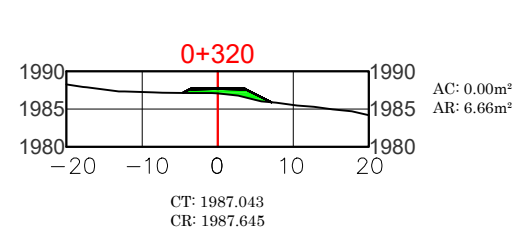
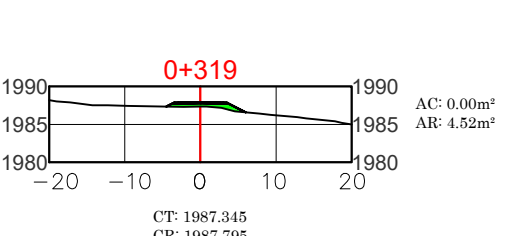
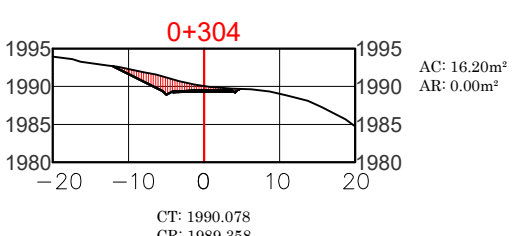
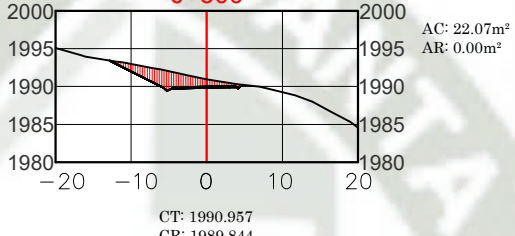
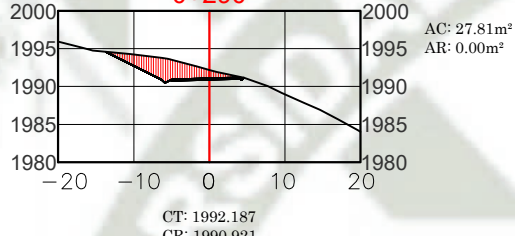
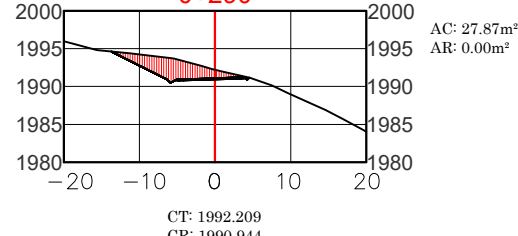
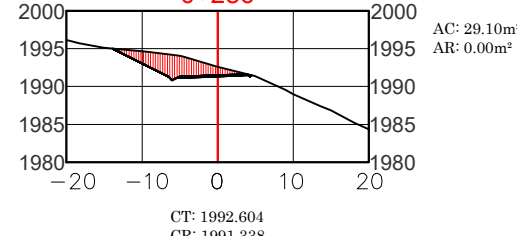
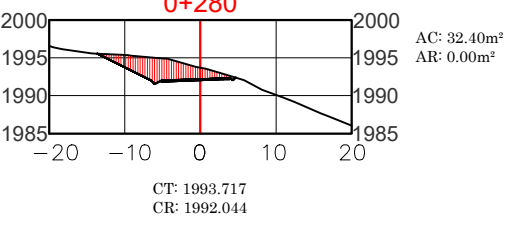
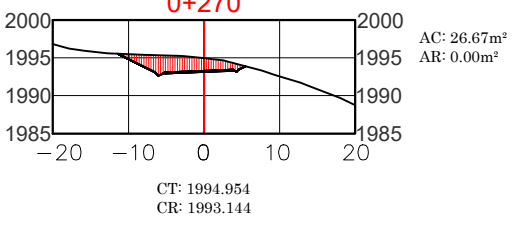
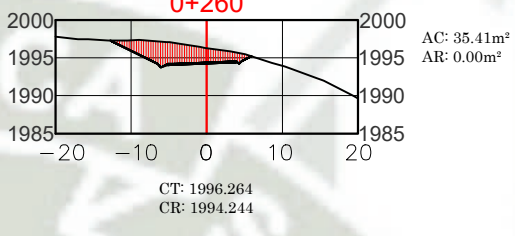
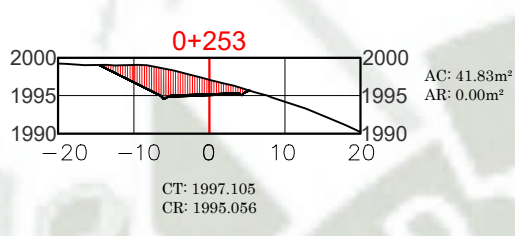
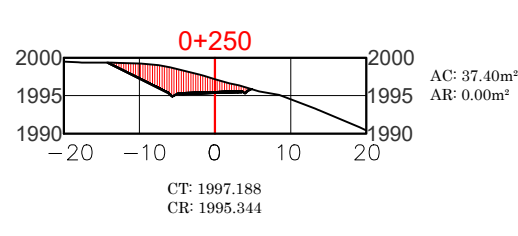
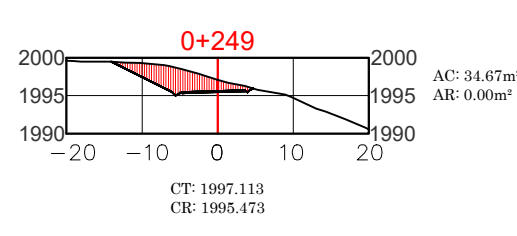
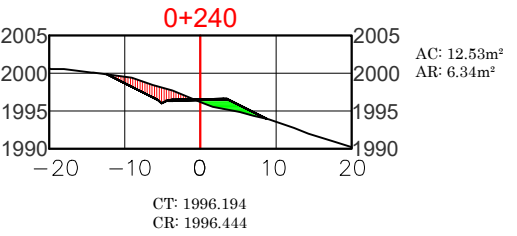
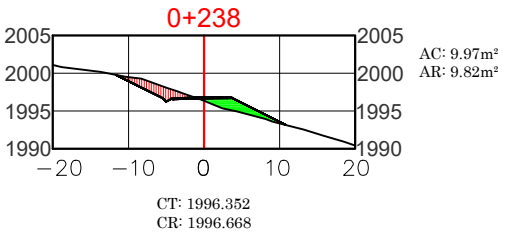
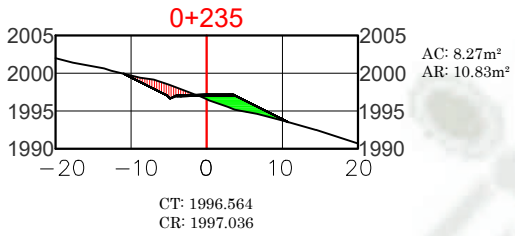
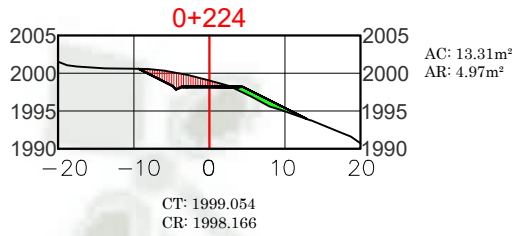
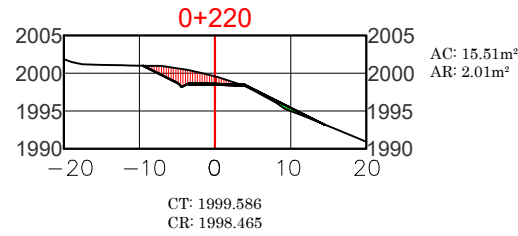
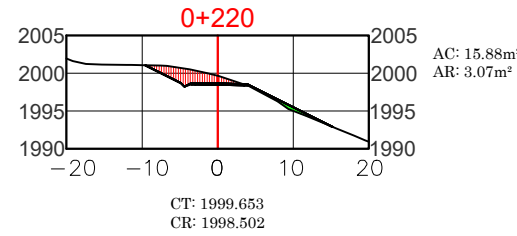
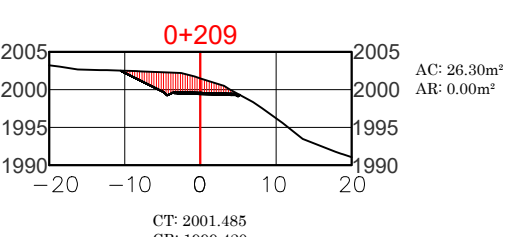
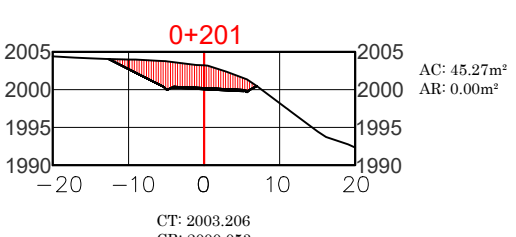
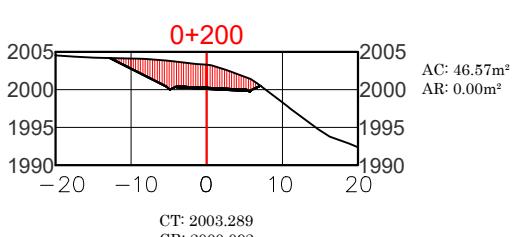
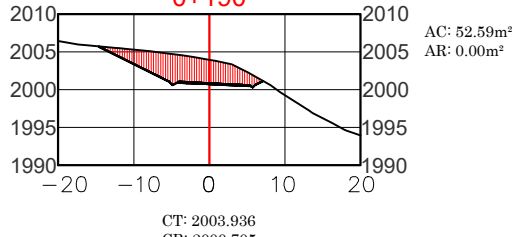
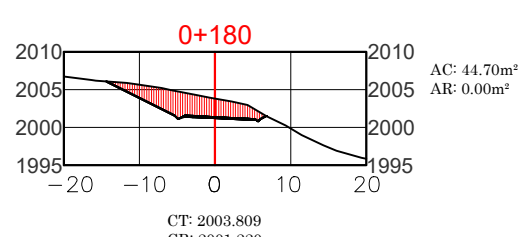
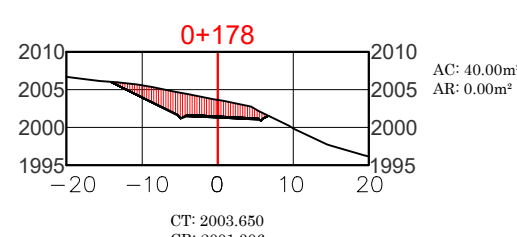
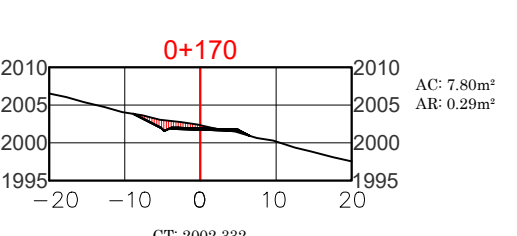
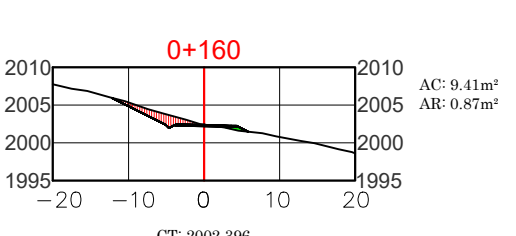
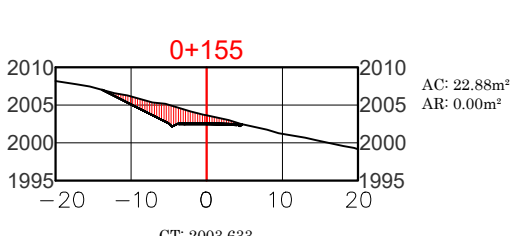
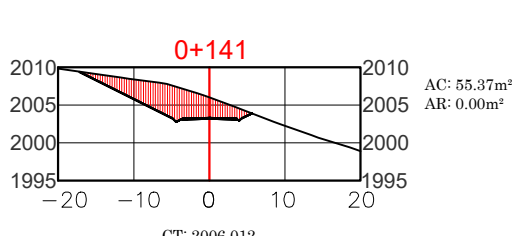
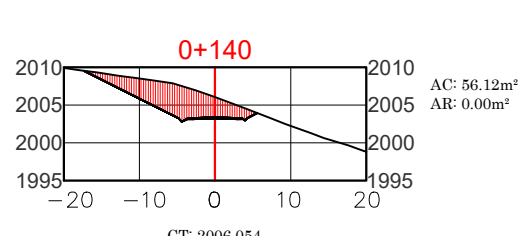
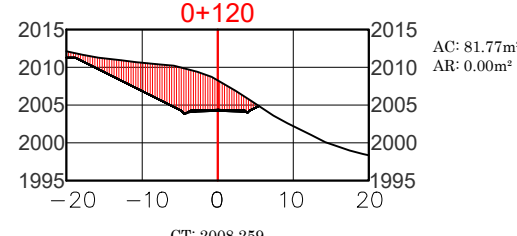
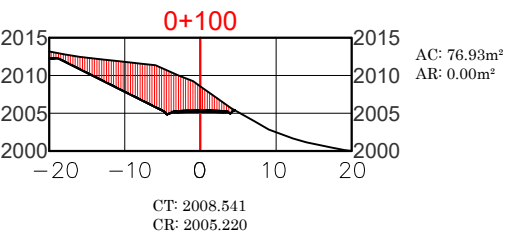
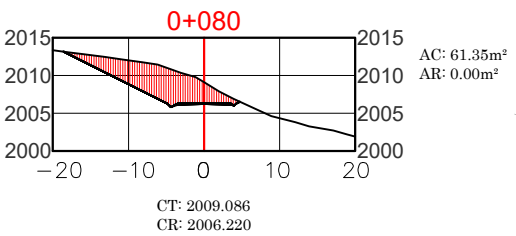
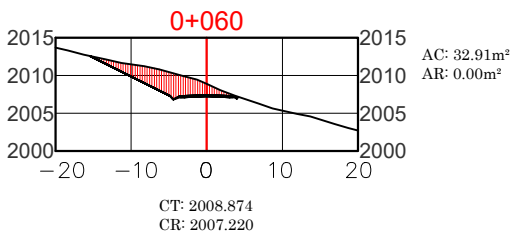
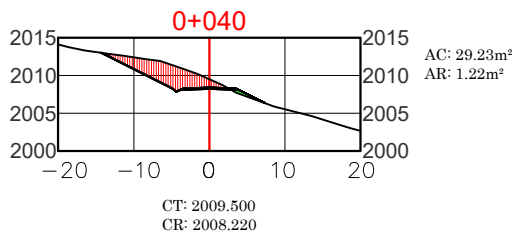
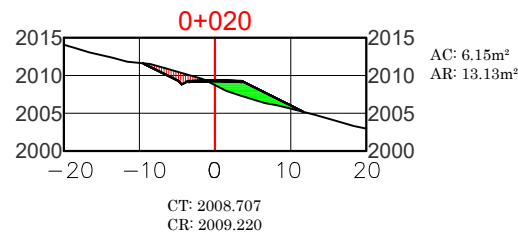
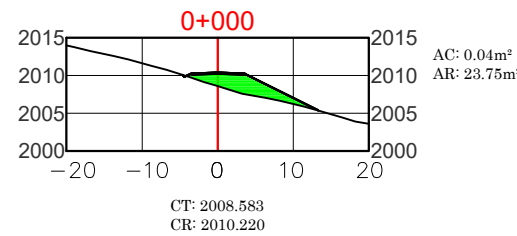


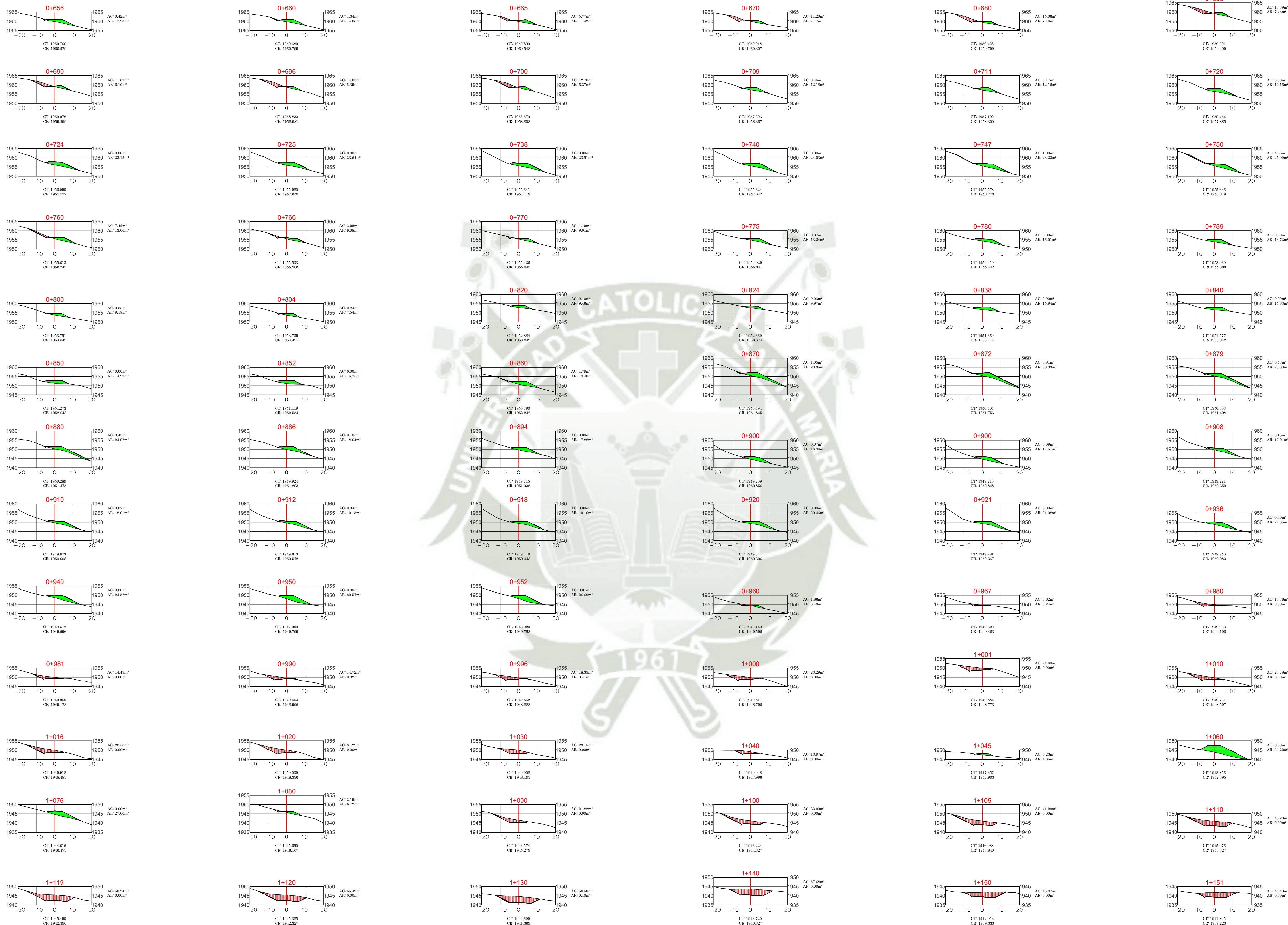
DETALLE DE TRANSICIÓN



* La transición es a partir del eje central de la calzada(Undivided Crowned–Center Baseline), colocando los siguientes datos tales como ancho de carril y ancho de berma con su respectiva pendiente que en este caso fue la misma del bombeo(3.0%) y como tabla de ratio de peralte se utilizó la norma AASHTO 2011 Metric eMax 8%.

* Los valores de N y Lt se obtuvieron del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG–2018 del MTC de la Tabla 302.13.





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER: ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

PROVINCIA: GENERAL SÁNCHEZ CERRO

DISTRITO: LA CAPILLA

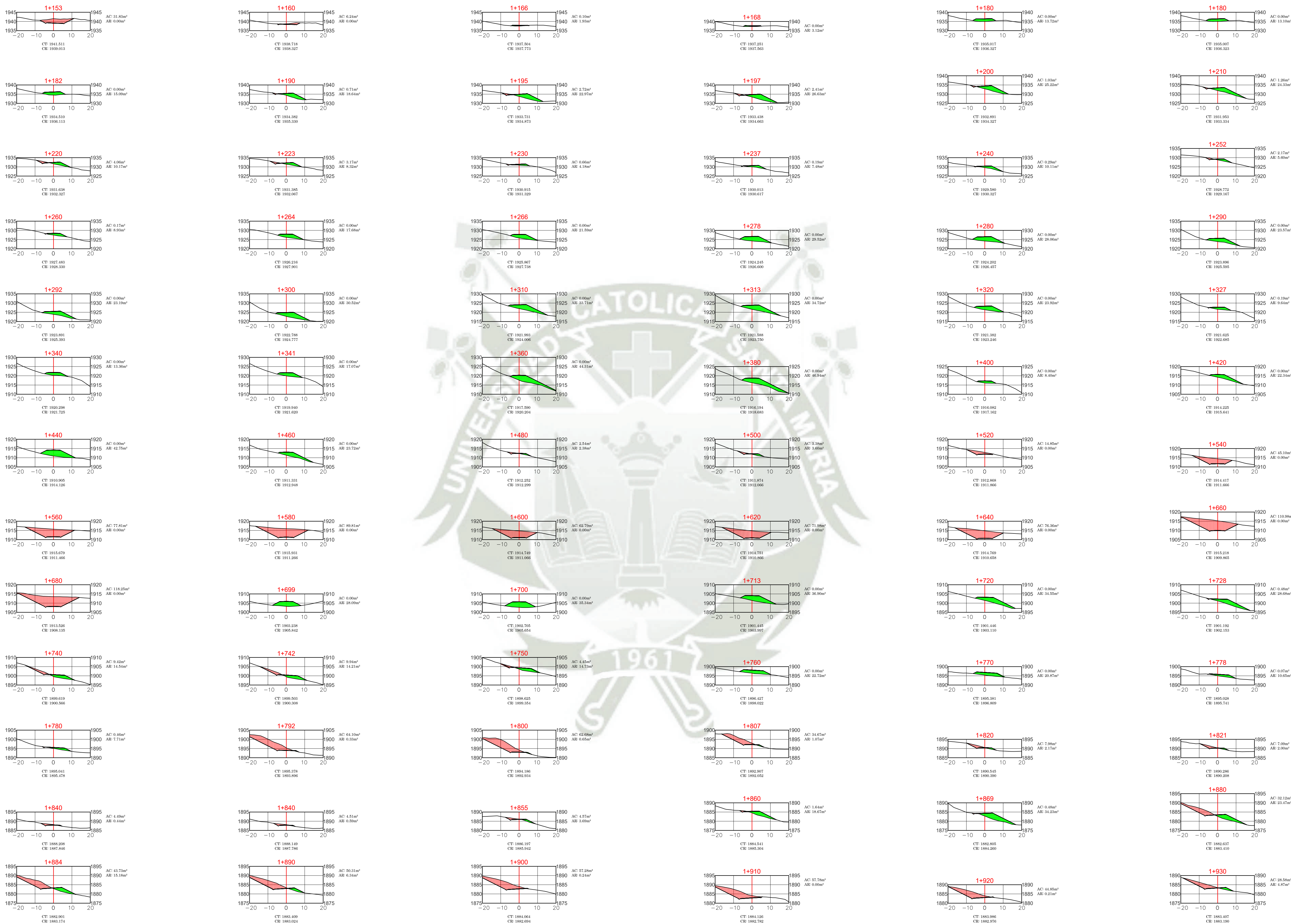
PLANO:

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: 1/1000

FECHA: AGOSTO 2020

PLANO: ST-02



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER: ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

PROVINCIA: GENERAL SÁNCHEZ CERRO

DISTRITO: LA CAPILLA

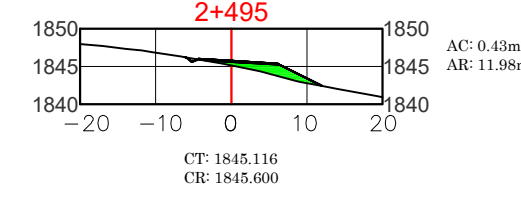
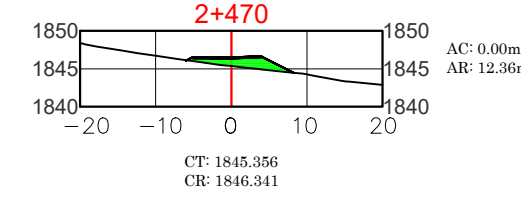
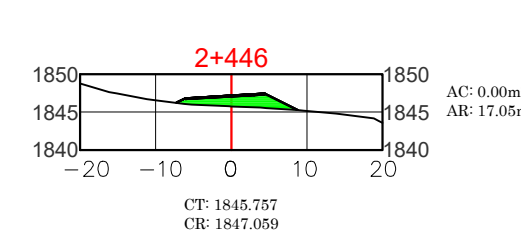
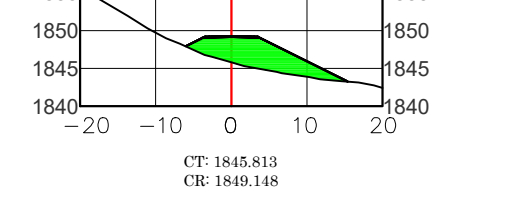
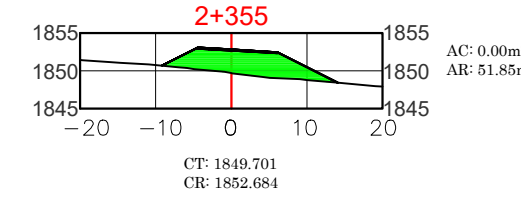
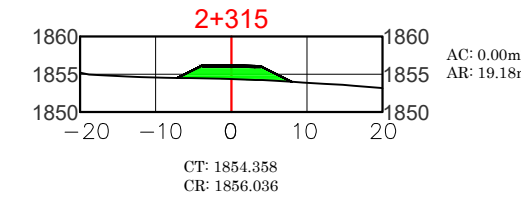
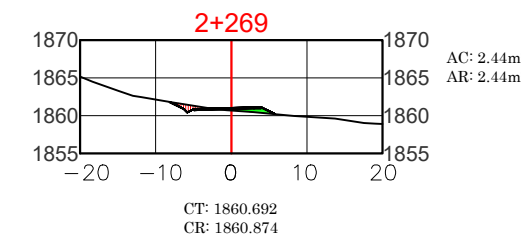
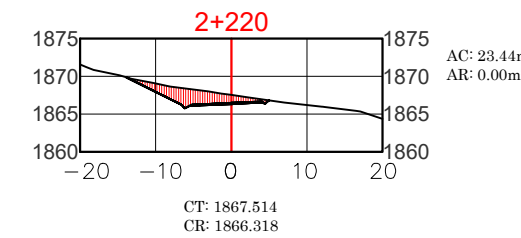
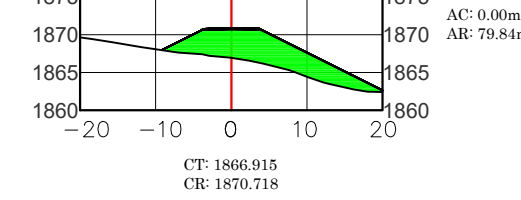
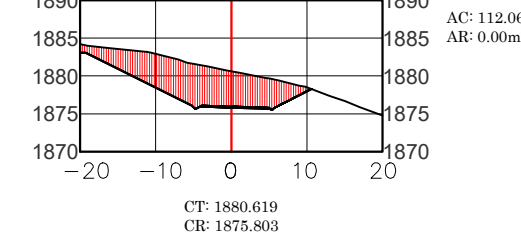
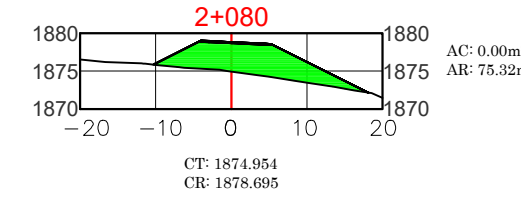
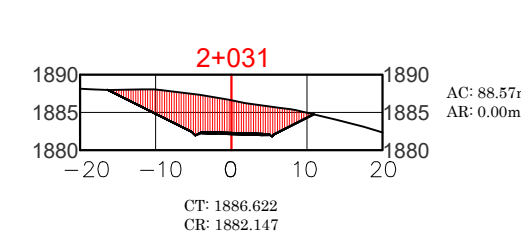
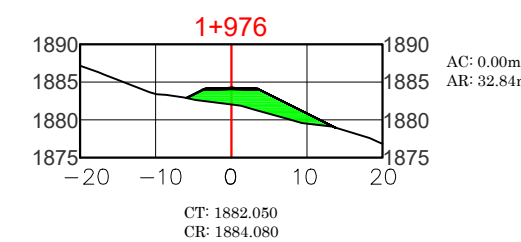
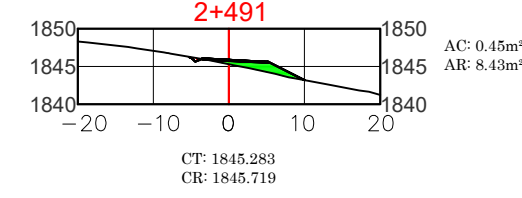
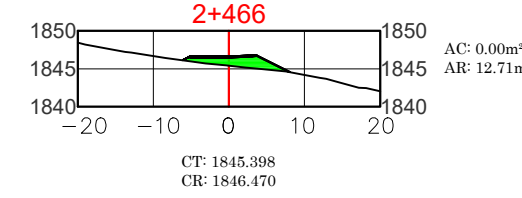
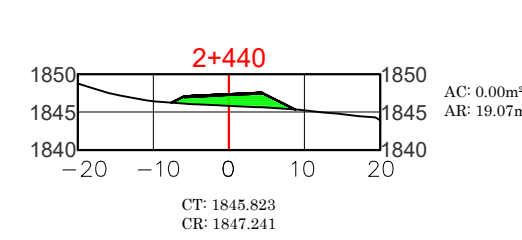
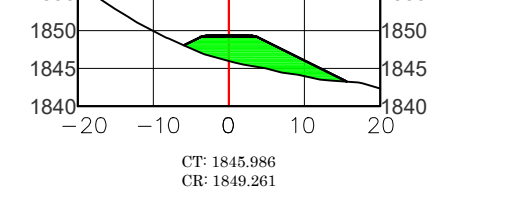
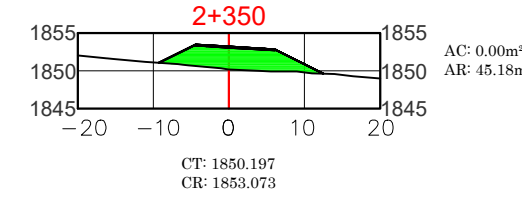
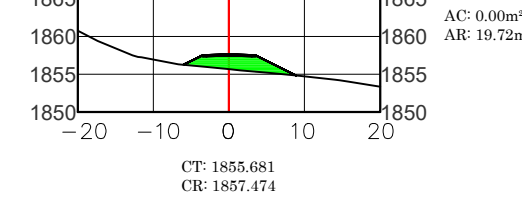
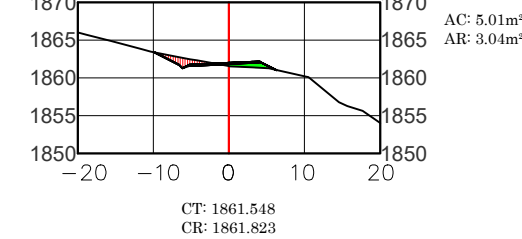
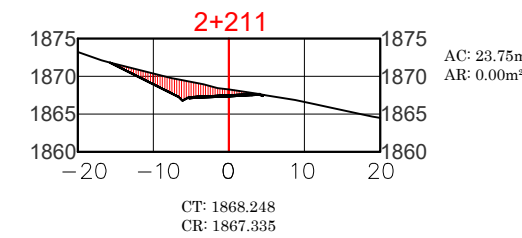
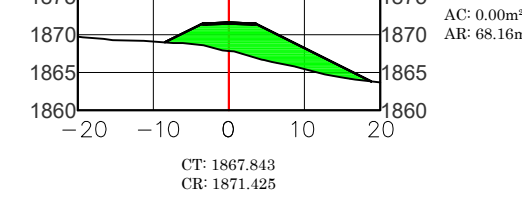
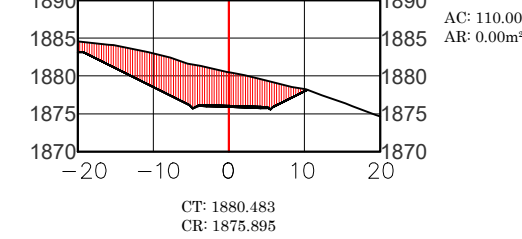
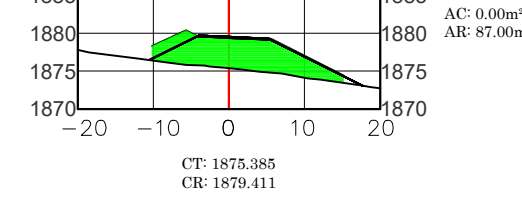
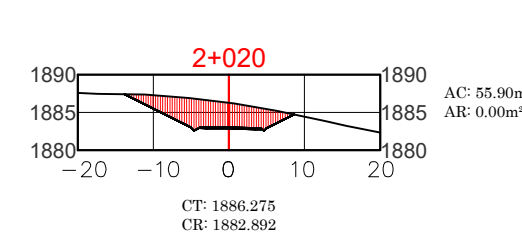
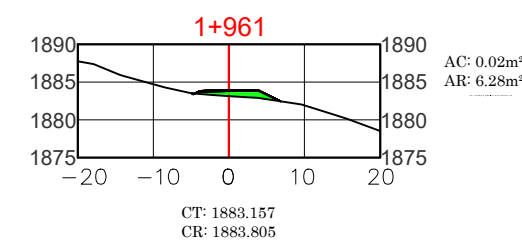
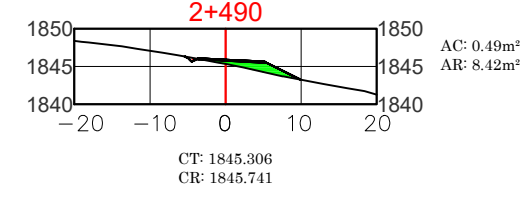
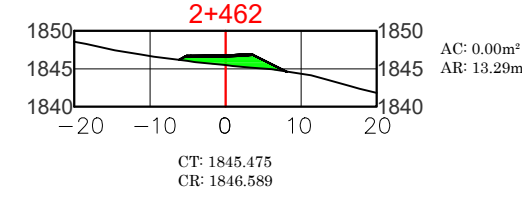
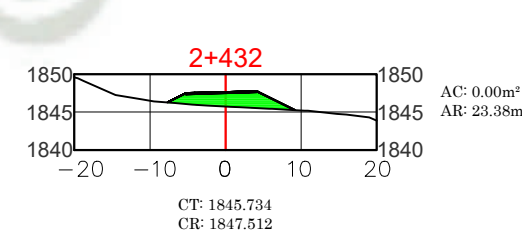
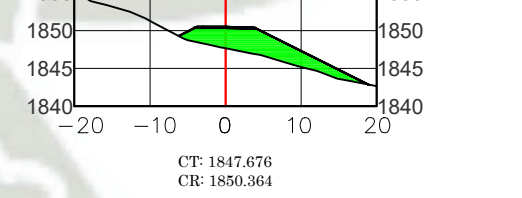
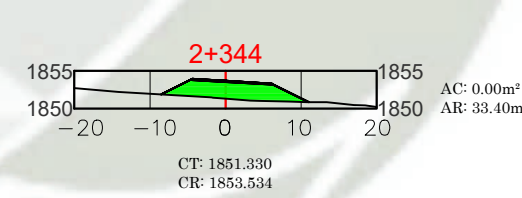
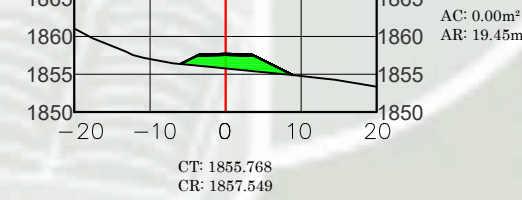
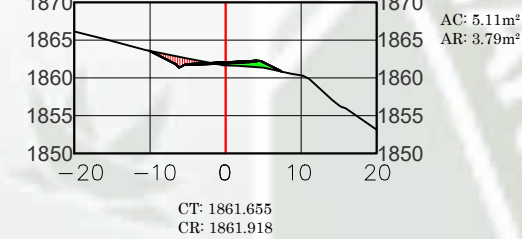
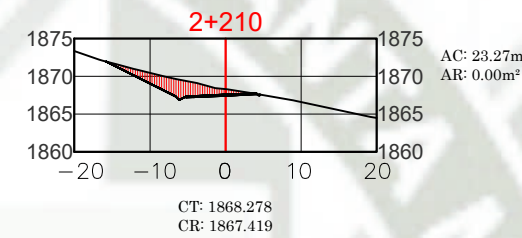
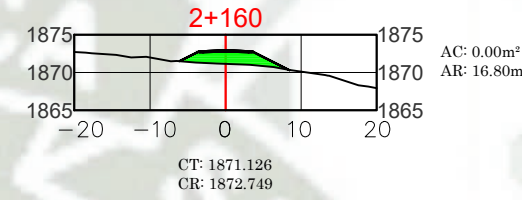
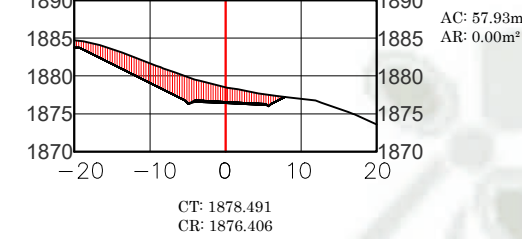
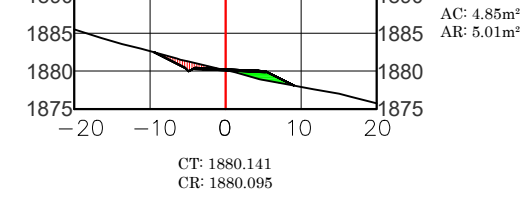
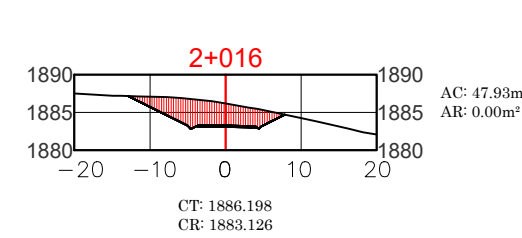
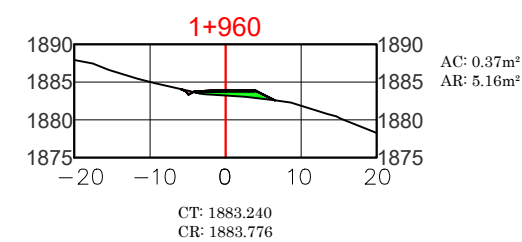
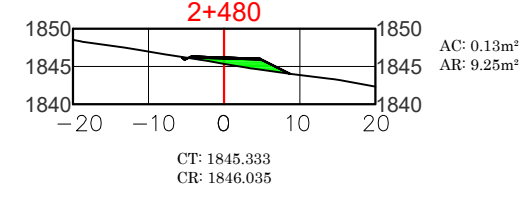
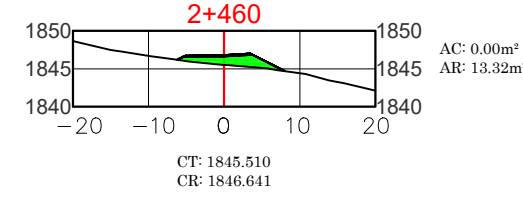
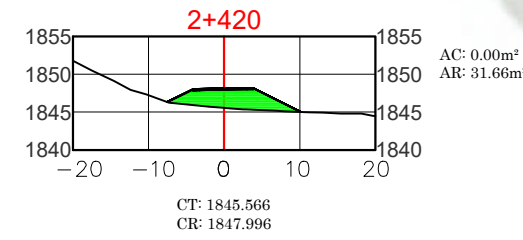
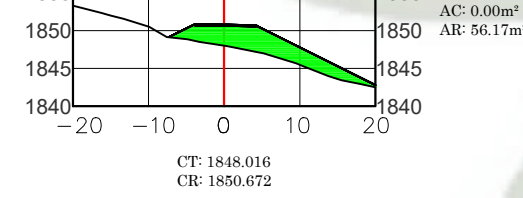
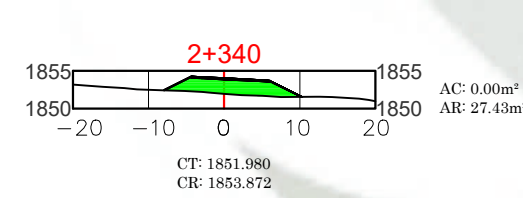
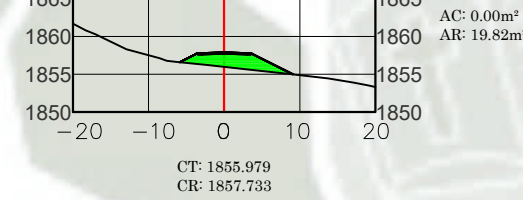
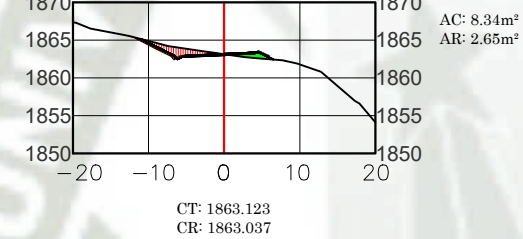
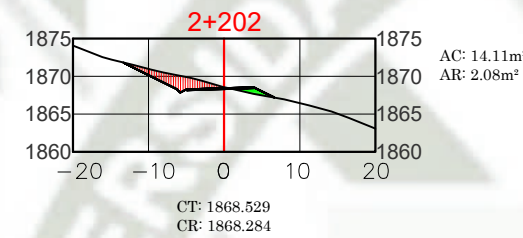
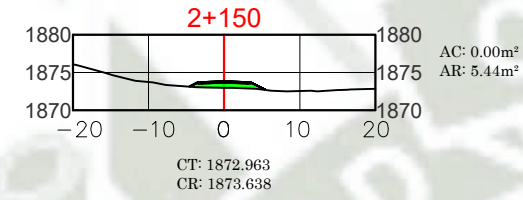
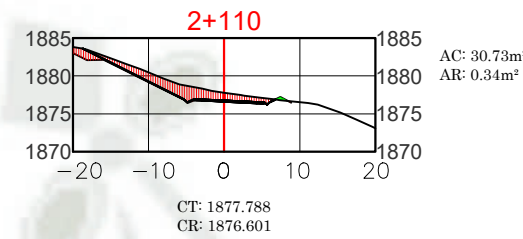
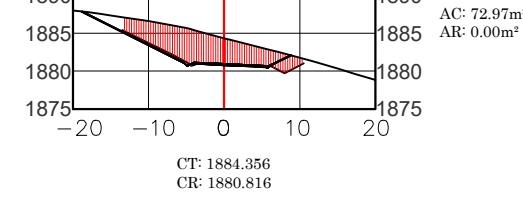
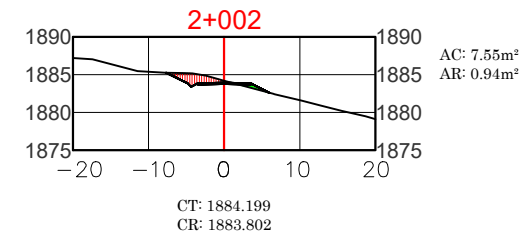
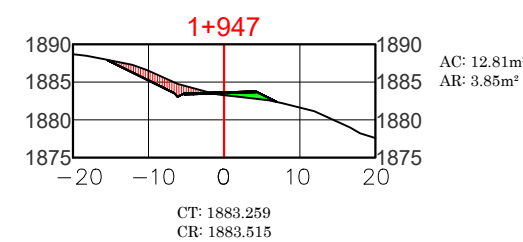
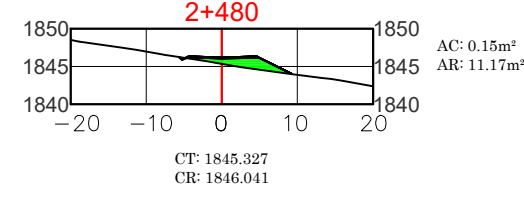
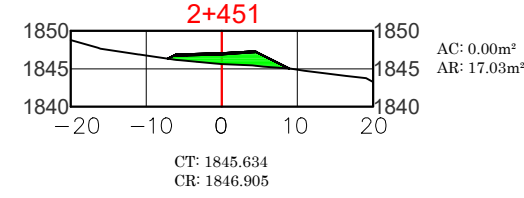
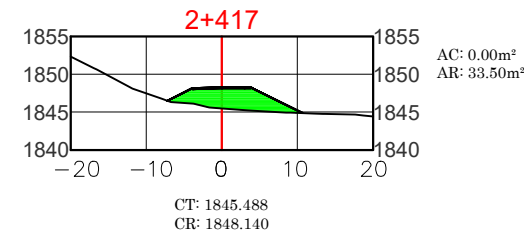
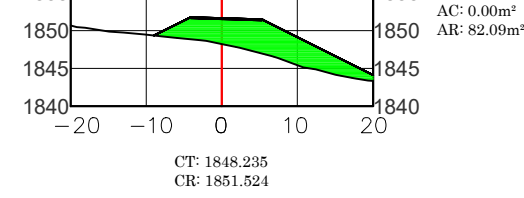
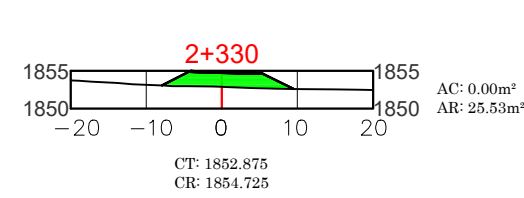
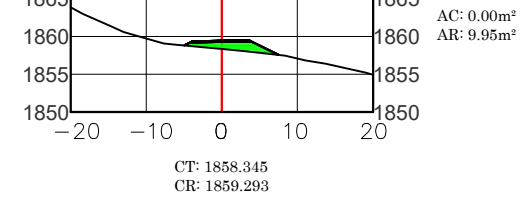
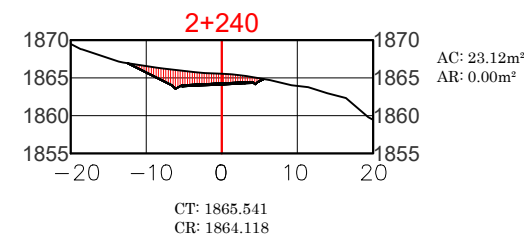
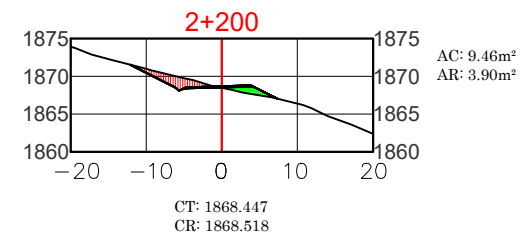
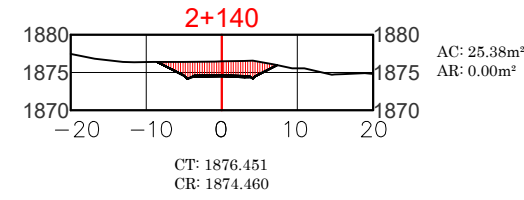
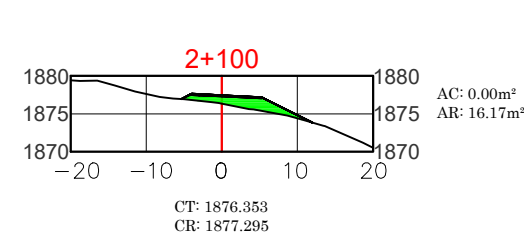
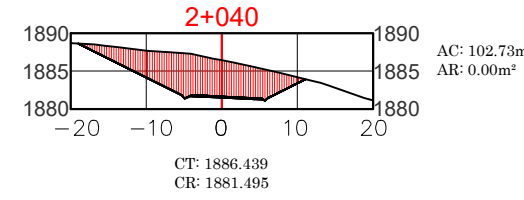
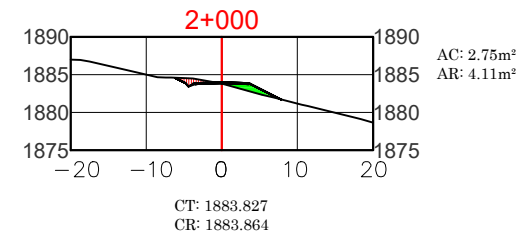
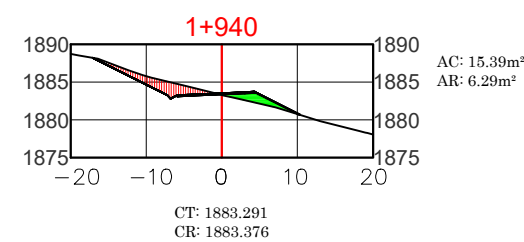
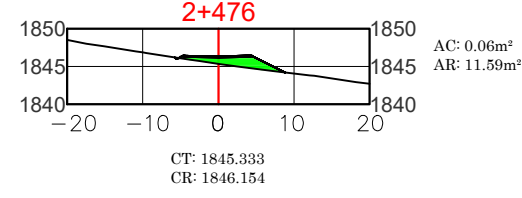
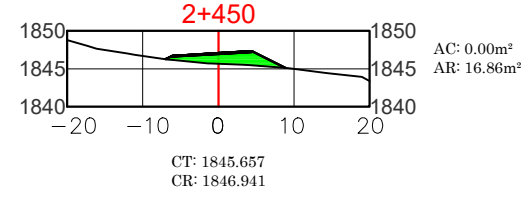
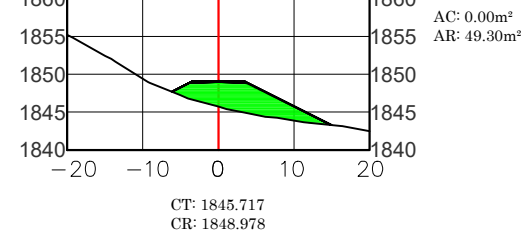
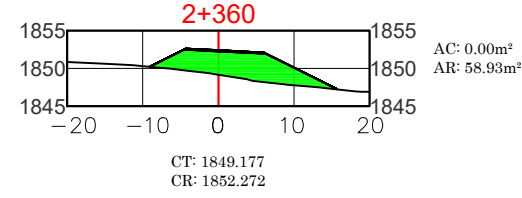
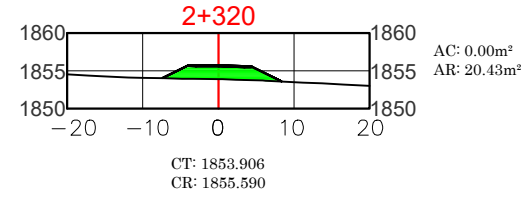
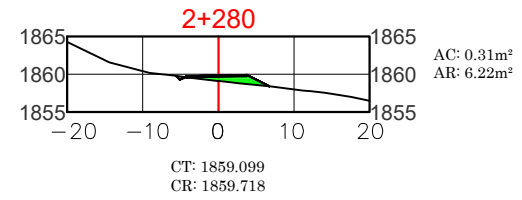
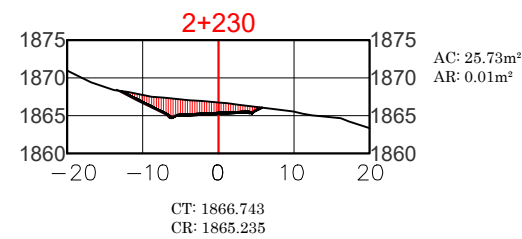
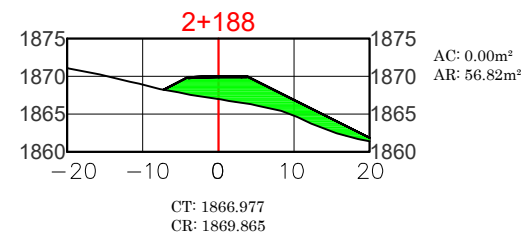
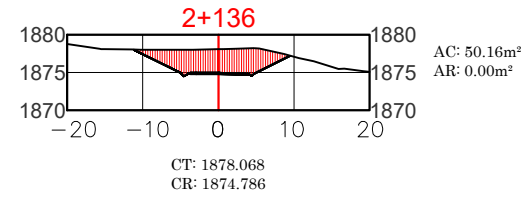
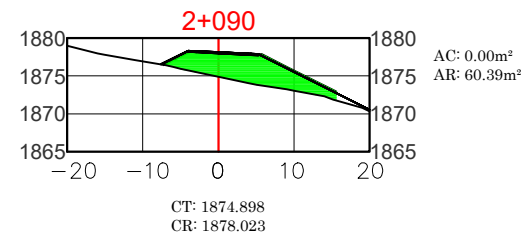
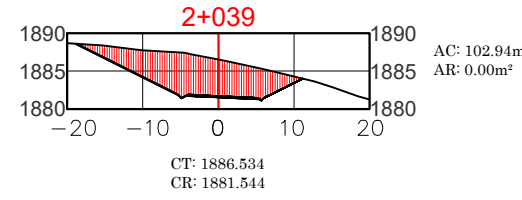
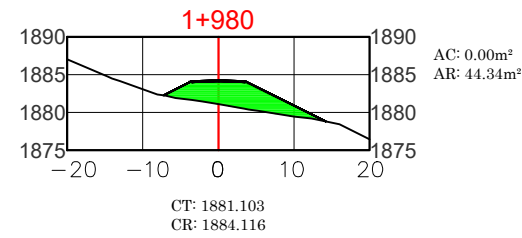
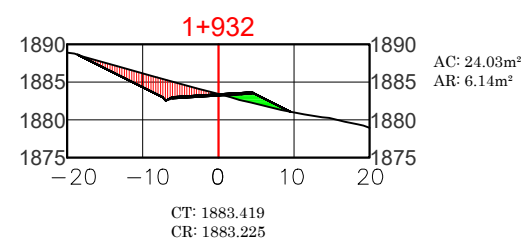
PLANO:

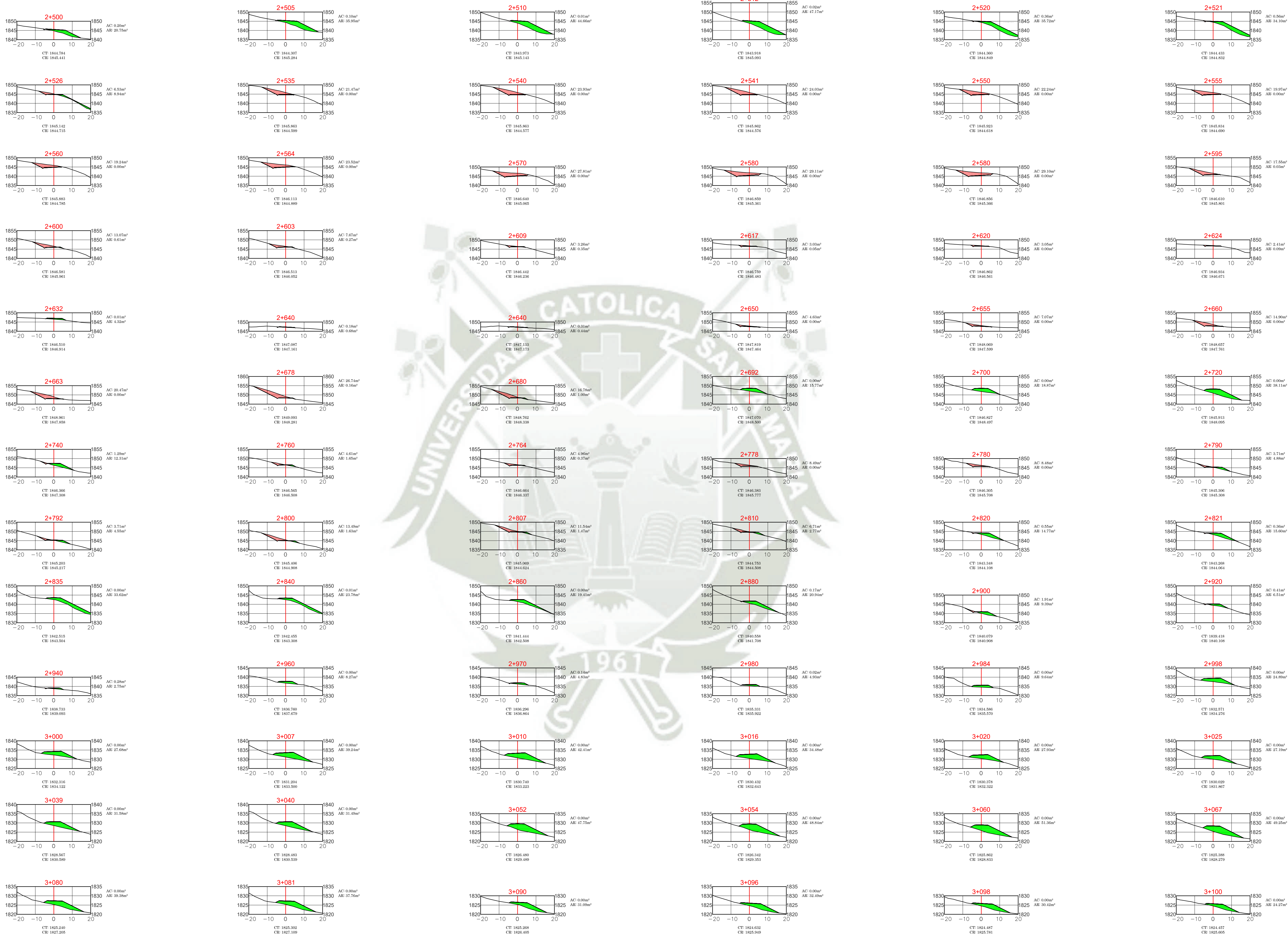
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: 1/1000

FECHA: AGOSTO 2020

PLANO: ST-03





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALA HUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER: ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

PROVINCIA: GENERAL SÁNCHEZ CERRO

DISTRITO: LA CAPILLA

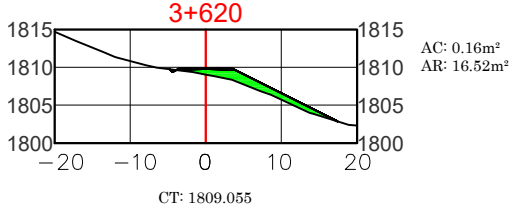
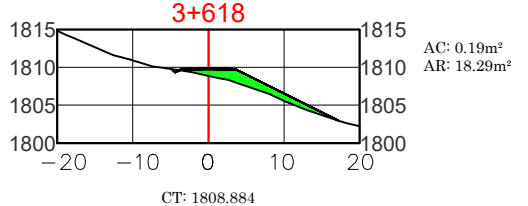
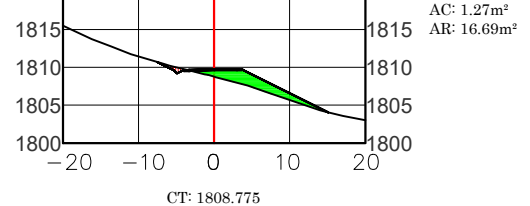
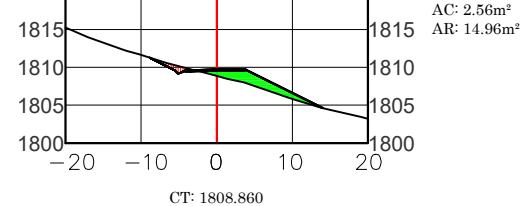
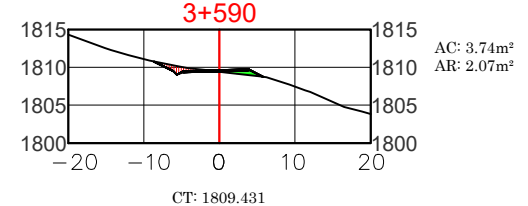
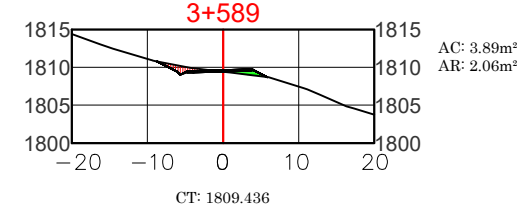
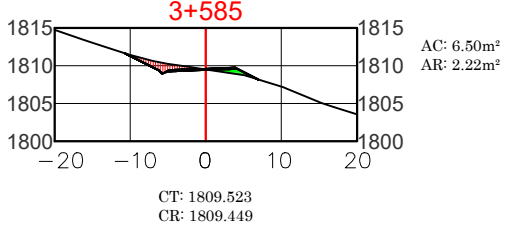
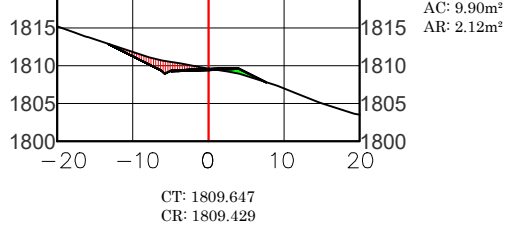
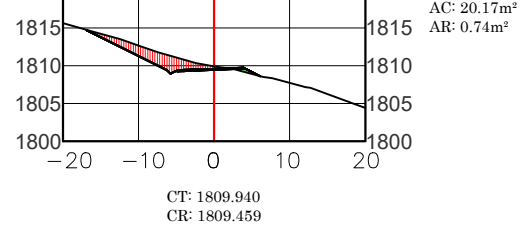
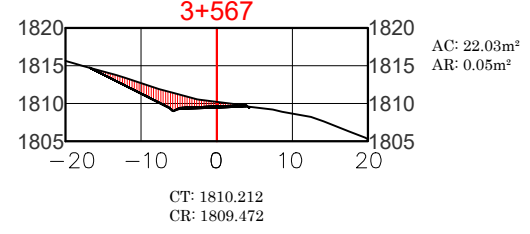
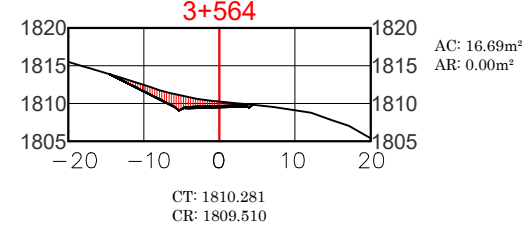
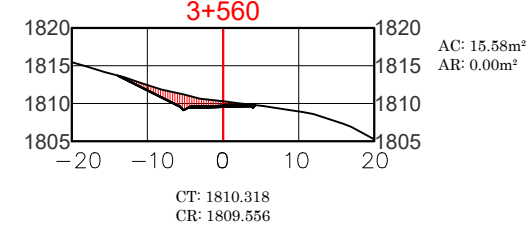
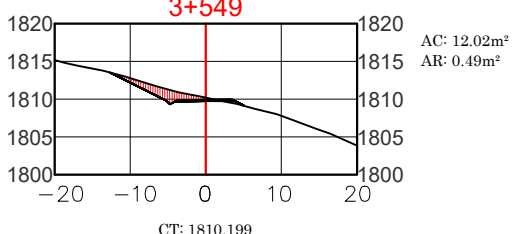
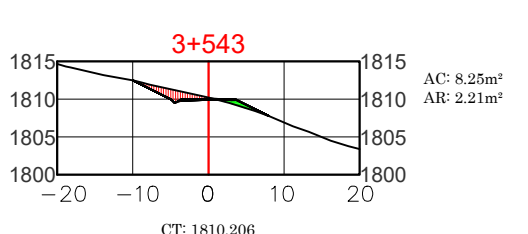
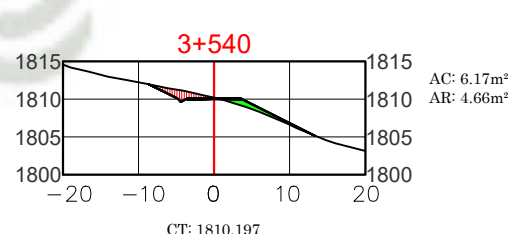
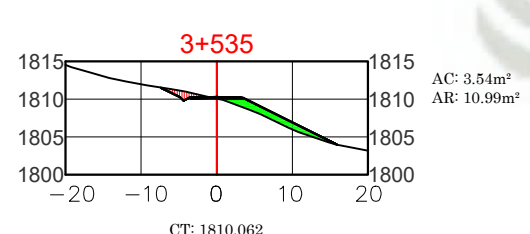
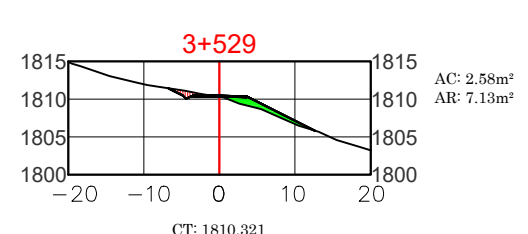
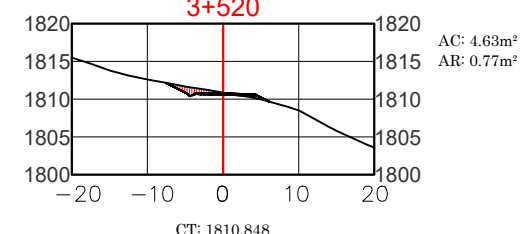
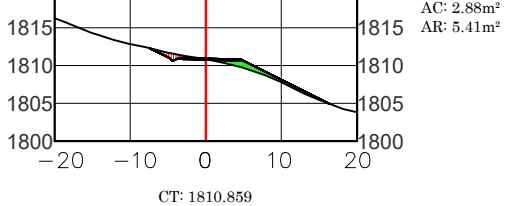
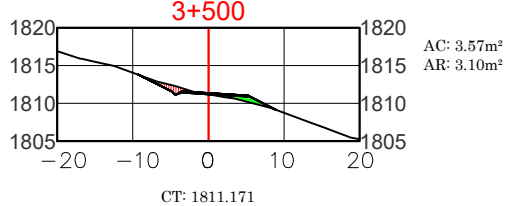
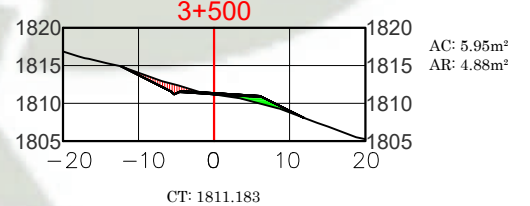
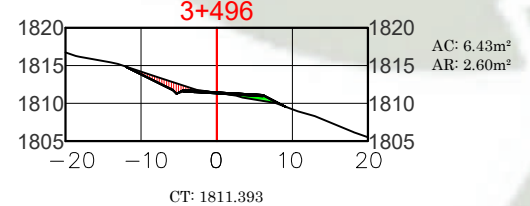
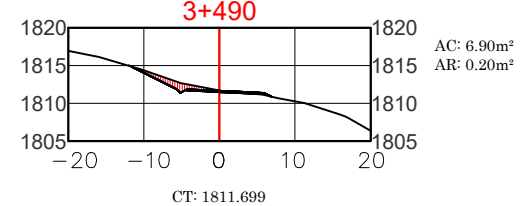
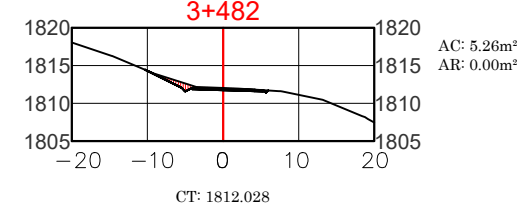
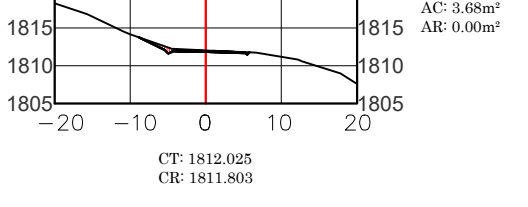
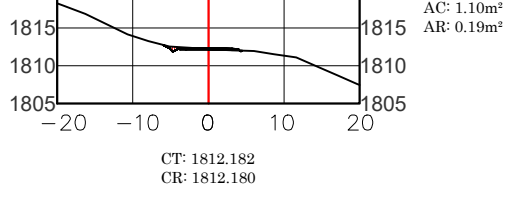
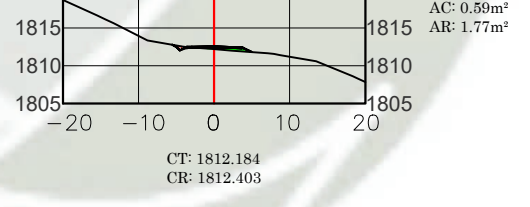
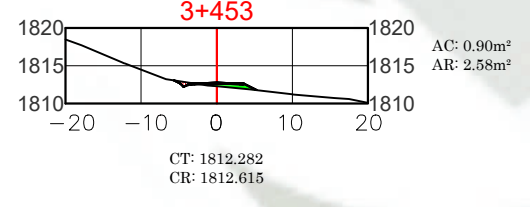
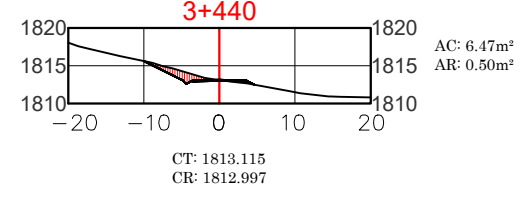
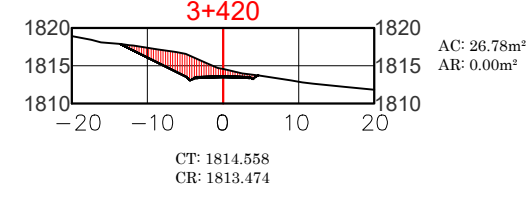
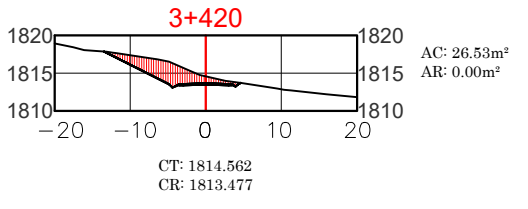
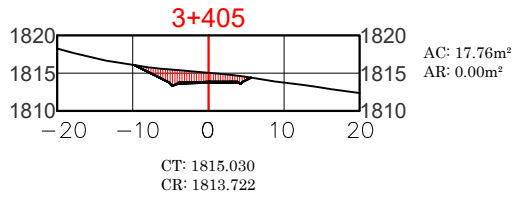
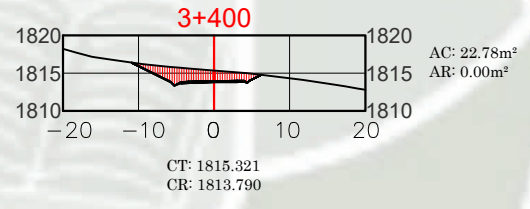
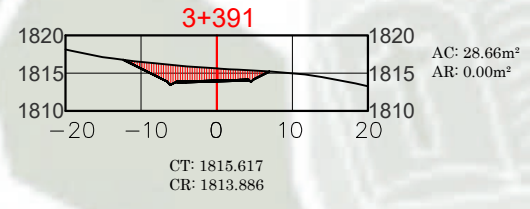
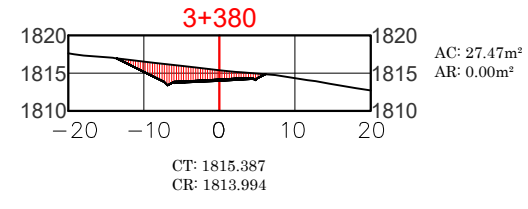
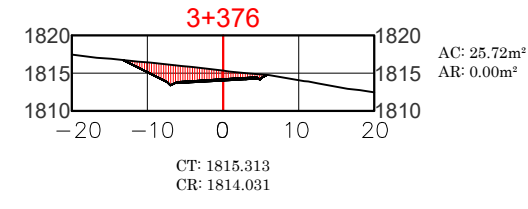
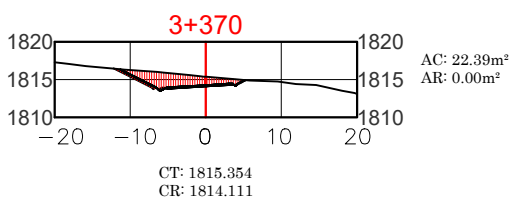
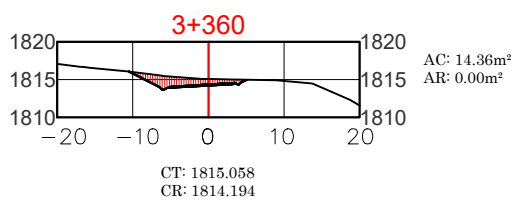
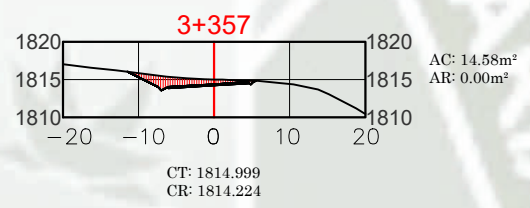
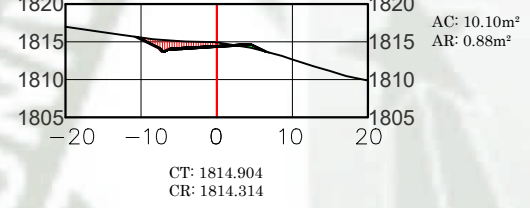
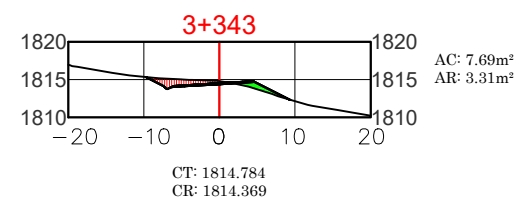
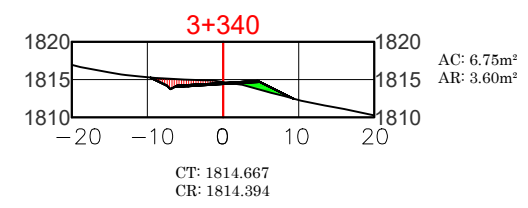
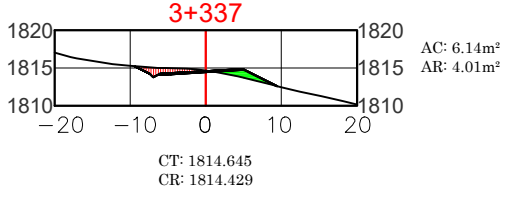
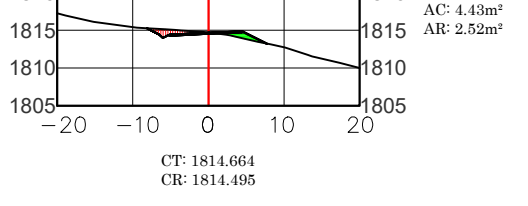
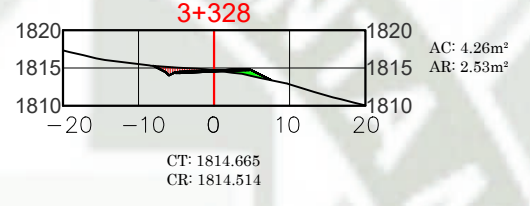
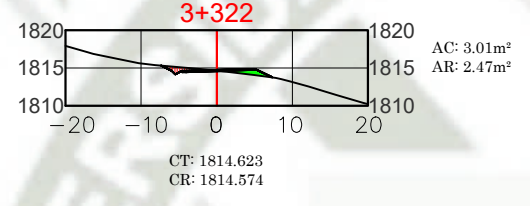
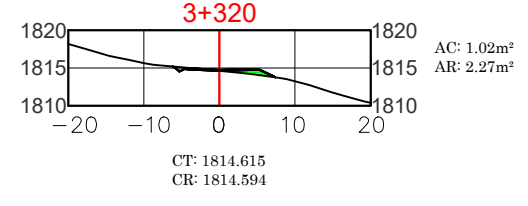
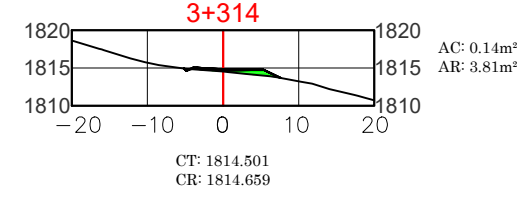
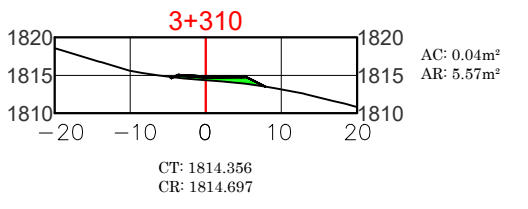
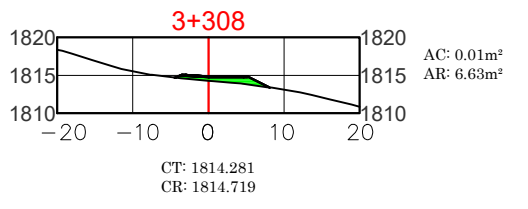
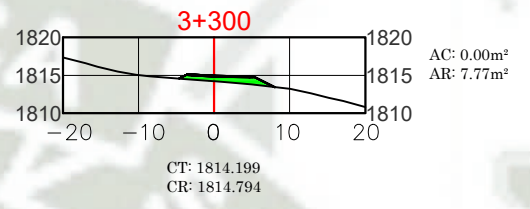
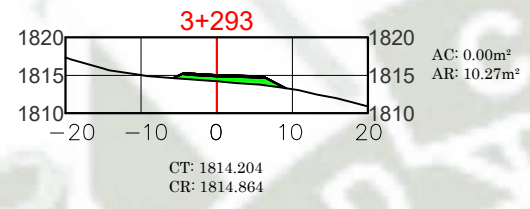
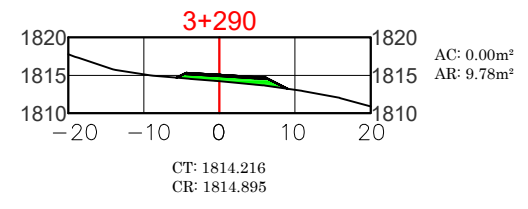
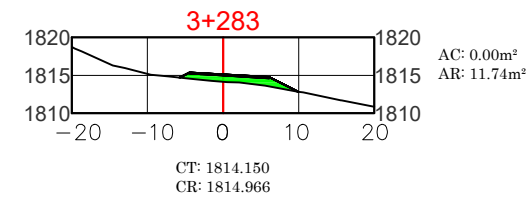
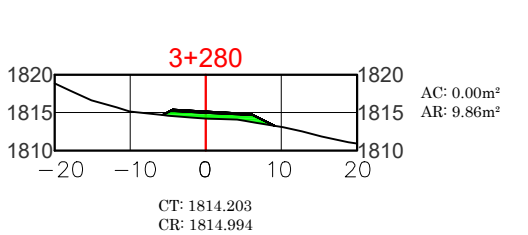
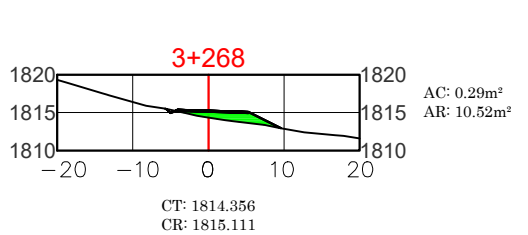
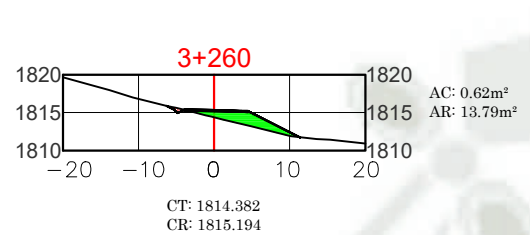
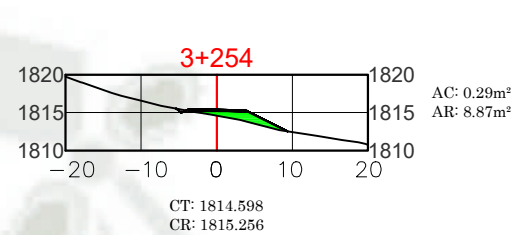
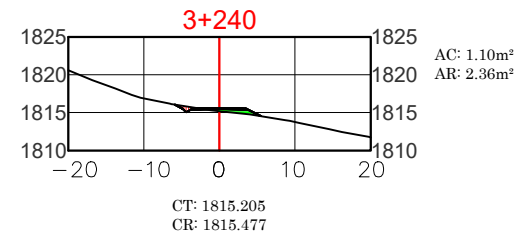
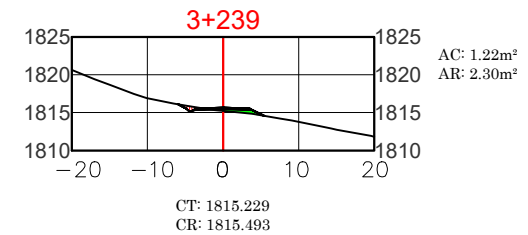
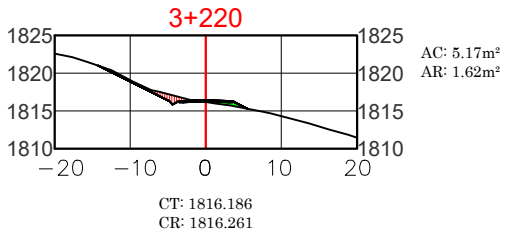
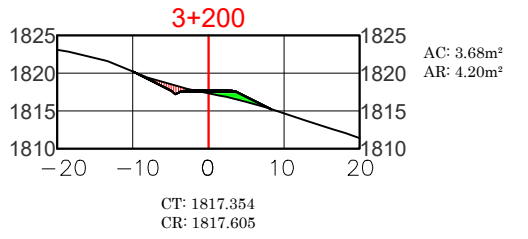
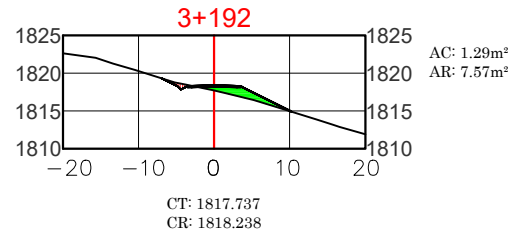
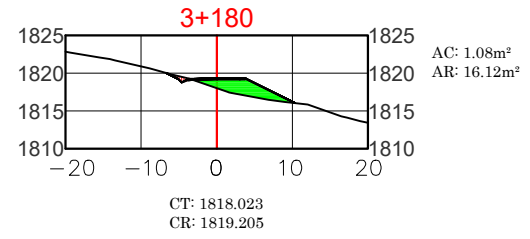
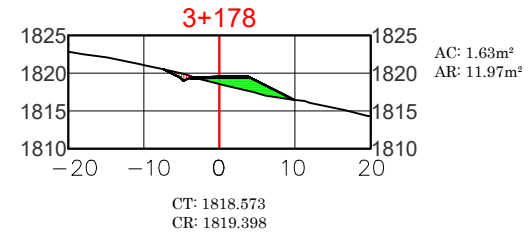
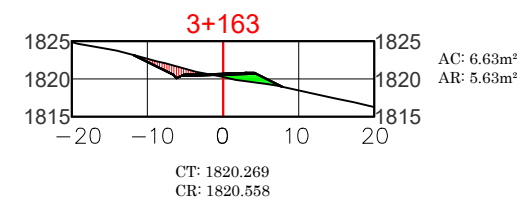
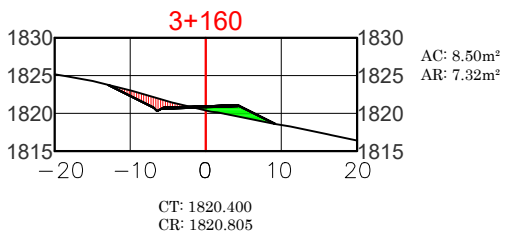
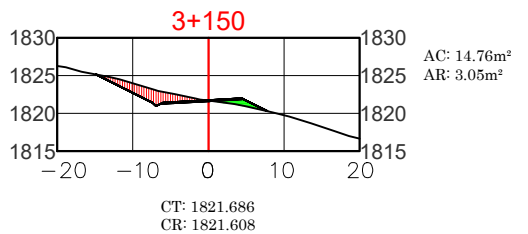
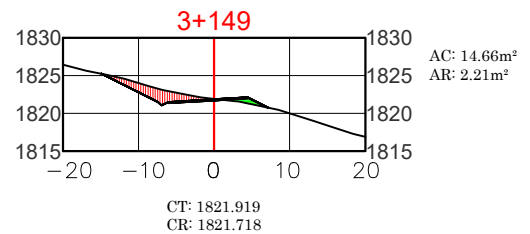
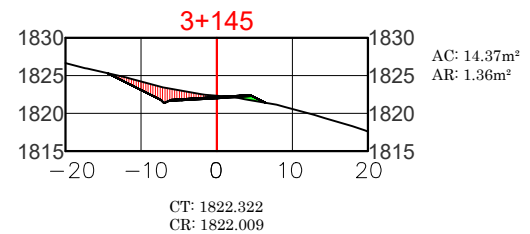
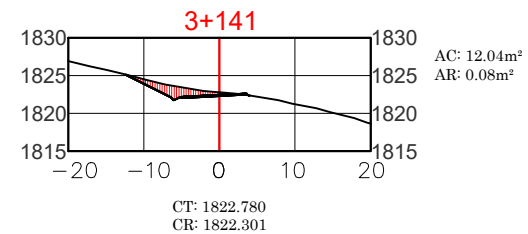
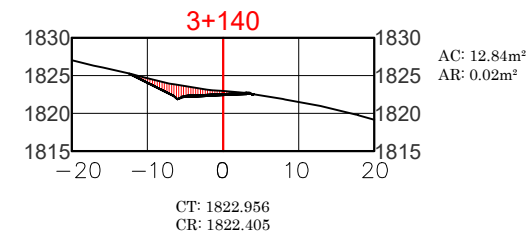
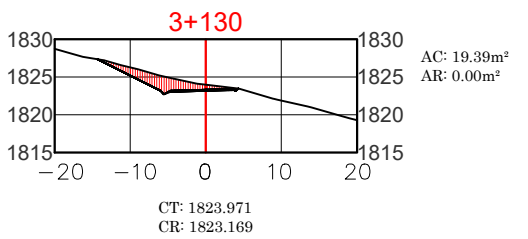
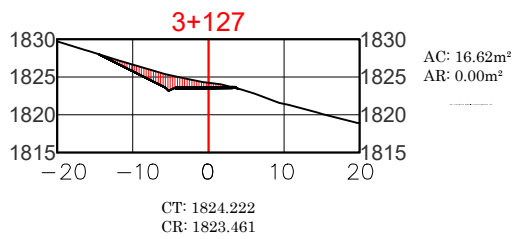
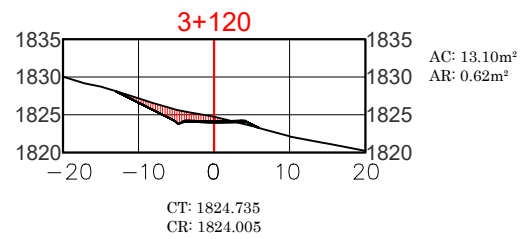
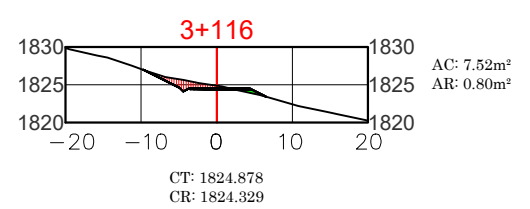
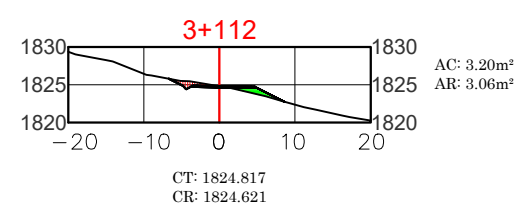
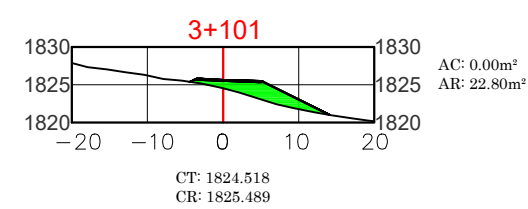
PLANO:

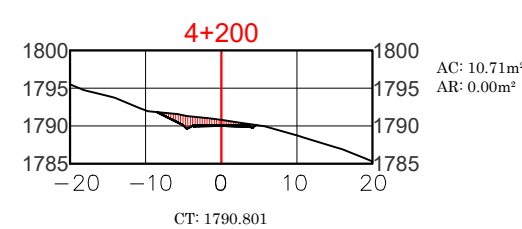
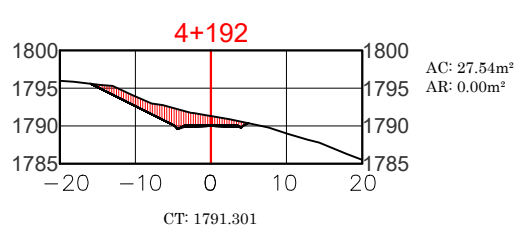
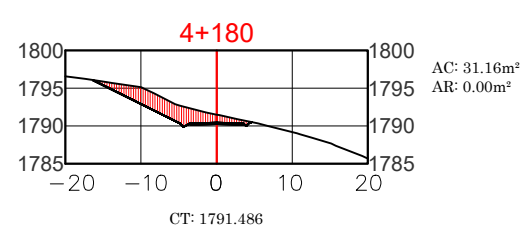
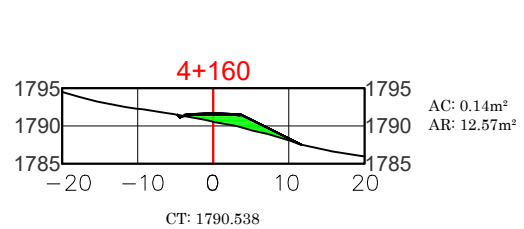
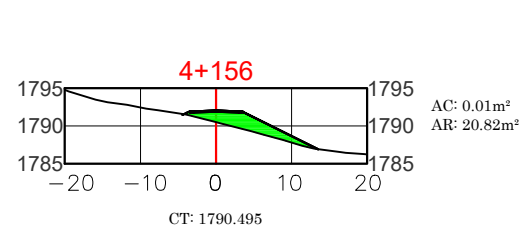
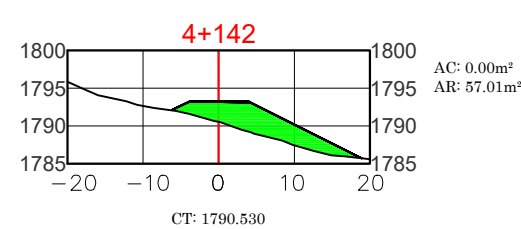
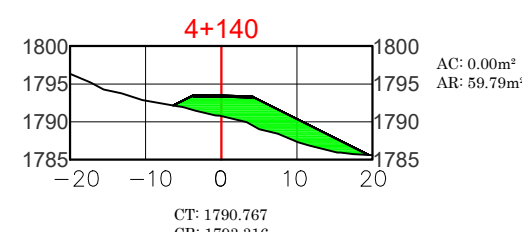
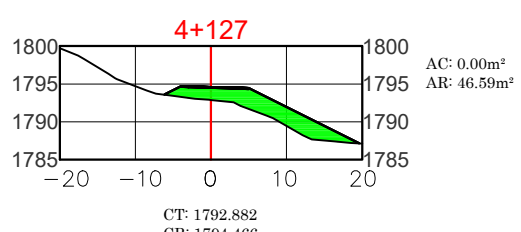
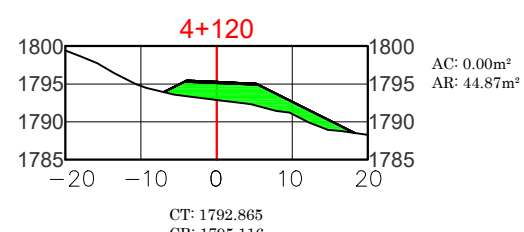
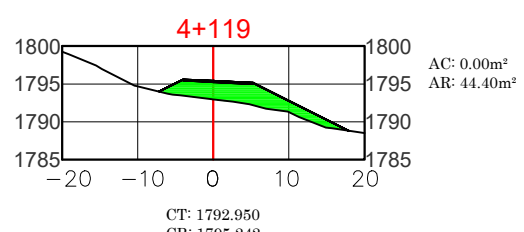
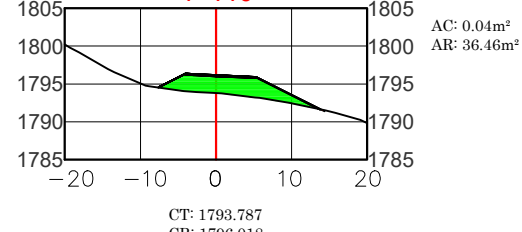
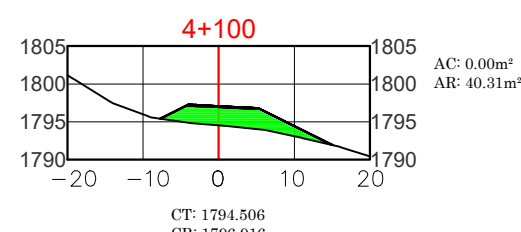
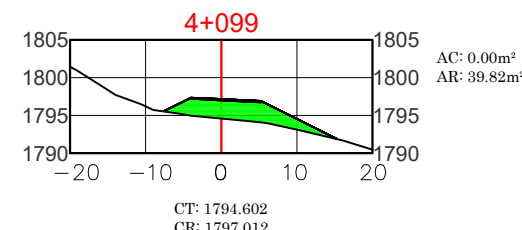
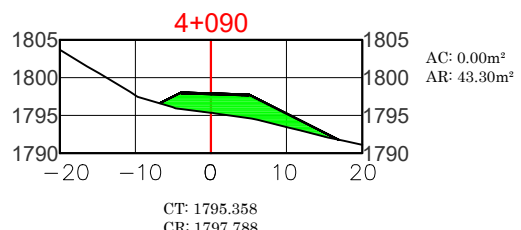
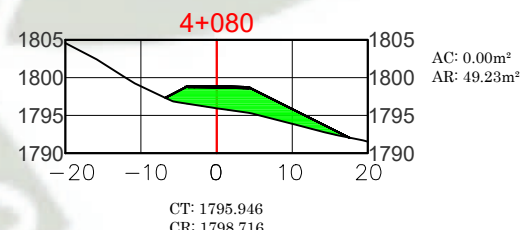
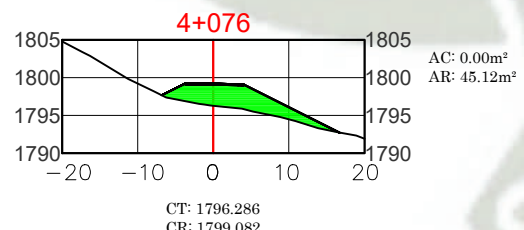
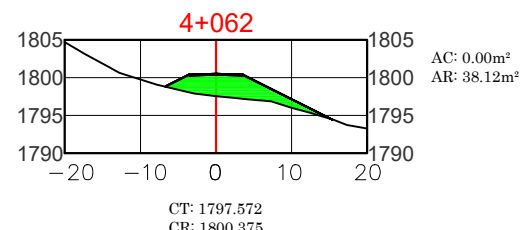
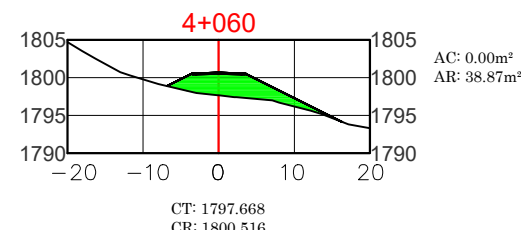
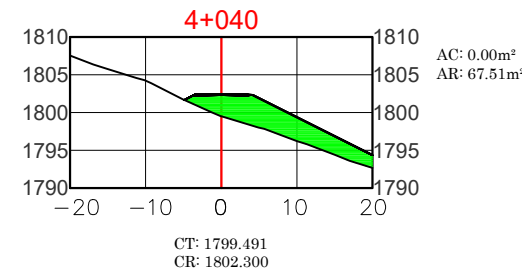
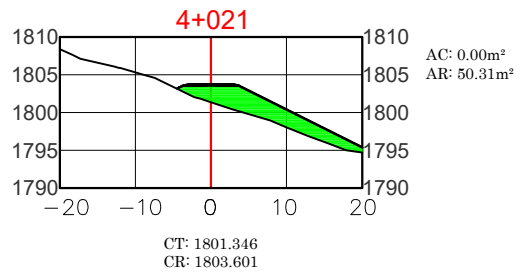
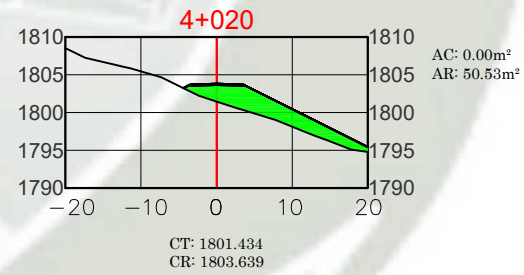
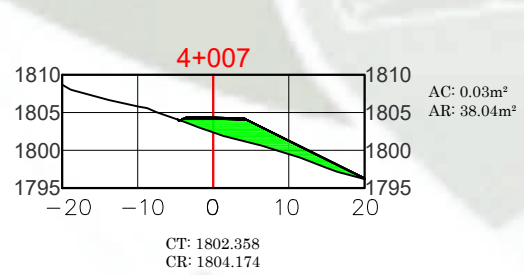
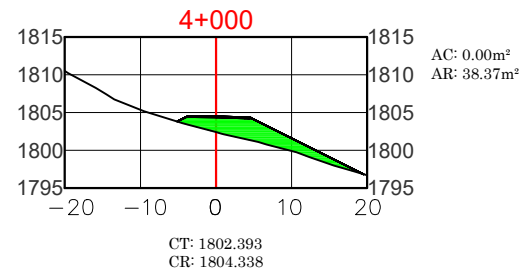
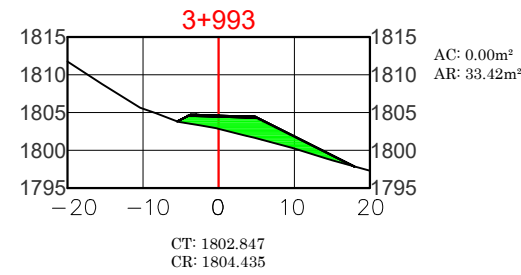
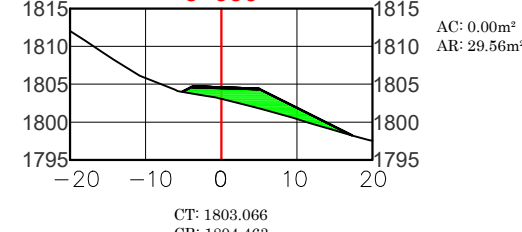
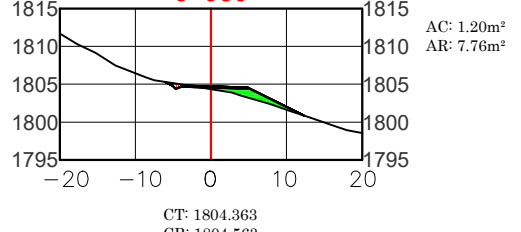
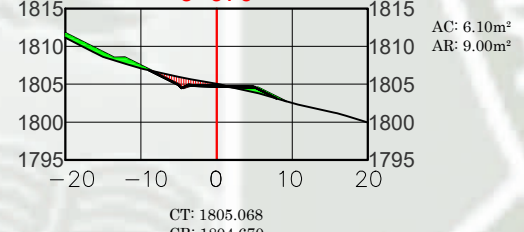
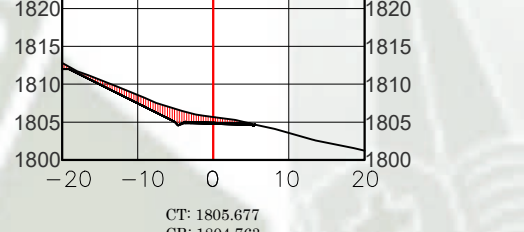
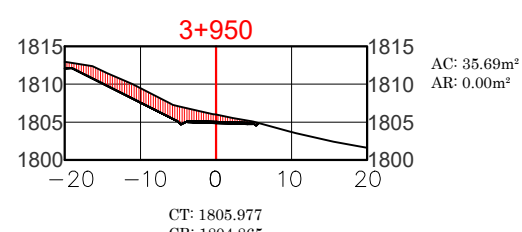
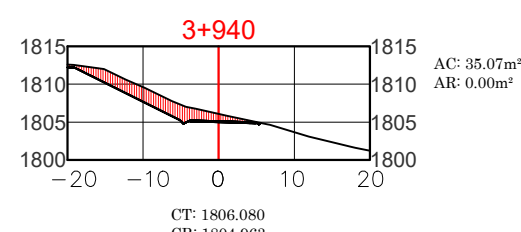
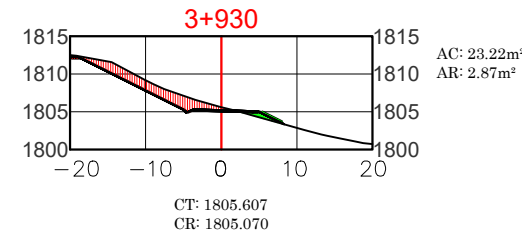
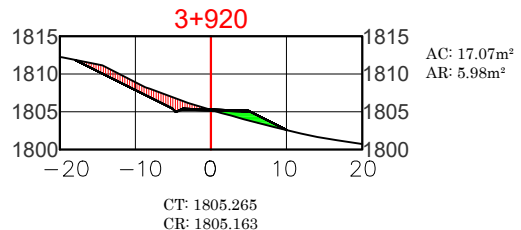
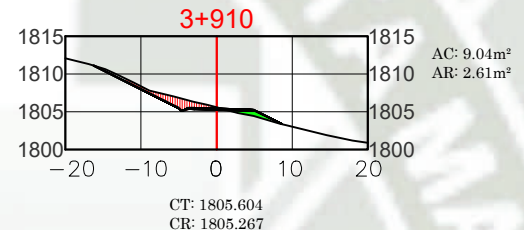
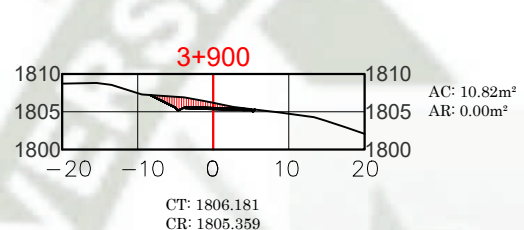
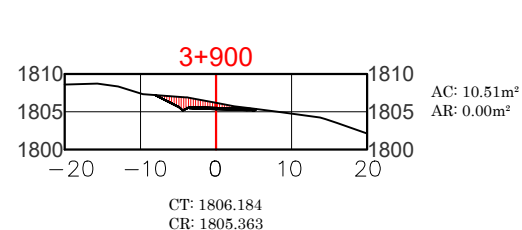
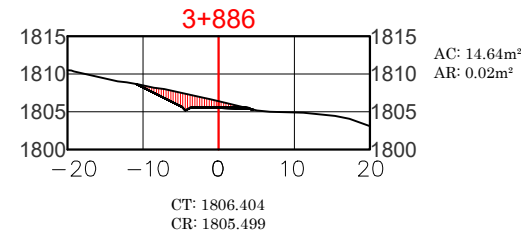
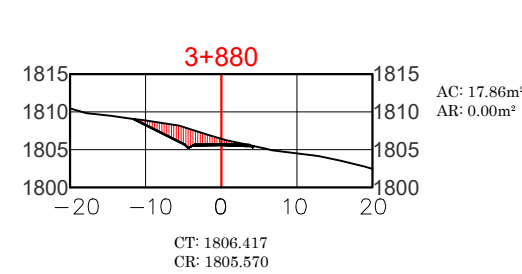
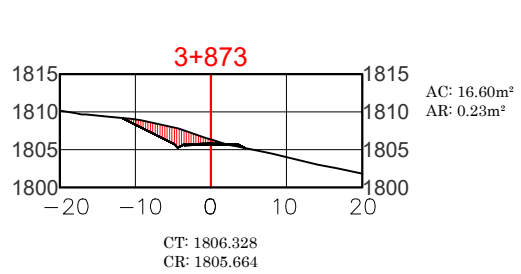
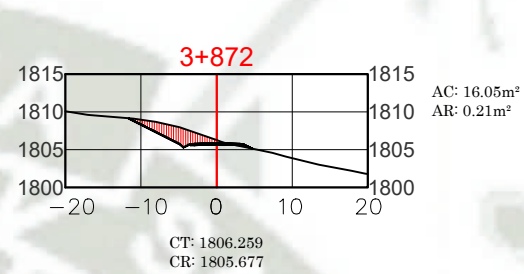
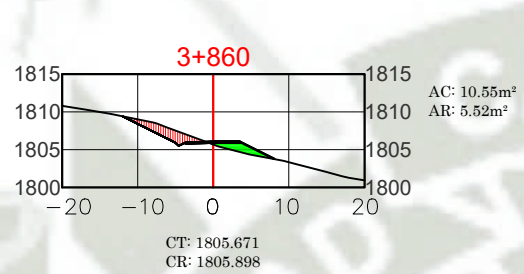
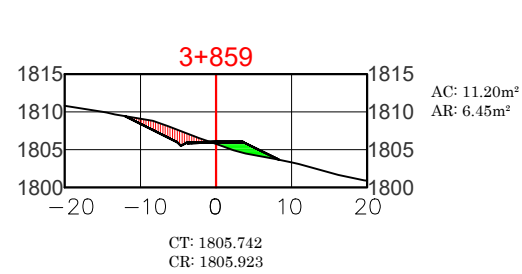
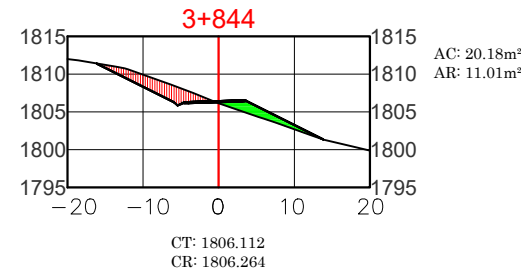
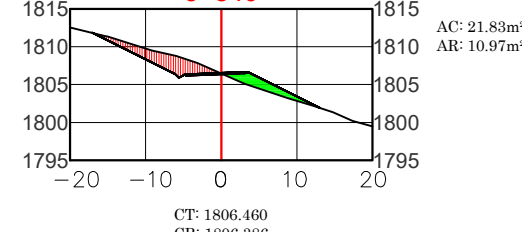
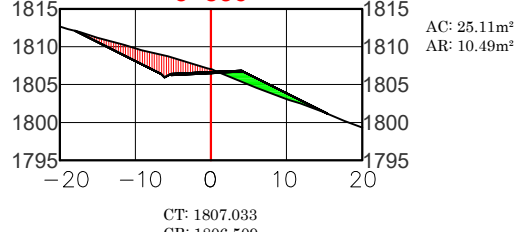
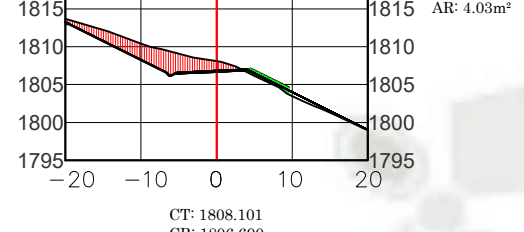
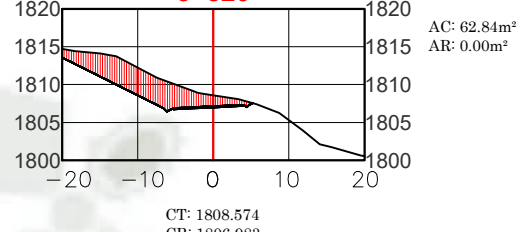
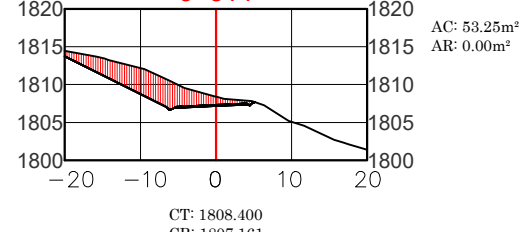
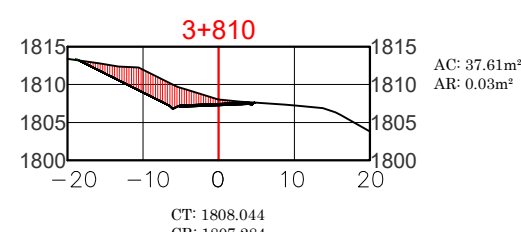
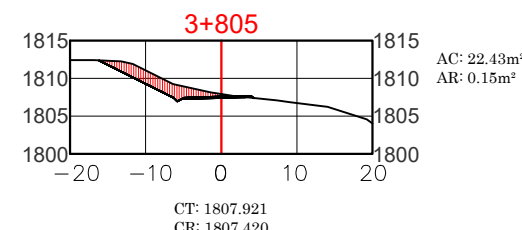
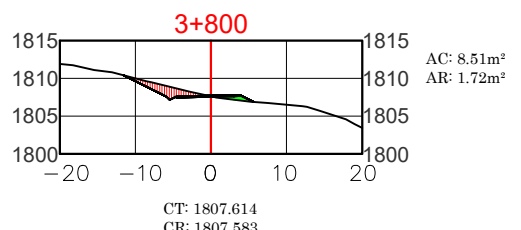
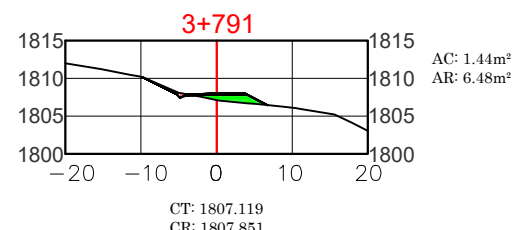
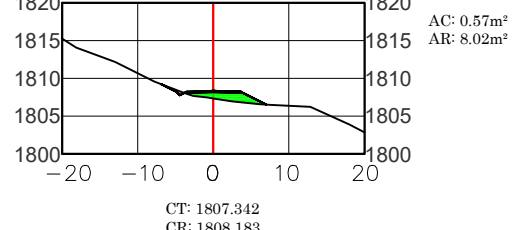
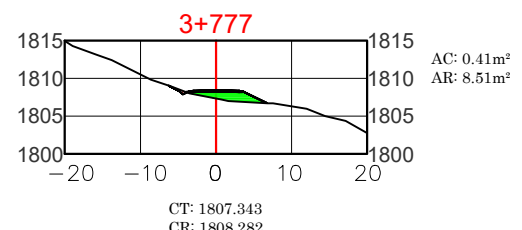
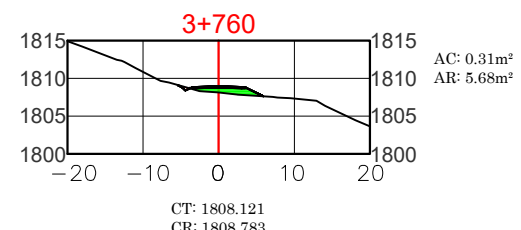
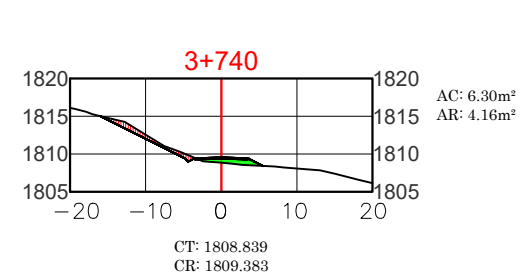
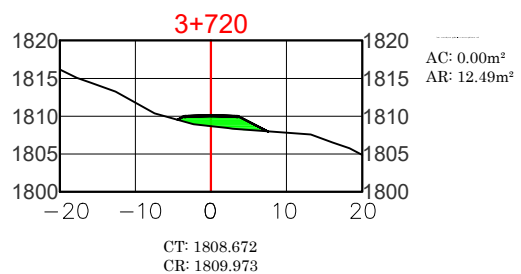
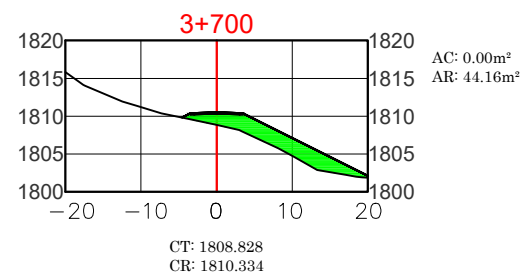
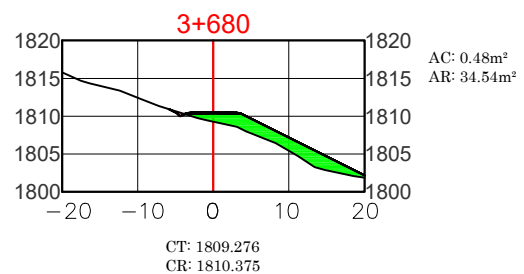
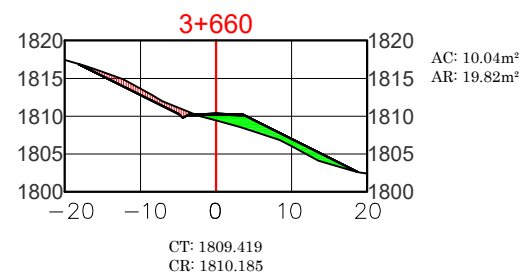
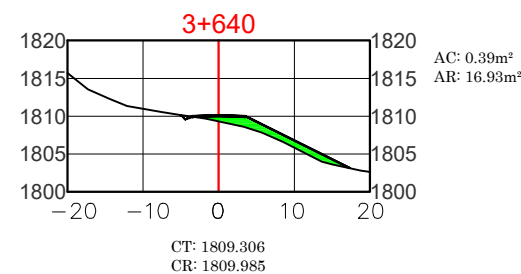
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: 1/1000

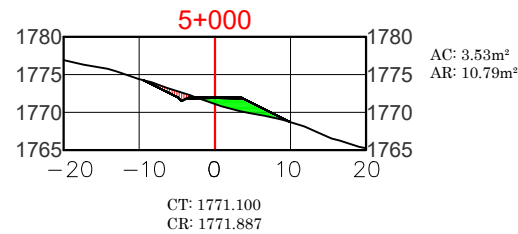
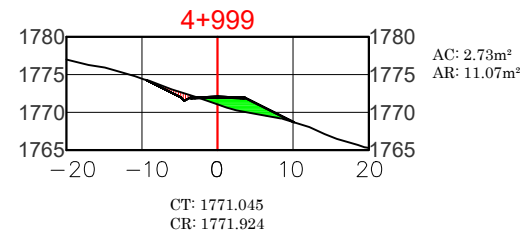
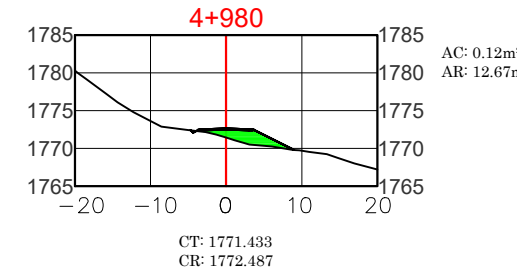
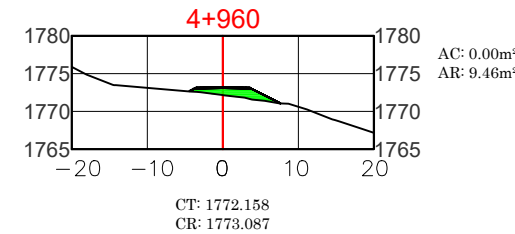
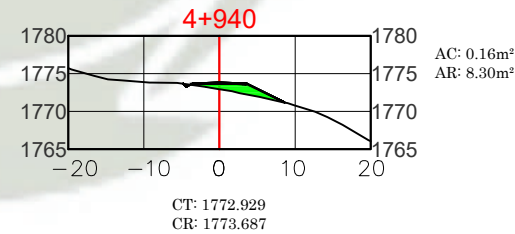
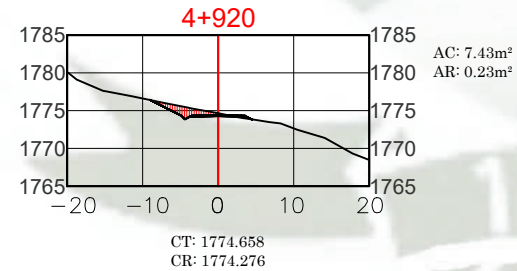
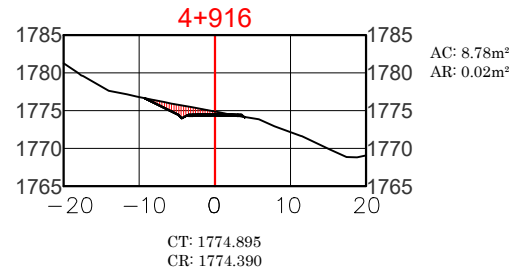
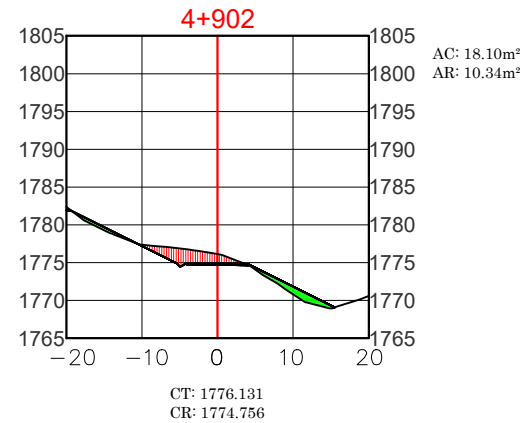
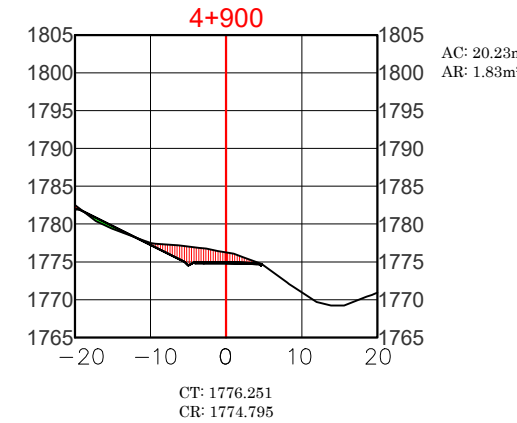
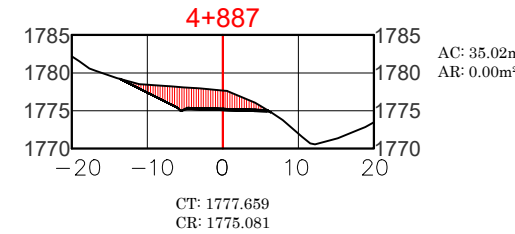
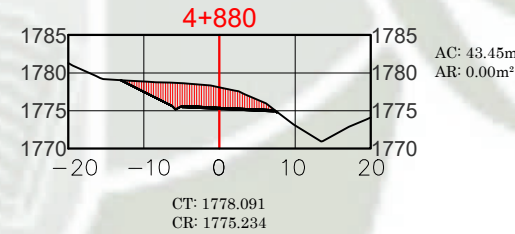
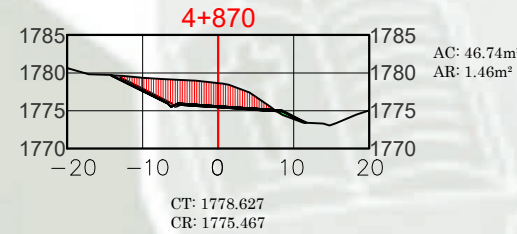
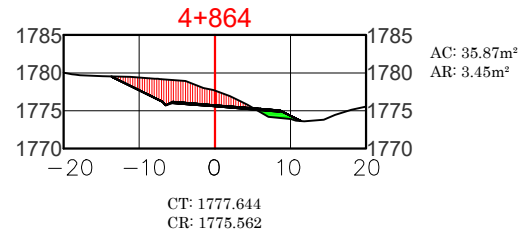
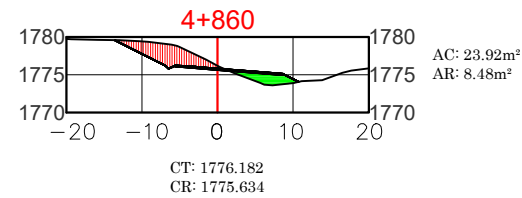
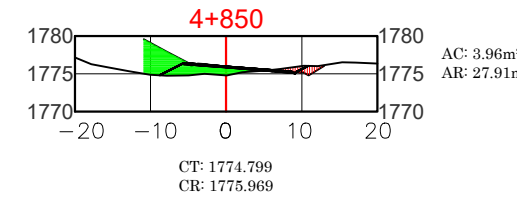
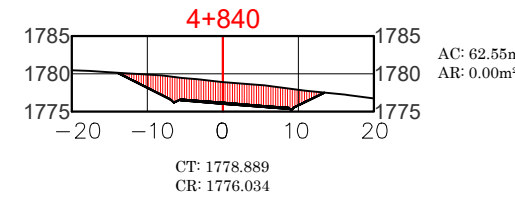
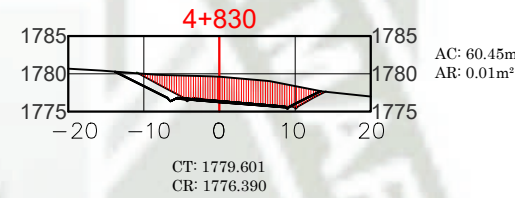
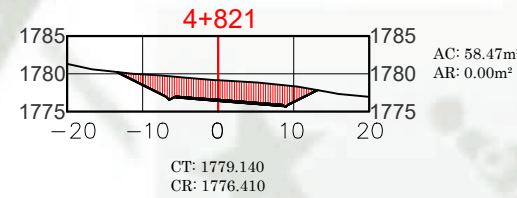
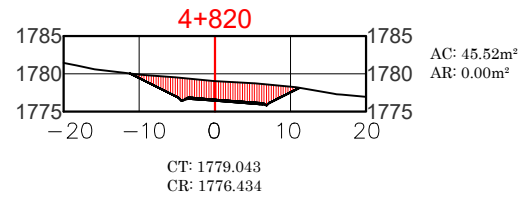
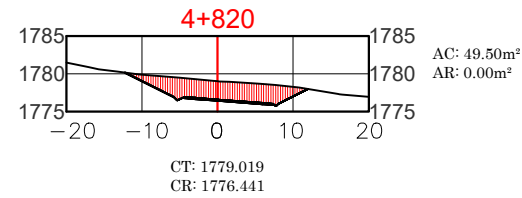
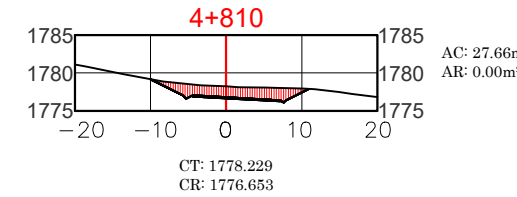
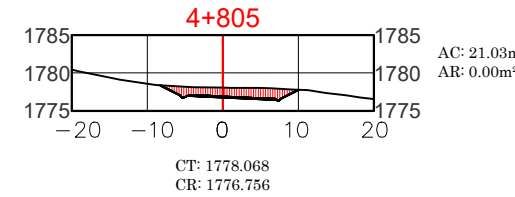
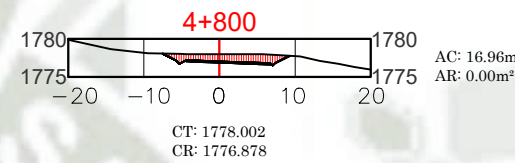
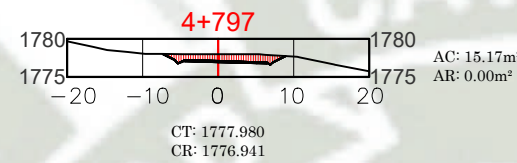
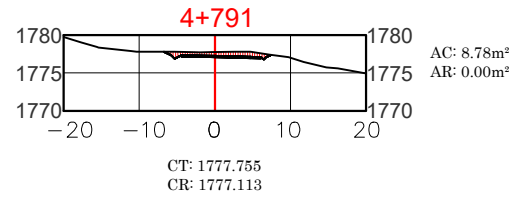
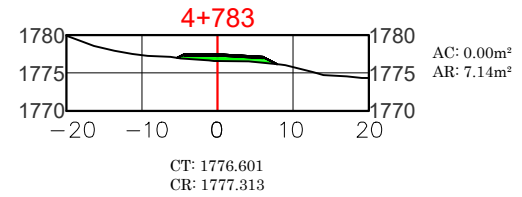
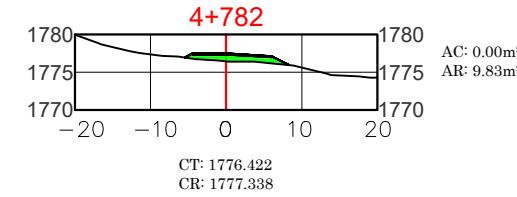
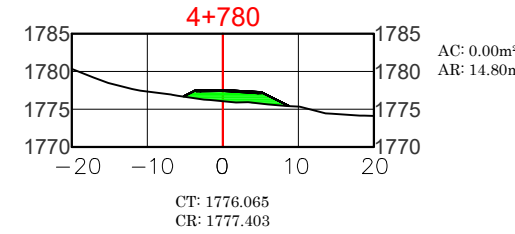
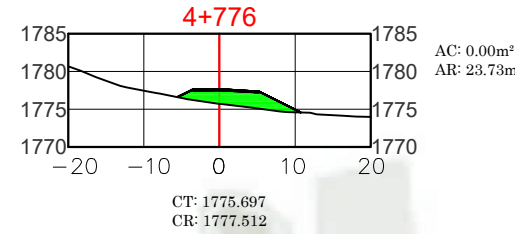
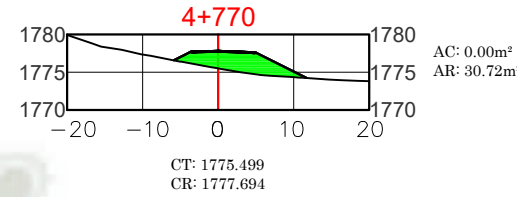
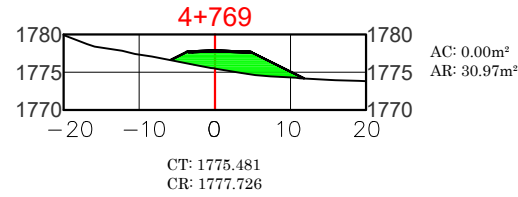
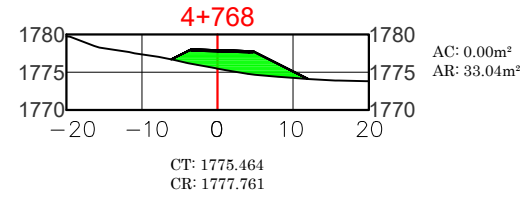
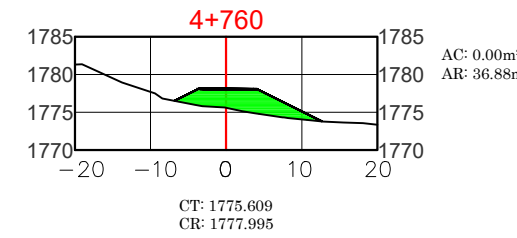
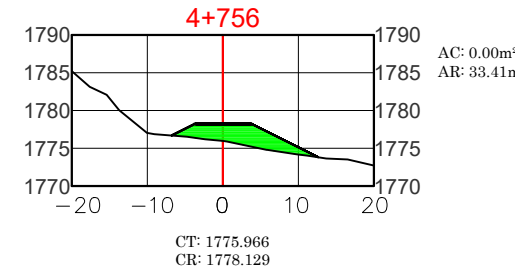
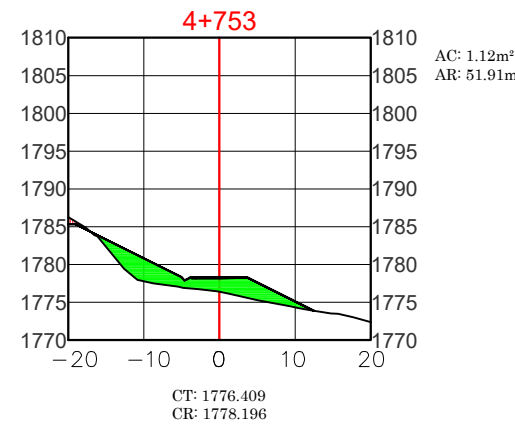
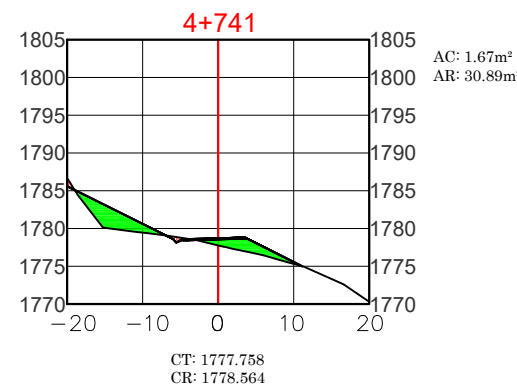
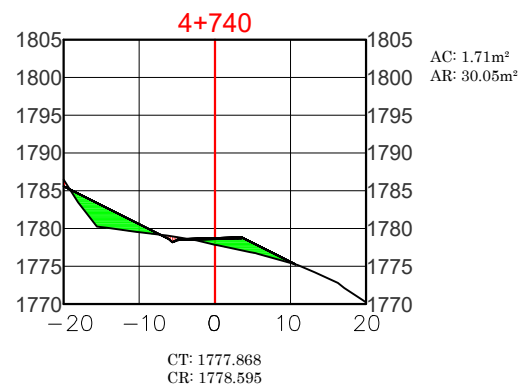
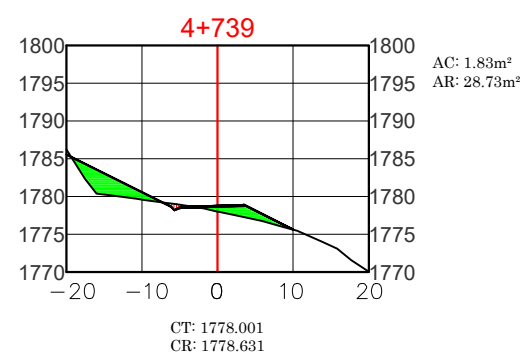
FECHA: AGOSTO 2020

PLANO: ST-05



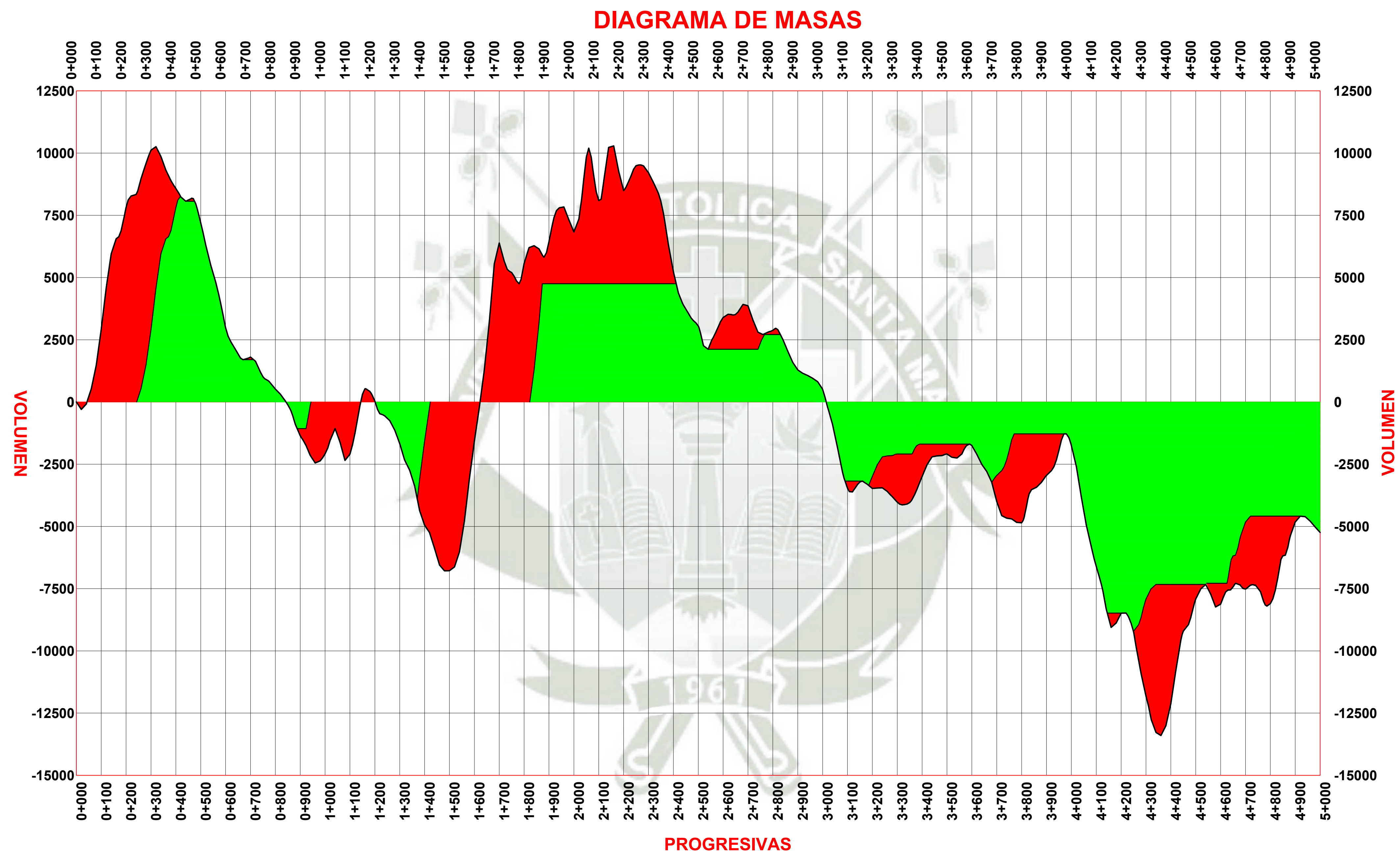


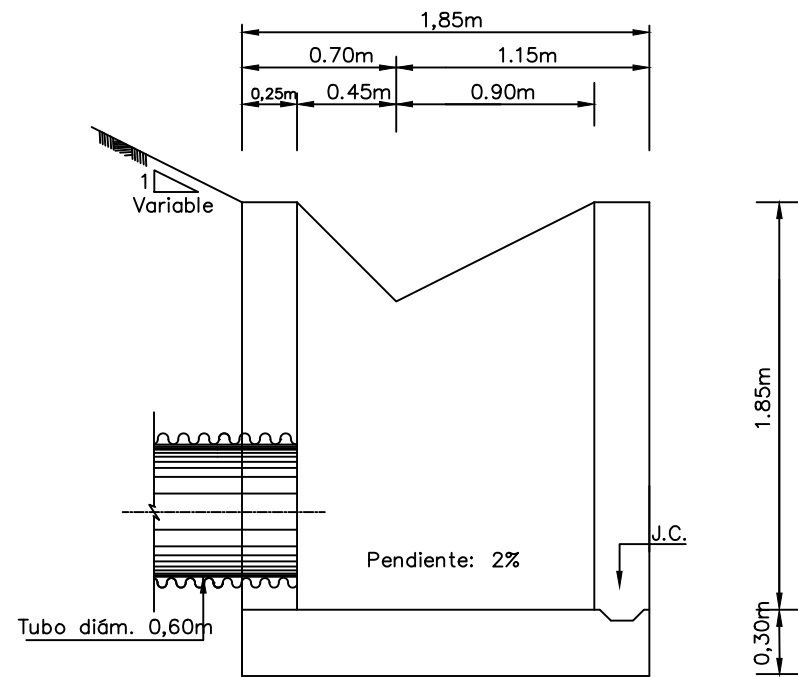




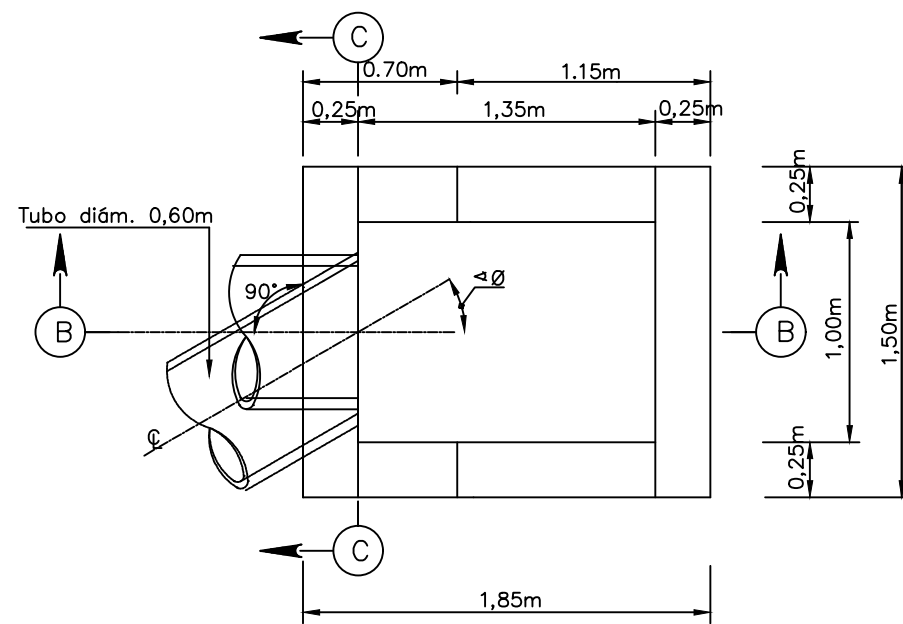
CUADRO DE VOLUMENES						
PROG.	AREA CORTE	AREA RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOL. CORTE ACUMULADO	VOL. RELLENO ACUMULADO
0+000.00	0.04	23.75	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	6.15	13.13	61.94	368.78	61.94	368.78
0+040.00	29.23	1.22	353.85	143.52	415.79	512.30
0+060.00	32.91	0.00	621.44	12.55	1037.23	524.55
0+080.00	61.35	0.00	942.65	0.00	1979.88	524.55
0+100.00	76.93	0.00	1362.85	0.00	3362.73	524.55
0+120.00	81.77	0.00	1587.03	0.00	4949.76	524.55
0+140.00	56.12	0.00	1378.89	0.00	6328.65	524.55
0+160.92	55.37	0.00	51.11	0.00	6379.76	524.55
0+155.29	22.88	0.00	562.43	0.00	6942.19	524.55
0+160.00	9.41	0.87	76.01	2.04	7018.20	526.59
0+169.67	7.80	0.29	83.18	5.58	7101.38	532.17
0+178.29	40.00	0.00	212.18	1.19	7313.57	533.35
0+180.00	44.70	0.00	72.34	0.00	7385.90	533.35
0+190.00	52.59	0.00	501.66	0.00	7887.56	533.35
0+200.00	46.57	0.00	509.21	0.00	8396.77	533.35
0+200.58	45.27	0.00	26.76	0.00	8423.53	533.35
0+209.21	26.30	0.00	315.42	0.00	8738.95	533.35
0+220.00	15.88	3.07	227.61	16.56	8866.57	549.91
0+220.40	15.51	2.01	6.31	1.02	8872.87	550.93
0+223.58	13.31	4.97	45.83	11.09	9018.71	562.02
0+234.61	8.27	10.83	118.98	87.14	9137.69	649.16
0+237.96	9.97	9.82	30.50	34.54	9168.19	683.70
0+240.00	12.53	6.34	22.97	16.49	9191.17	700.20
0+248.82	34.67	0.00	208.22	27.95	9399.39	728.15
0+250.00	37.40	0.00	42.42	0.00	9441.80	728.15
0+252.61	41.83	0.00	103.49	0.00	9545.29	728.15
0+260.00	35.41	0.00	277.20	0.00	9822.49	728.15
0+270.00	26.67	0.00	303.51	0.00	10126.00	728.15
0+280.00	32.40	0.00	287.56	0.00	10413.56	728.15
0+286.42	29.10	0.00	190.84	0.00	10604.41	728.15
0+290.00	27.87	0.00	98.52	0.00	10702.92	728.15
0+290.21	27.81	0.00	5.79	0.00	10708.71	728.15
0+300.00	22.07	0.00	244.24	0.00	10952.96	728.15
0+304.42	16.20	0.00	84.55	0.00	11037.51	728.15
0+318.63	0.00	4.52	115.09	32.14	11152.60	760.29
0+320.00	0.00	6.66	0.00	7.67	11152.60	767.96
0+340.00	0.00	30.58	0.00	372.41	11152.60	1140.37
0+360.00	0.06	22.45	0.65	530.34	11153.25	1670.71
0+367.72	0.19	25.16	0.98	183.78	11154.23	1854.49
0+380.00	0.34	20.44	3.24	279.93	11157.47	2134.42
0+381.72	0.43	18.72	0.66	33.68	11158.13	2168.10
0+395.72	0.28	15.04	4.98	235.03	11163.10	2403.13
0+400.00	0.09	14.56	0.82	63.32	11163.92	2466.45
0+409.04	0.00	19.93	0.44	136.42	11164.36	2602.87
0+410.00	0.00	15.48	0.00	14.81	11164.36	2617.68
0+420.00	0.00	18.66	0.01	170.24	11164.37	2787.92
0+423.04	0.00	18.75	0.00	56.96	11164.37	2844.88
0+437.04	2.29	5.97	16.06	173.04	11180.43	3017.93
0+440.00	7.66	2.41	14.70	12.38	11195.13	3030.31
0+440.12	7.89	2.11	0.94	0.27	11196.07	3030.58
0+454.12	3.88	1.63	82.36	26.17	11278.44	3056.75
0+460.00	7.45	1.14	33.28	8.16	11311.71	3064.91
0+468.12	1.75	4.80	36.85	24.37	11348.56	3089.28
0+470.00	0.13	11.72	1.77	15.52	11350.33	3104.80
0+480.00	0.00	28.91	0.64	205.28	11350.97	3310.08
0+490.00	0.00	40.28	0.00	349.25	11350.97	3659.34
0+500.00	0.00	42.40	0.00	417.23	11350.97	4075.57
0+505.00	0.00	42.48	0.00	214.37	11350.97	4290.94
0+519.00	0.00	45.88	0.00	621.02	11350.97	4911.96
0+520.00	0.00	45.65	0.00	45.81	11350.97	4957.77
0+533.00	0.00	33.85	0.00	516.72	11350.97	5474.49
0+540.00	0.00	30.63	0.00	225.71	11350.97	5700.20
0+549.10	0.00	30.04	0.00	276.05	11350.97	5976.26
0+560.00	0.00	34.33	0.00	350.77	11350.97	6327.02
0+563.10	0.00	39.31	0.00	114.17	11350.97	6441.19
0+577.10	0.00	47.46	0.00	605.41	11350.97	7046.60
0+580.00	0.00	50.08	0.00	141.39	11350.97	7187.98
0+590.00	0.00	53.71	0.00	513.53	11350.97	7707.52
0+600.00	0.00	42.08	0.00	474.58	11350.97	8176.10
0+610.00	0.00	25.59	0.00	335.45	11350.97	8511.55
0+617.74	0.00	16.06	0.00	199.44	11350.97	8670.99
0+620.00	0.00	14.10	0.00	34.12	11350.97	8705.11
0+627.64	0.78	7.38	2.97	81.98	11353.94	8787.10
0+631.74	3.22	5.53	8.18	26.39	11362.12	8813.49
0+640.00	0.24	16.93	14.26	92.76	11376.37	8906.25
0+642.02	0.26	16.50	0.50	33.71	11376.88	8939.95
0+645.74	0.30	17.10	1.05	62.49	11377.93	9002.45
0+656.39	0.42	17.23	3.87	182.86	11381.80	9156.31
0+660.00	1.34	14.65	3.03	58.81	11384.83	9248.12
0+665.02	5.77	11.42	16.58	67.51	11401.41	9311.64
0+670.00	11.20	7.17	39.18	47.98	11440.59	9359.62
0+680.00	15.06	7.16	121.29	74.28	11561.88	9433.89
0+687.80	14.39	7.23	106.11	58.37	11667.99	9492.26
0+690.00	11.67	6.10	26.63	15.26	11694.62	9507.52
0+696.42	14.63	5.39	79.50	38.07	11774.12	9545.59
0+700.00	12.76	6.37	48.98	21.01	11823.09	9566.60
0+709.35	0.45	12.18	61.76	86.67	11884.85	9653.27
0+710.80	0.17	12.16	0.45	17.68	11885.31	9670.95
0+720.00	0.00	19.16	0.78	144.11	11886.09	9815.06
0+723.72	0.00	22.13	0.00	76.85	11886.09	9891.91
0+725.17	0.00	23.64	0.00	33.24	11886.09	9925.15
0+738.10	0.00	23.51	0.00	304.65	11886.09	10229.79
0+740.00	0.00	24.03	0.00	45.24	11886.09	10275.04
0+746.72	1.90	23.22	7.06	151.66	11893.15	10426.70
0+750.00	4.66	21.99	11.82	70.28	11904.97	10496.98
0+760.00	7.42	13.08	65.58	165.89	11970.55	10662.86
0+766.41	3.22	9.08	36.55	67.47	12007.10	10730.33
0+770.00	1.49	9.01	8.94	31.07	12016.04	10761.40
0+775.03	0.07	13.24	4.09	54.04	12020.13	10815.44
0+780.00	0.00	16.01	0.17	72.70	12020.30	10886.14

CUADRO DE VOLUMENES						
PROG.	AREA CORTE	AREA RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOL. CORTE ACUMULADO	VOL. RELLENO ACUMULADO
0+789.41	0.00	13.72	0.00	139.83	12020.30	11027.97
0+800.00	0.35	9.18	1.84	121.30	12022.14	11149.27
0+803.78	0.84	7.54	2.25	31.60	12024.39	11180.87
0+820.00	0.10	9.46	7.63	137.88	12032.01	11318.75
0+824.20	0.03	9.97	0.27	40.82	12032.28	11359.58
0+838.20	0.00	15.94	0.20	181.36	12032.48	11540.94
0+840.00	0.00	15.83	0.00	28.55	12032.48	11569.49
0+850.00	0.00	14.97	0.00	154.00	12032.48	11723.49
0+852.20	0.00	15.75	0.00	33.84	12032.48	11757.32
0+860.00	1.79	19.46	6.75	138.92	12039.23	11896.25
0+870.00	1.05	28.35	13.74	244.84	12052.97	12141.09
0+872.29	0.81	30.93	21.13	68.01	12055.10	12209.10
0+879.34	0.43	25.38	4.27	202.84	12059.37	12411.94
0+880.00	0.43	24.62	0.28	16.40	12059.65	12428.34
0+886.29	0.10	18.64	1.67	136.14	12061.32	12564.48
0+893.55	0.00	17.88	0.38	132.58	12061.70	12697.06
0+900.00	0.07	16.96	0.25	112.30	12061.95	12809.36
0+900.29	0.09	17.51	0.25	5.07	12061.97	12814.43
0+907.77	0.15	17.91	0.91	132.28	12062.88	12946.72
0+910.00	0.07	18.61	0.25	40.81	12063.13	12987.52
0+911.55	0.04	19.15	0.09	29.36	12063.32	13016.88
0+917.68	0.00	19.16	0.13	113.68	12063.34	13130.56
0+920.00	0.00	20.46	0.00	46.04	12063.34	13176.60
0+921.47	0.00	21.08	0.00	30.43	12063.34	13207.03
0+935.68	0.00	21.35	0.00	301.50	12063.34	13508.52
0+940.00	0.00	24.52	0.00	99.18	12063.34	13607.70
0+949.89	0.00	29.57	0.00	267.33	12063.34	13875.03
0+952.15	0.01	26.69	0.01	63.80	12063.36	13938.83
0+960.00	1.86	5.43	7.35	126.01	12070.71	14064.84
0+966.65	3.62	0.24	18.23	18.87	12086.94	14083.71
0+980.00	13.36	0.00	113.31	1.63	12202.25	14085.33
0+981.15	14.49	0.00	16.08	0.00	12218.33	14085.33
0+990.00	14.72	0.92	123.84	4.23	12242.17	14089.56
0+995.65	18.35	0.41	83.89	4.06	12426.06	14093.62
1+000.00	23.29	0.00	82.11	0.96	12508.17	14094.57
1+001.15	24.60	0.00	25.10	0.00	12533.27	14094.57
1+010.00	24.78	0.00	198.47	0.01	12731.74	14094.58
1+015.65	28.56	0.00	150.55	0.01	12882.29	14094.59
1+020.00	31.29	0.00	130.31	0.00	13012.60	14094.59
1+030.15	23.15	0.00	276.15	0.00	13288.74	14094.59
1+040.00	13.97	0.00	182.91	0.00	13471.66	14094.59
1+044.65	0.23	4.35	32.99	1.10	13504.64	14104.69
1+060.00	0.00	66.22	1.77	541.83	13506.41	14646.52
1+075.87	0.00	27.00	0.00	739.59	13506.41	15386.12
1+080.00	2.19	6.72	4.52	69.89	13510.93	15455.80
1+090.37	21.82	0.00	124.45	34.82	13635.37	15490.63
1+100.00	33.90	0.00	268.38	0.00	13903.76	15490.63
1+104.87	41.29	0.00	182.95	0.00	14086.71	15490.63
1+110.00	42.80	0.00	229.70	0.00	14316.41	15490.63
1+119.37	56.24	0.00	500.68	0.01	14871.09	15490.64
1+120.00	55.42	0.00	35.36	0.00	14852.45	15490.64
1+130.00	56.56	0.10	563.90	0.58	15416.35	15491.22
1+140.00	57.68	0.00	567.12	0.58	15983.47	15491.80
1+150.00	45.87	0.00	508.13	0.00	16491.59	15491.80
1+151.04	43.40	0.00	45.05	0.00	16536.65	15491.80
1+153.14	31.83	0.00	76.51	0.00	16613.15	15491.80
1+160.00	6.24	0.00	126.36	0.00	16739.51	15491.80
1+165.54	0.10	1.93	17.11	5.41	16756.62	15497.20
1+167.64	0.00	312	0.10	5.30	16756.73	15502.50
1+180.00	0.00	13.72	0.00	104.15	16756.73	15606.65
1+180.04	0.00	13.70	0.00	0.53	16756.73	15607.18
1+182.14	0.00	15.09	0.00	29.54	16756.73	15636.73
1+190.00	0.71	18.64	2.57	136.43	16759.29	15773.15
1+194.54	2.72	22.97	6.84	102.45	16766.13	15875.60
1+196.64	2.41	66.63	4.72	58.46	16770.85	15932.44
1+200.00	1.03	25.22	5.08	94.86	16775.93	16072.30
1+210.00	1.26	24.33	10.13	268.74	16786.06	16296.04
1+220.00	4.06	10.17	23.70	186.72	16809.77	16482.76
1+222.60	3.71	8.32	8.41	25.55	16818.17	16508.31
1+230.00	0.66	41.18	12.69	48.46	16830.87	16556.77
1+237.10	0.19	7.48	2.91	41.85	16833.77	16598.62
1+240.00	0.29	10.11	0.69	25.50	16834.47	16612.14
1+251.60	2.17	5.60	14.29	91.12	16848.76	16715.23
1+260.00	0.17	8.83	9.84	60.89	16858.60	16776.22
1+264.41	0.00	17.68	0.37	58.61	16858.97	16834.83
1+268.10	0.00	21.59	0.00	33.27	16858.97	16868.10
1+278.41	0.00	29.52	0.00	314.47	16858.97	17182.57
1+280.00	0.00	28.06	0.00	45.88	16858.97	17228.45
1+290.00	0.00	23.57	0.00	258.16	16858.97	17486.61
1+292.41	0.00	33.19	0.00	56.27	16858.97	17542.88
1+300.00	0.00	20.52	0.00	207.22	16858.97	17750.10
1+310.00	0.00	33.71	0.00	327.11	16858.97	18077.21
1+313.37	0.00	34.72	0.00	115.34	16858.97	18192.55
1+320.00	0.00	23.92	0.00	196.52	16858.97	18389.07
1+327.37	0.19	9.46	0.69	123.67	16859.66	18512.74
1+340.00	0.00	13.36	1.18	145.19	16860.84	18657.93
1+341.37	0.00	17.07	0.00	20.86	16860.84	18678.79
1+360.00	0.40	44.31	0.00	571.69	16860.84	19250.48
1+380.00	0.00	46.94	0.00	912.47	16860.84	20165.95
1+400.00	0.00	8.40	0.00	553.38	16860.84	20716.33
1+420.00	0.00	22.34	0.00	307.38	16860.84	21023.71
1+440.00	0.00	23.75	0.00	650.91	16860.84	21674.62
1+460.00	0.00	42.72	0.00	664.73	16860.84	22335.35
1+480.00	2.54	2.38	25.37	261.05	16886.21	22600.40
1+500.00	3.38	3.60	59.18	58.99	16945.40	22660.29
1+520.00	14.65	0.00	182.30	36.05	17127.70	22696.34
1+540.00	45.10	0.00	595.53	0.00	17727.23	22696.34
1+560.00	77.81	0.00	1226.16	0.00	18956.39	22696.34
1+580.00	89.81	0.00	1676.26	0.00	20632.64	22696.34
1+600.00	62.79	0.00	1526.09	0.00	22158.73	22696.34
1+620.00	71.98	0.00	1347.80	0.00	23506.53	22696.34

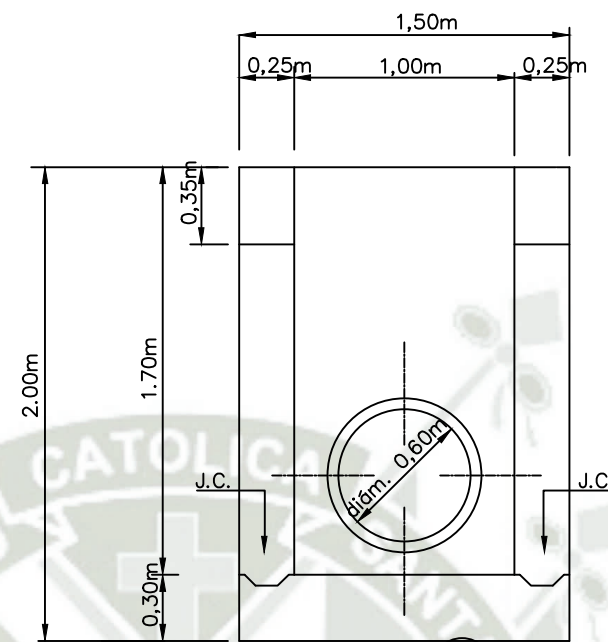




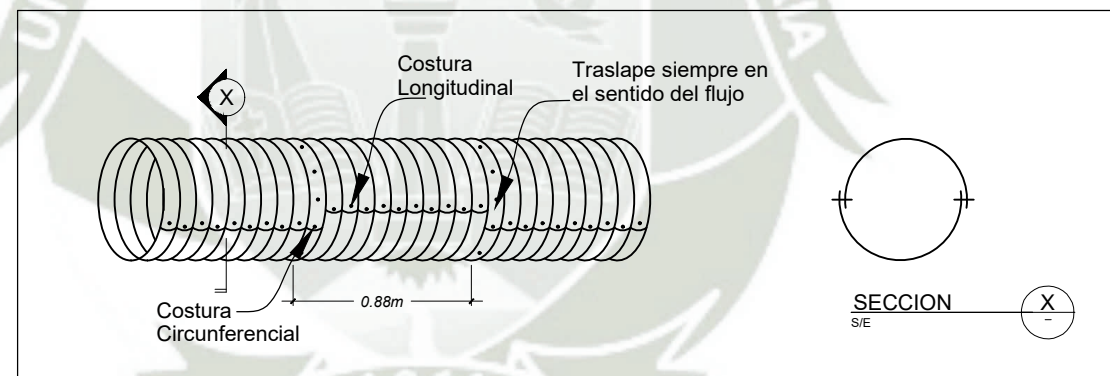
SECCION (B)



PLANTA



SECCION (C)



SECCION X-X

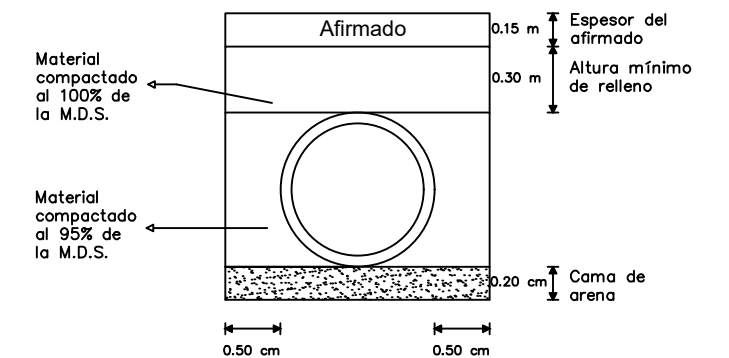
PESOS Y ALTURA DE COBERTURA MÍNIMA

Diámetro (pulg.)	Diámetro (m)	Área (m ²)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Altura Mínima de Relleno (m)	Altura Máxima de Relleno (m)	Pendiente Longitudinal (%)
24"	0.60	0.28	1.8	36.98	0.30	26.00	3.00

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO SIMPLE
CAJA DE TOMA $f_c = 175\text{kg/cm}^2$

SECCIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLADO



Nota:
El material de relleno de esta estructura de obra de drenaje transversal (alcantarilla), será la misma con la que se trabajara el terraplén, tal como indica el manual de carreteras, Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC, en la Sección 502, el tamaño máximo de este material debe ser de 10 cm, su IP menor a 11%, el porcentaje máximo de fragmentos de roca(7.62cm) debe ser de 20% y el desgaste de los Ángeles debes ser como máximo 60%. El detalle de la colocación del TMC, se colocará en la presente tesis en la parte de Especificaciones Técnicas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER: ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

PROVINCIA: GENERAL SÁNCHEZ CERRO

DISTRITO: LA CAPILLA

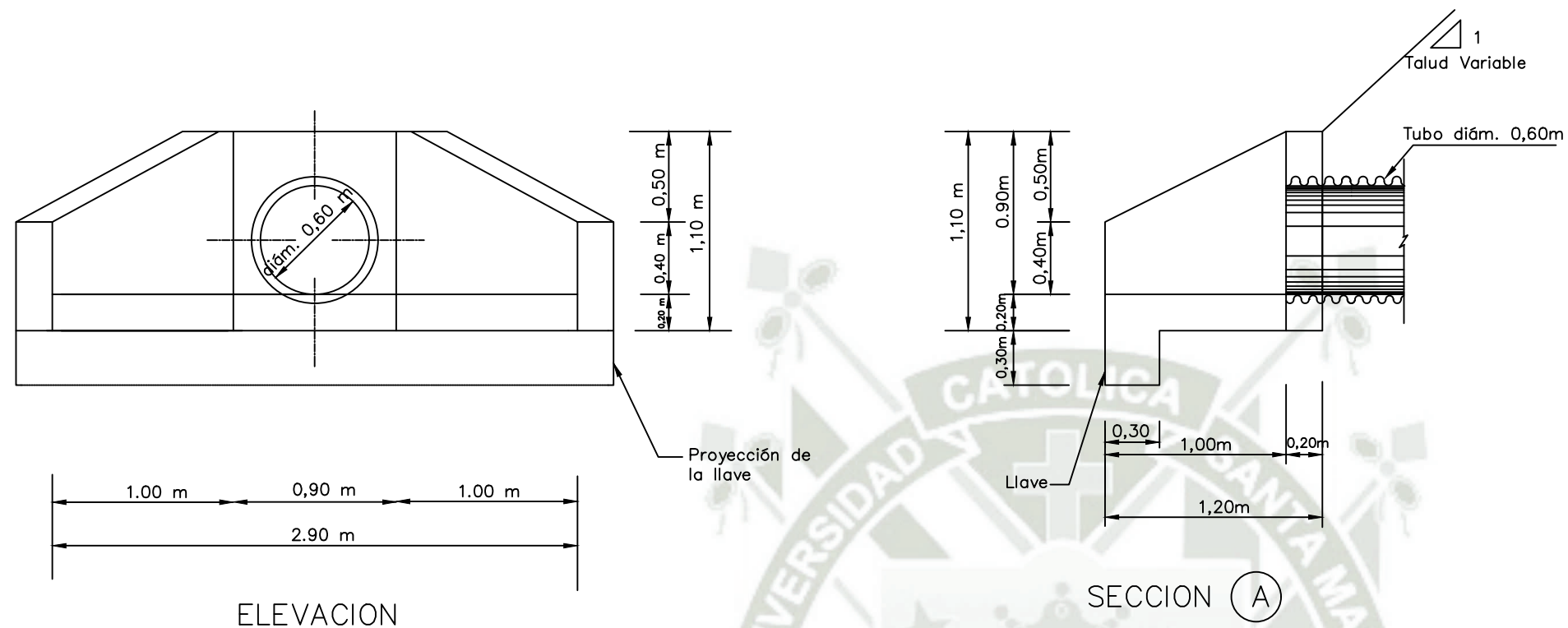
PLANO:

OBRAS DE ARTE Y DRENAJE
CAJA DE TOMA

ESCALA: 1:35

FECHA: SETIEMBRE 2020

PLANO:
OAD-01

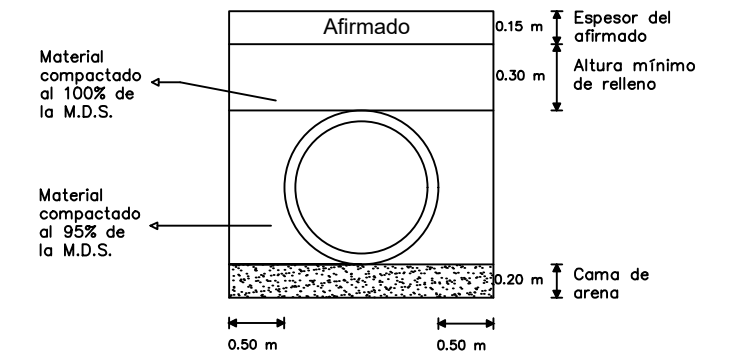


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

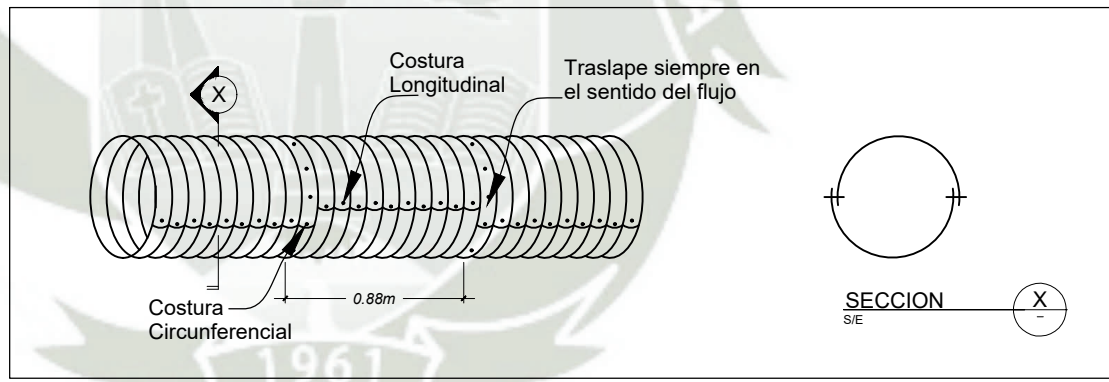
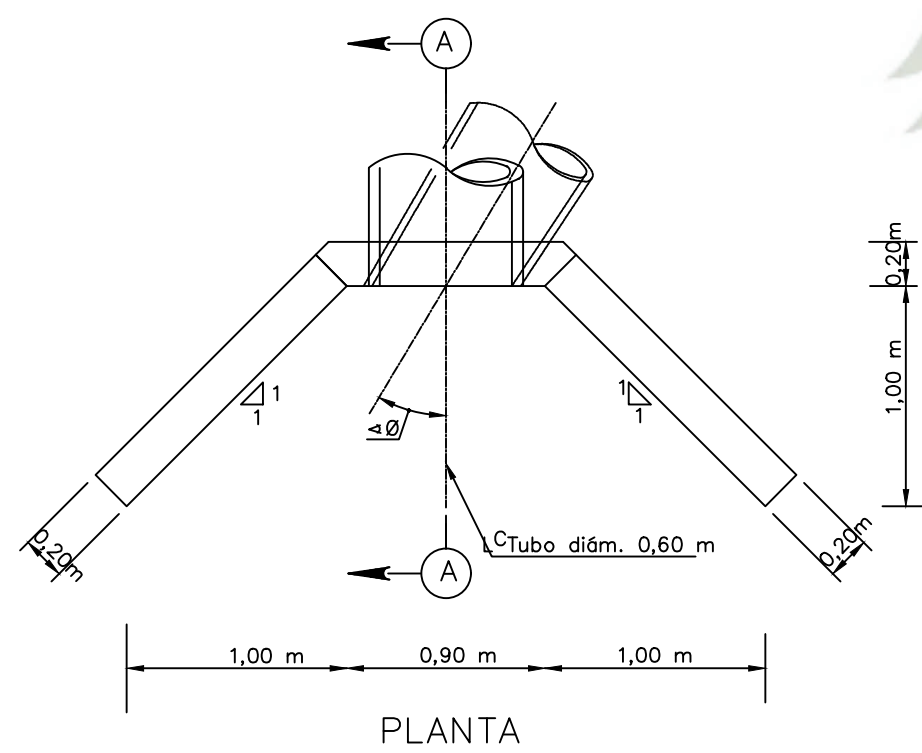
CONCRETO SIMPLE

CABEZAL y ALAS	$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$
ANCLAJE	$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

SECCIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLADO



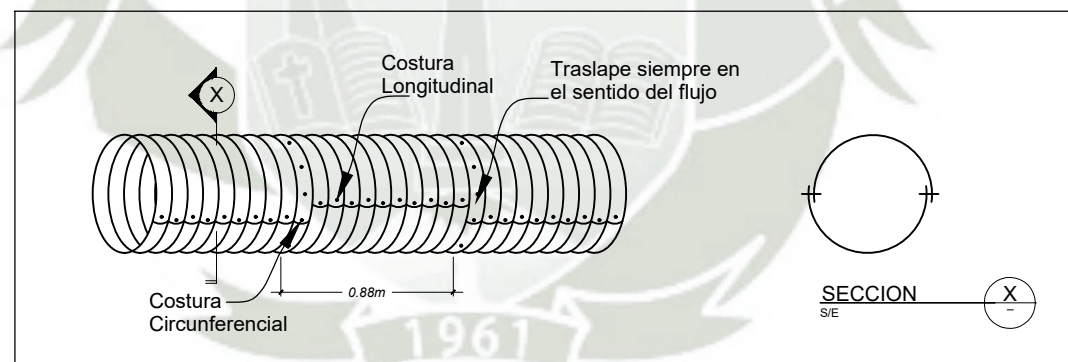
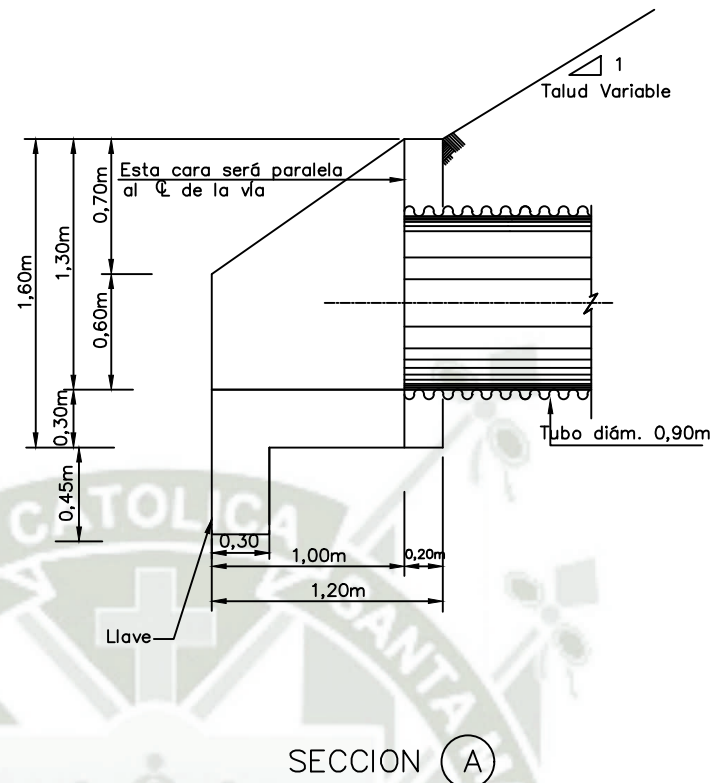
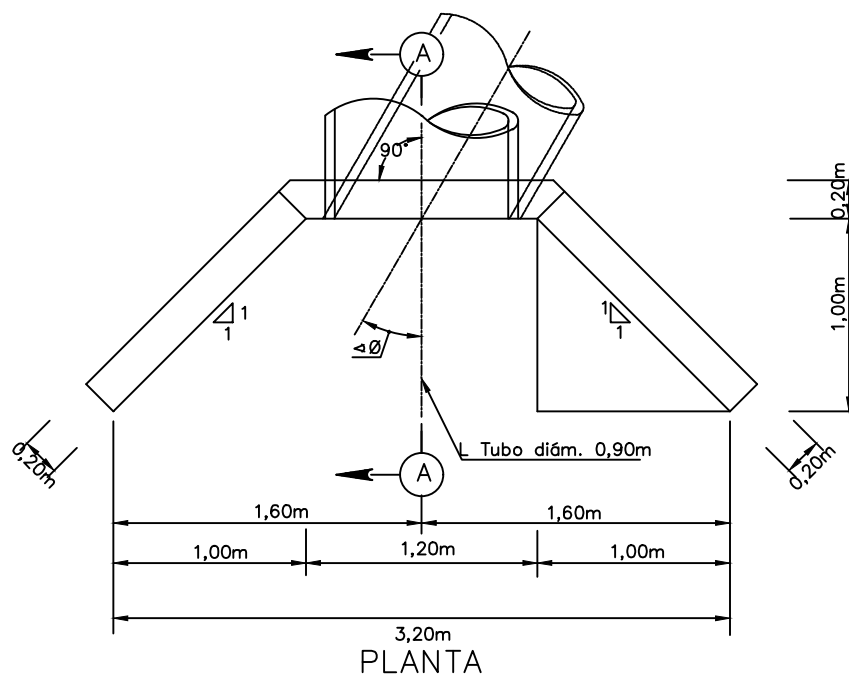
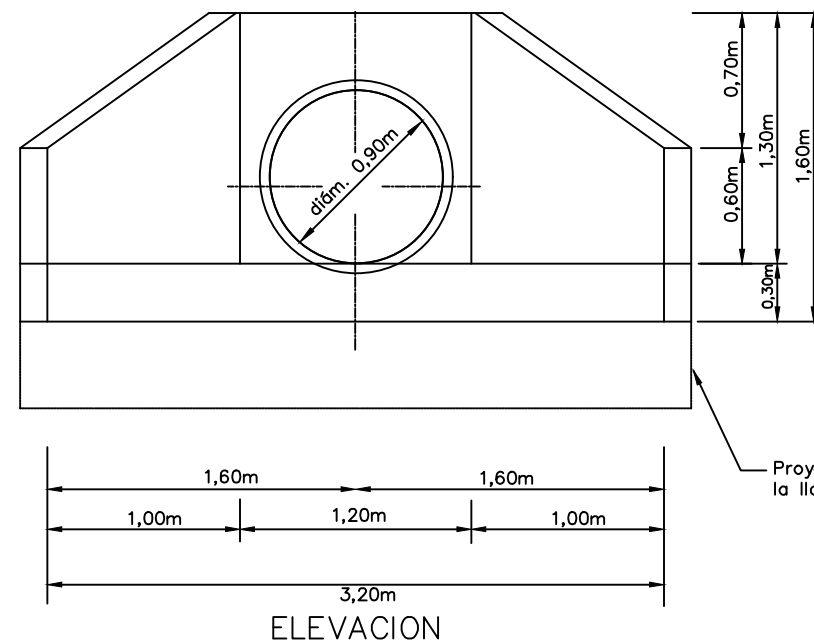
Nota:
El material de relleno de esta estructura de obra de drenaje transversal (alcantarilla), será la misma con la que se trabajara el terraplén, tal como indica el manual de carreteras, Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC, en la Sección 502, el tamaño máximo de este material debe ser de 10 cm, su IP menor a 11%, el porcentaje máximo de fragmentos de roca (7.62 cm) debe ser de 20% y el desgaste de los Ángeles debe ser como máximo 60%. El detalle de la colocación del TMC, se colocará en la presente tesis en la parte de Especificaciones Técnicas.



PESOS Y ALTURA DE COBERTURA MÍNIMA

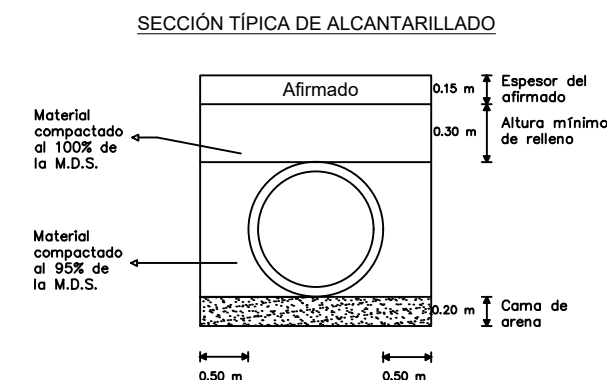
Diámetro (pulg.)	Diámetro (m)	Área (m ²)	Espeor (mm)	Peso (kg/m)	Altura Mínima de Relleno (m)	Altura Máxima de Relleno (m)	Pendiente Longitudinal (%)
24"	0.60	0.28	1.8	36.98	0.30	26.00	3.00



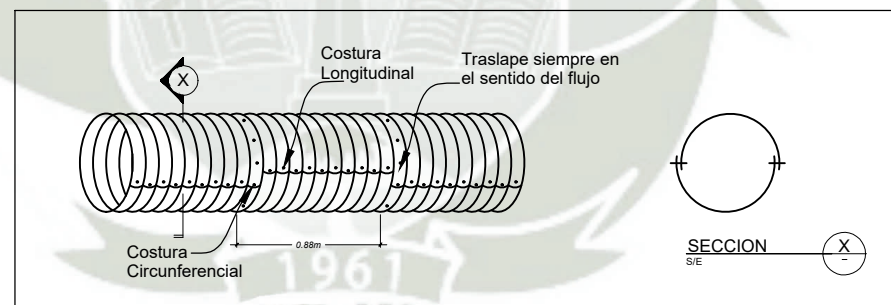
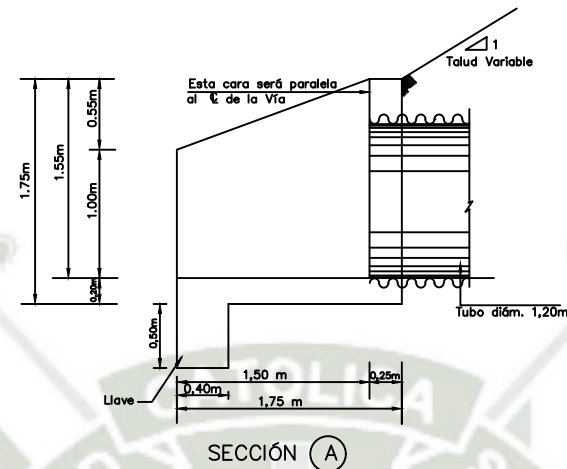
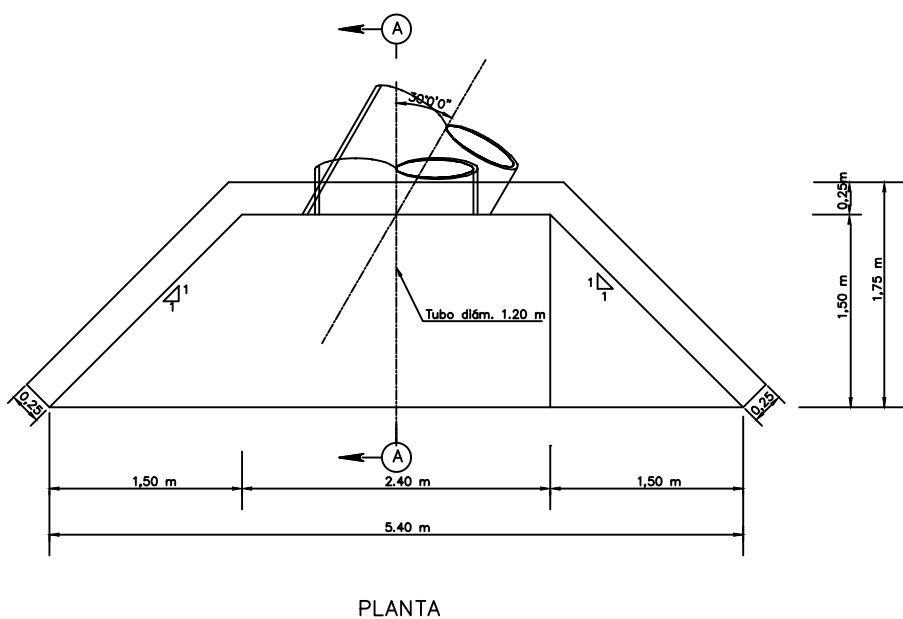
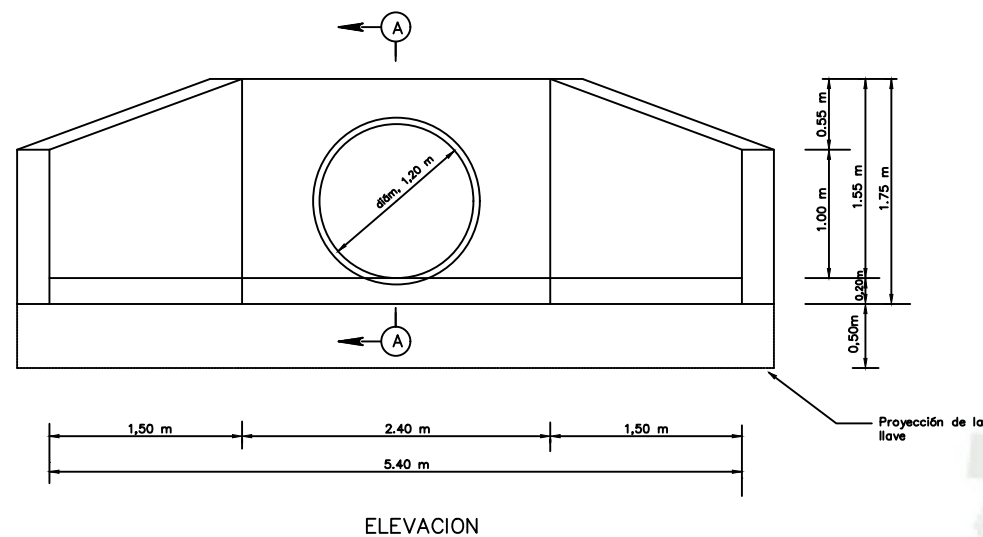


PESOS Y ALTURA DE COBERTURA MÍNIMA							
Diámetro (pulg.)	Diámetro (m)	Área (m2)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Altura Mínima de Relleno (m)	Altura Máxima de Relleno (m)	Pendiente Longitudinal (%)
36"	0.90	0.64	2.00	56.14	0.30	19.00	3.00

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
CONCRETO SIMPLE	
CABEZAL y ALAS	$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$
ANCLAJE	$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$



Nota:
El material de relleno de esta estructura de obra de drenaje transversal (alcantarilla), será la misma con la que se trabajara el terraplén, tal como indica el manual de carreteras, Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC, en la Sección 502, el tamaño máximo de este material debe ser de 10 cm, su IP menor a 11%, el porcentaje máximo de fragmentos de roca(7.62cm) debe ser de 20% y el desgaste de los Ángeles debes ser como máximo 60%. El detalle de la colocación del TMC, se colocará en la presente tesis en la parte de Especificaciones Técnicas.



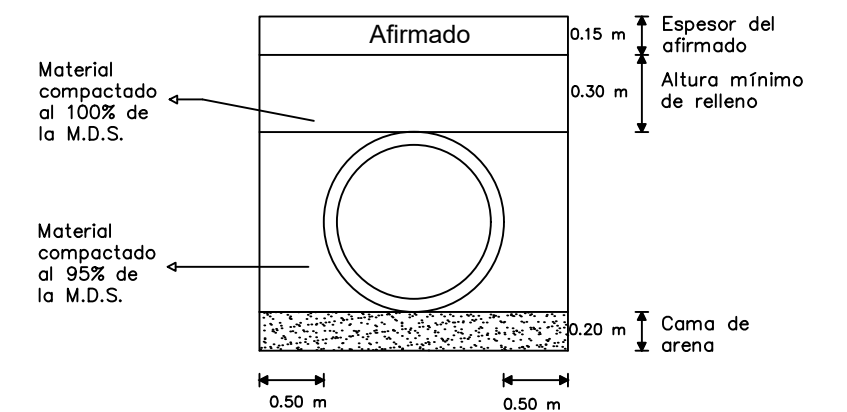
PESOS Y ALTURA DE COBERTURA MÍNIMA							
Diámetro (pulg.)	Diámetro (m)	Área (m ²)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Altura Mínima de Relleno (m)	Altura Máxima de Relleno (m)	Pendiente Longitudinal (%)
48"	1.20	1.13	2.50	90.96	0.30	18.00	3.00

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO SIMPLE

CABEZAL y ALAS $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$
ANCLAJE $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

SECCIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLADO



Nota:
El material de relleno de esta estructura de obra de drenaje transversal (alcantarilla), será la misma con la que se trabajara el terraplén, tal como indica el manual de carreteras, Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC, en la Sección 502, el tamaño máximo de este material debe ser de 10 cm, su IP menor a 11%, el porcentaje máximo de fragmentos de roca(7.62cm) debe ser de 20% y el desgaste de los Ángeles debes ser como máximo 60%. El detalle de la colocación del TMC, se colocará en la presente tesis en la parte de Especificaciones Técnicas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER: ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

PROVINCIA: GENERAL SÁNCHEZ CERRO

DISTRITO: LA CAPILLA

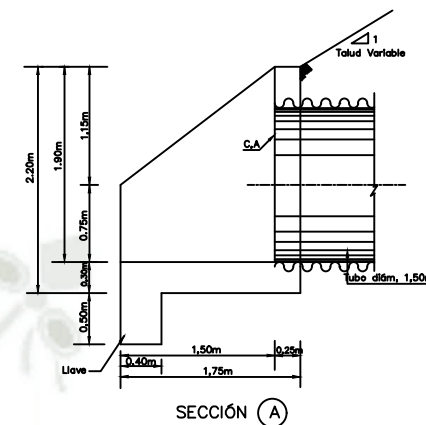
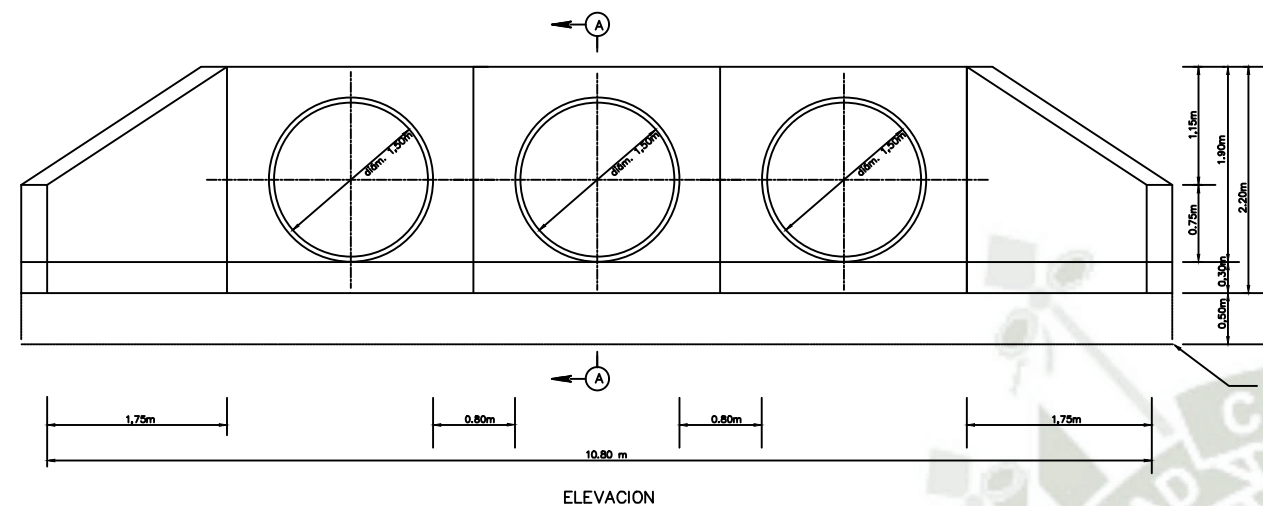
PLANO:

OBRAS DE ARTE Y DRENAJE
ALCANTARILLA 48"

ESCALA: 1:60

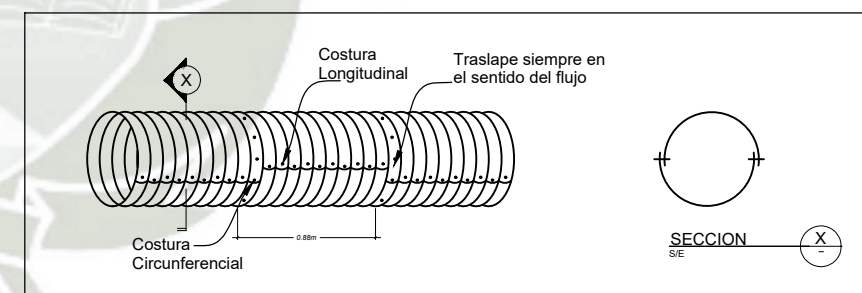
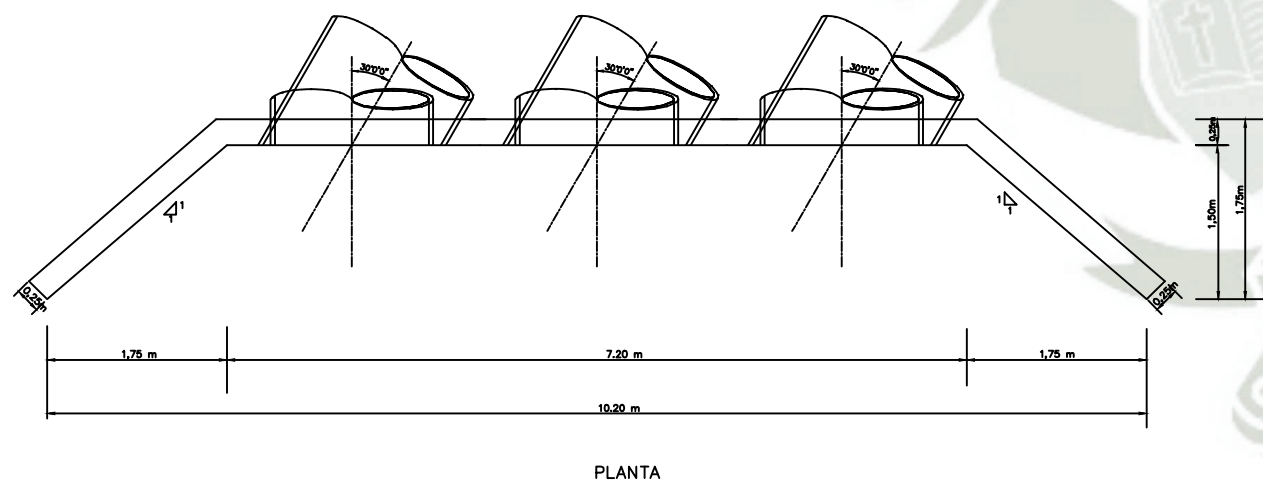
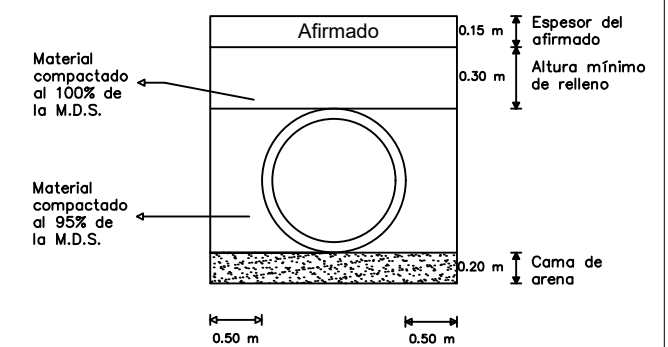
FECHA: SETIEMBRE 2020

PLANO:
OAD-04



ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO SIMPLE	
CABEZAL y ALAS	$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$
ANCLAJE	$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

SECCIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLADO

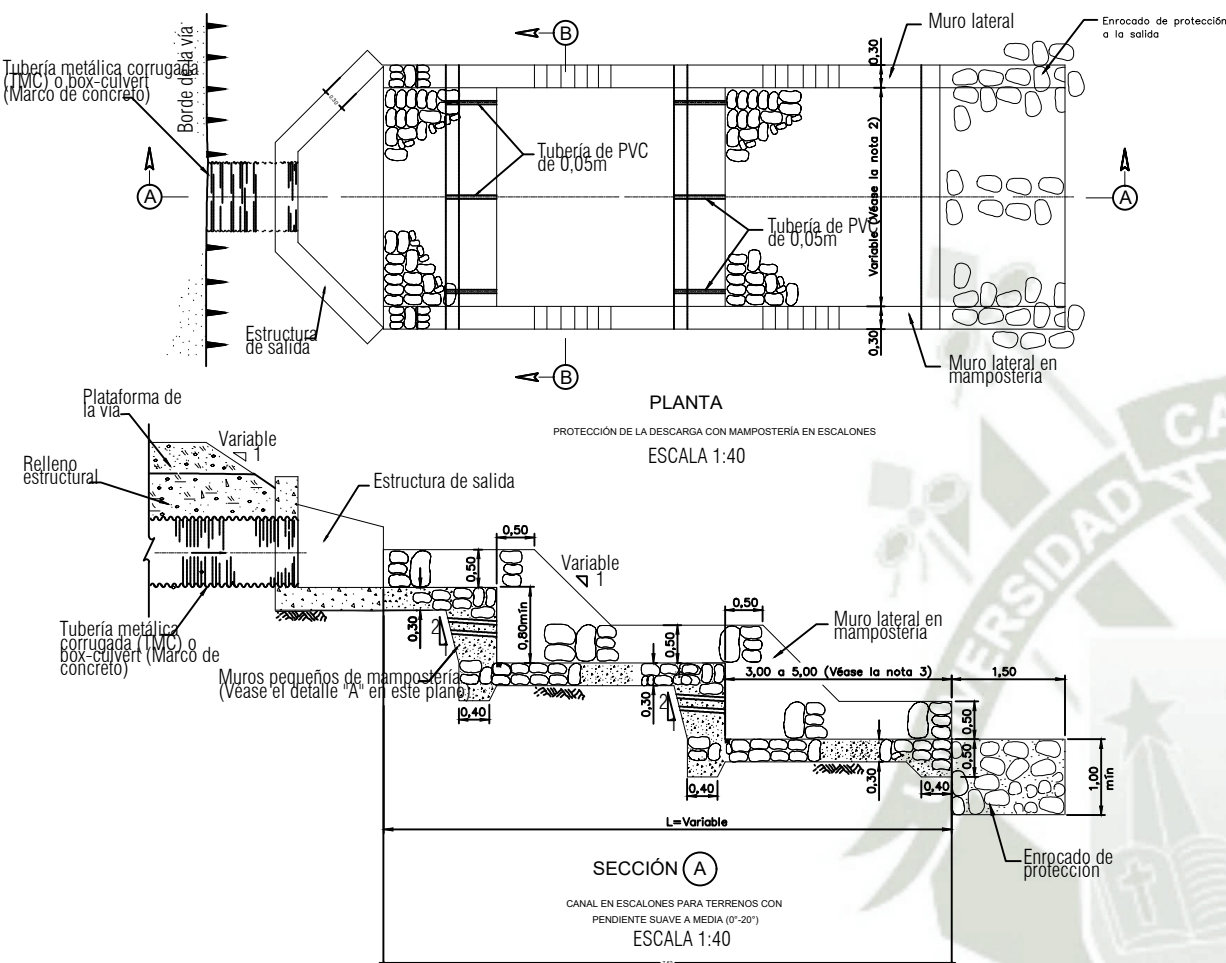


Nota:
El material de relleno de esta estructura de obra de drenaje transversal (alcantarilla), será la misma con la que se trabajara el terraplén, tal como indica el manual de carreteras, Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC, en la Sección 502, el tamaño máximo de este material debe ser de 10 cm, su IP menor a 11%, el porcentaje máximo de fragmentos de roca(7.62cm) debe ser de 20% y el desgaste de los Angeles debes ser como máximo 60%. El detalle de la colocación del TMC, se colocará en la presente tesis en la parte de Especificaciones Técnicas.

PESOS Y ALTURA DE COBERTURA MÍNIMA							
Diámetro (pulg.)	Diámetro (m)	Área (m2)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Altura Mínima de Relleno (m)	Altura Máxima de Relleno (m)	Pendiente Longitudinal (%)
60"	1.50	1.77	3.00	133.6	0.30	17.5	3.00



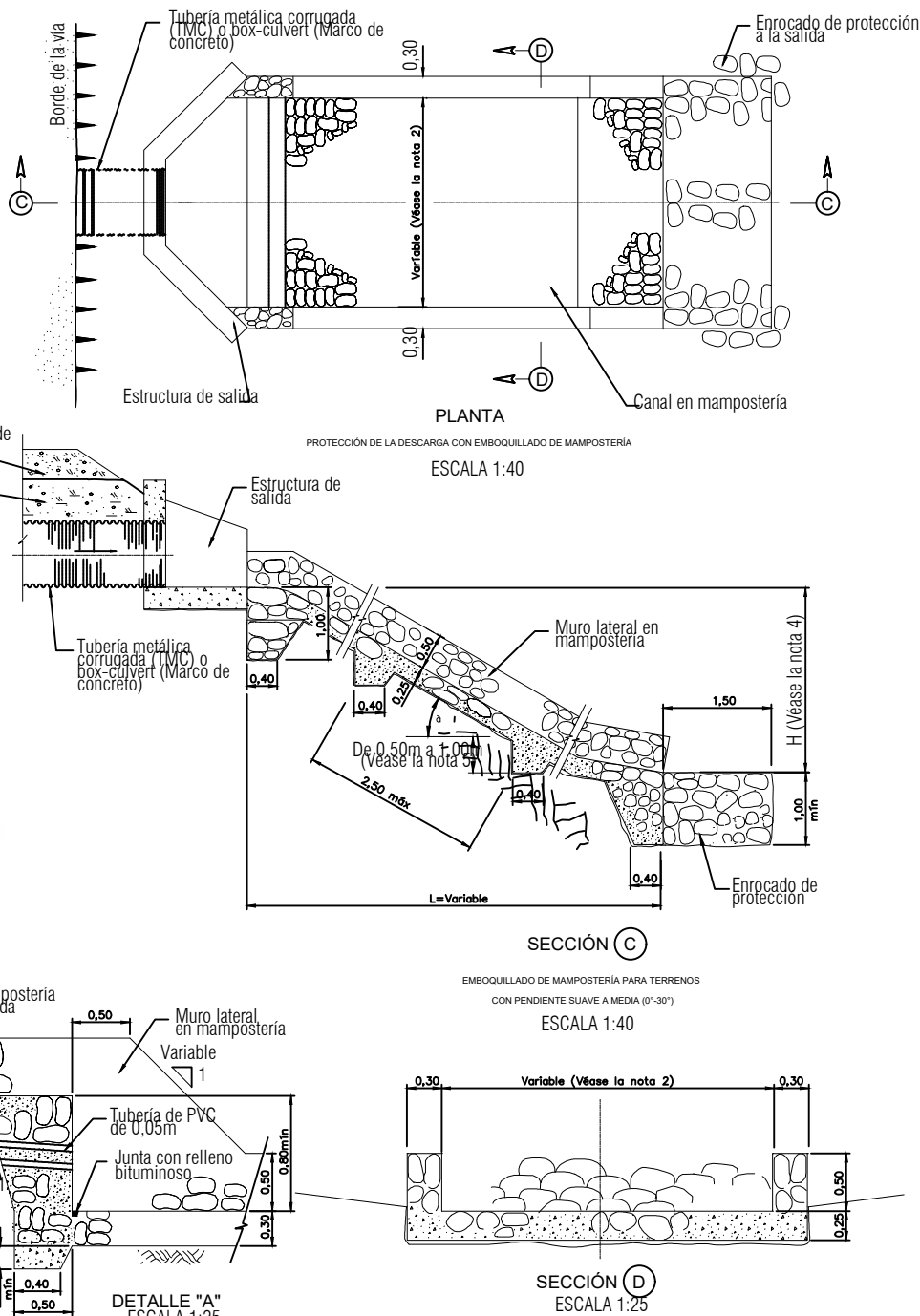
TIPO 1



NOTAS:

1. El concreto será de $f_c=175 \text{ Kg/cm}^2$.
2. El ancho del canal depende de la disposición final de la estructura de salida de cada obra en particular.
3. La longitud de la huella del escalón será de 3.00m a 5.00m en terrenos con pendiente suave a media y de 0.80m mínimo en terrenos con pendiente fuerte.
4. La altura (H) varía de acuerdo a las condiciones del terreno. La supervisión verificará en obra la ubicación y dimensiones finales de este tipo de protecciones a la salida de las alcantarillas.
5. Los dientes intermedios colocados para evitar el deslizamiento, no se construirán si el terreno es plano, si la pendiente del terreno lo permite y según las indicaciones de la supervisión.
6. Reemplazo del emboquillado de mampostería o viceversa, de acuerdo a las condiciones del terreno y a las facilidades de construcción en la zona donde quedará ubicada.

TIPO 2



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

"DISEÑO INTEGRAL PARA EL MEJORAMIENTO A NIVEL DE AFIRMADO DE LA VÍA VECINAL MO-512, TRAMO TALAHUAYO-VINOMORE DEL KM 18+000 AL KM 23+000, DISTRITO DE LA CAPILLA, PROVINCIA GENERAL SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA"

BACHILLER: ALBERTO CÉSAR RODRÍGUEZ DUEÑAS

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA

PROVINCIA: GENERAL SÁNCHEZ CERRO

DISTRITO: LA CAPILLA

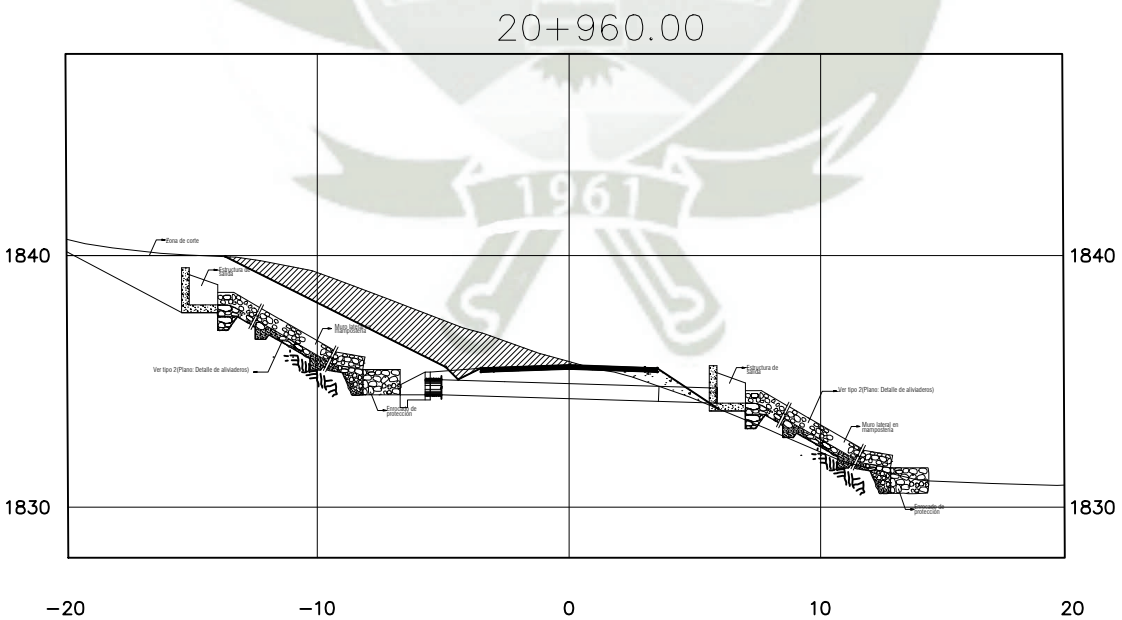
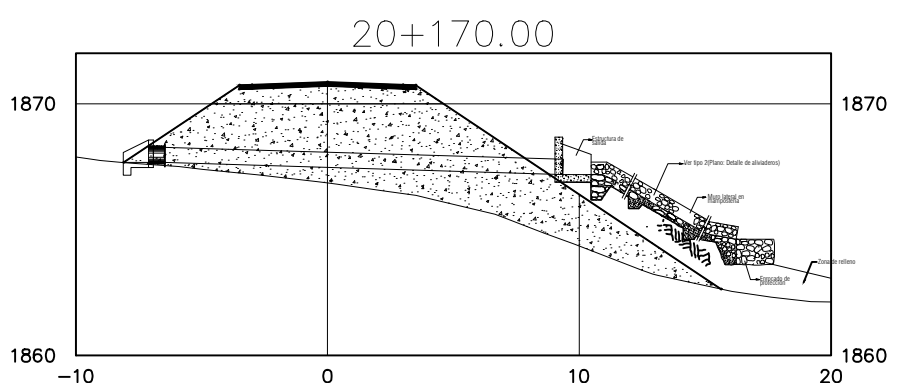
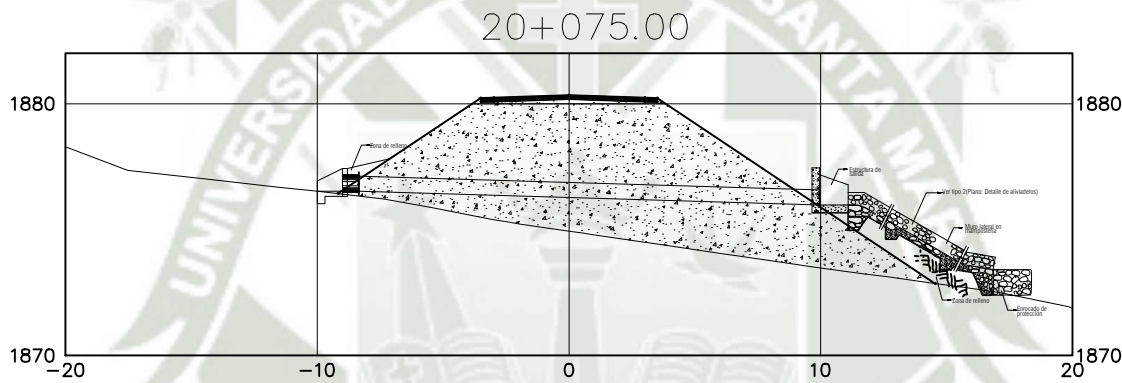
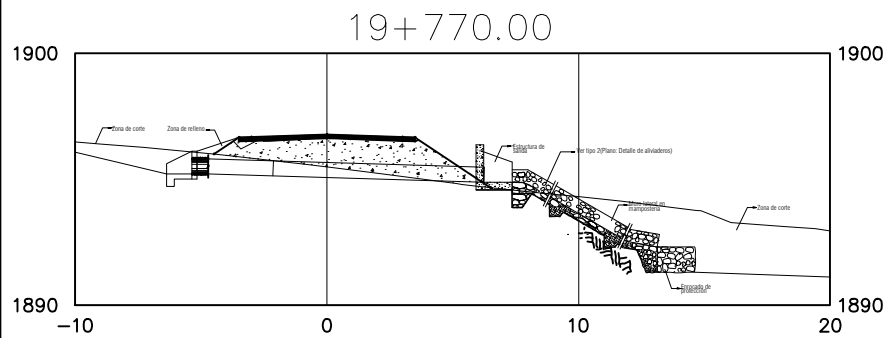
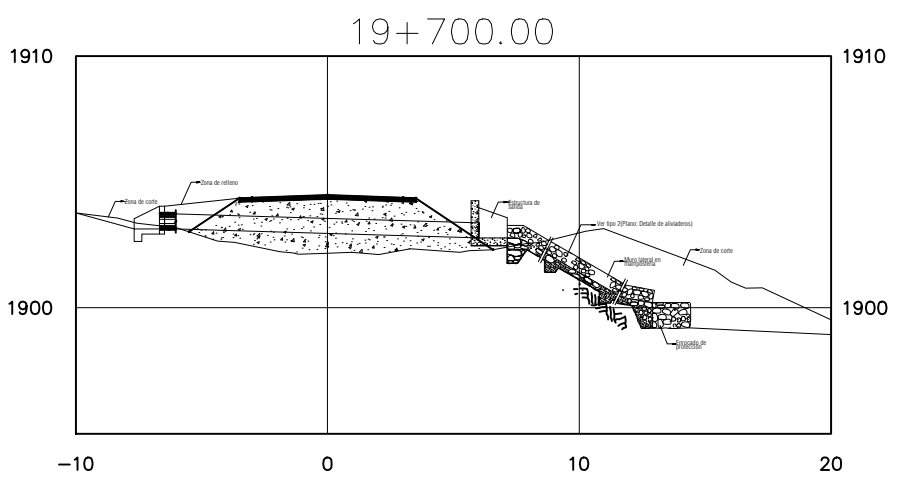
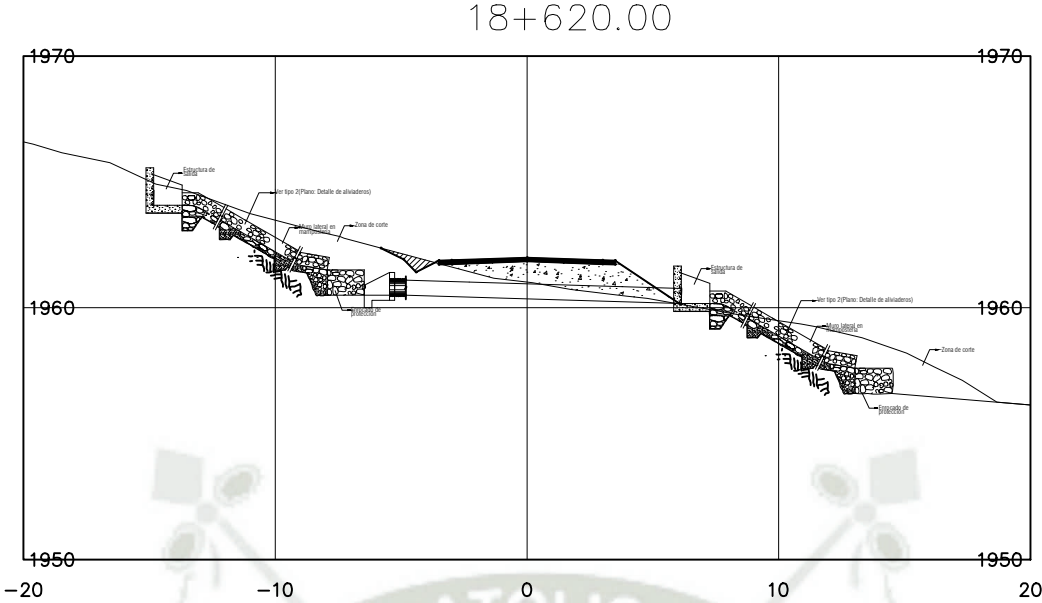
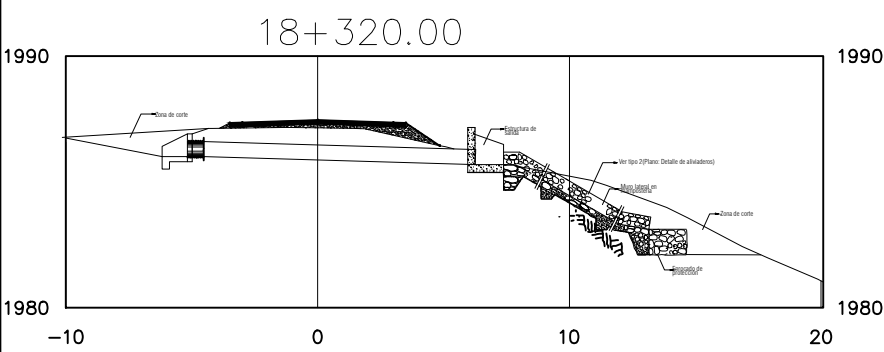
PLANO:

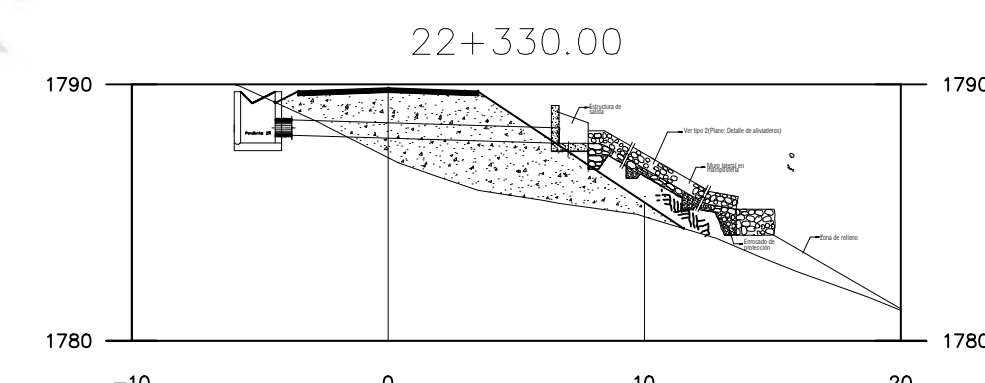
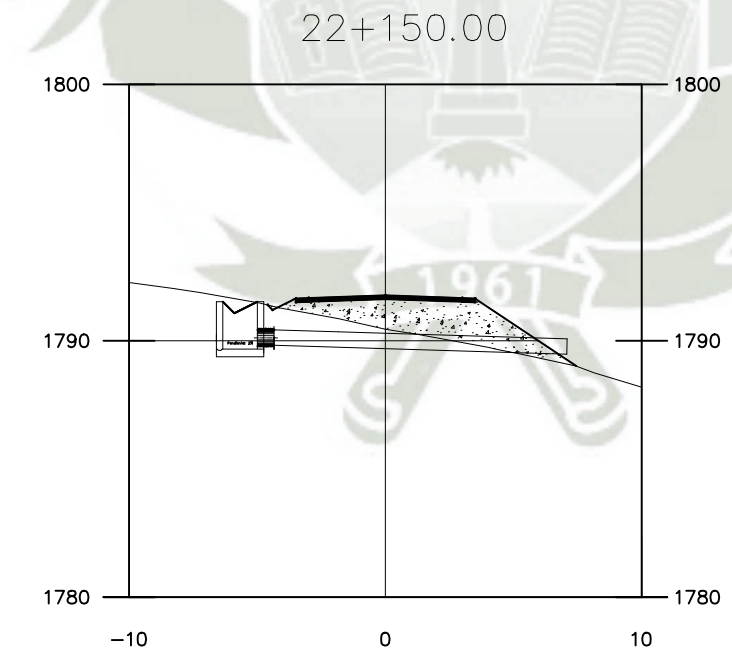
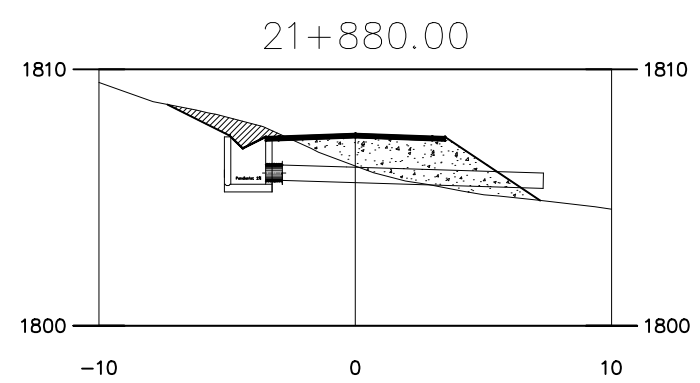
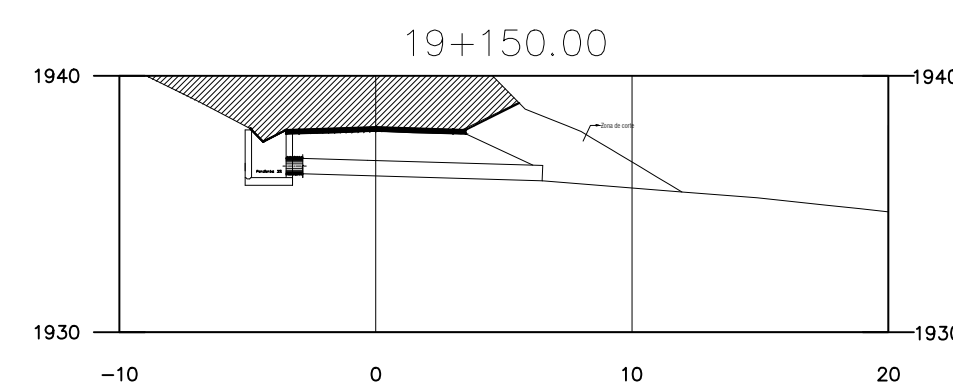
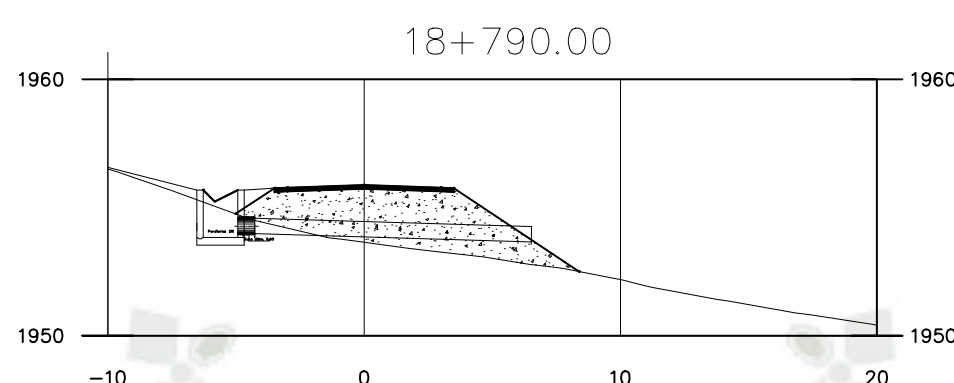
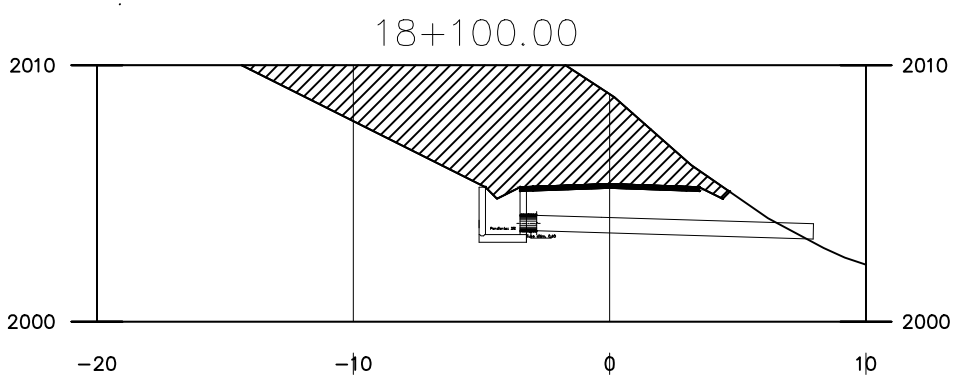
DETALLE DE ALIVIADERO

ESCALA: 1/50

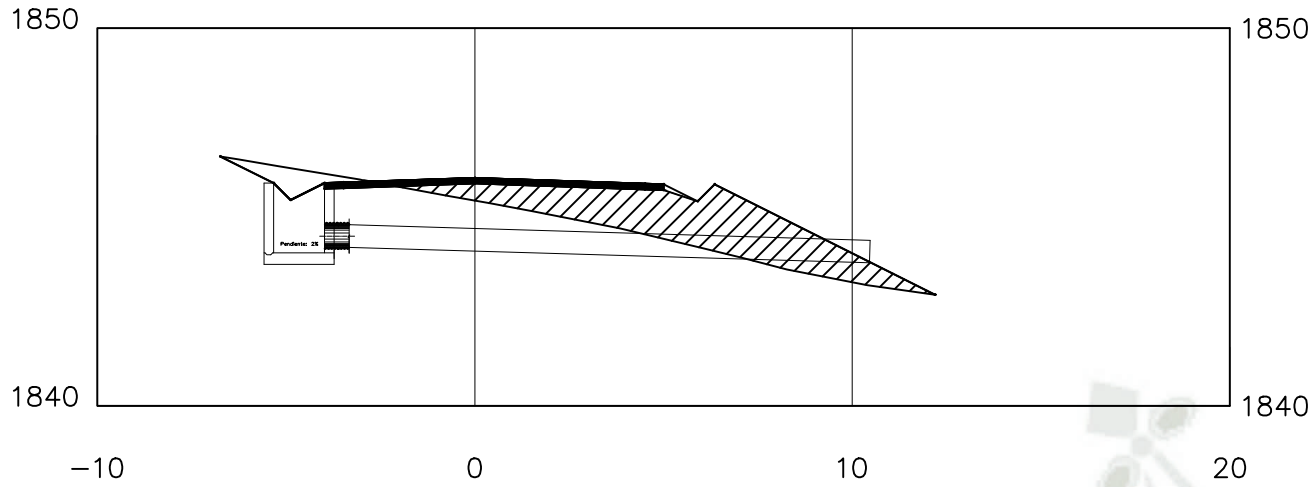
FECHA: AGOSTO 2020

PLANO: DA-01

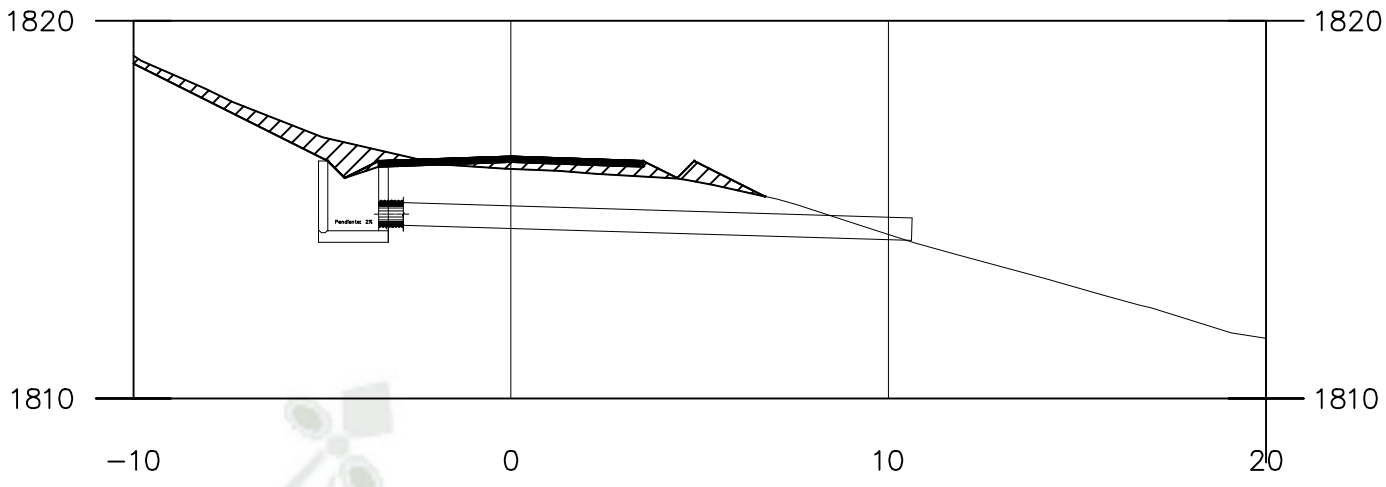




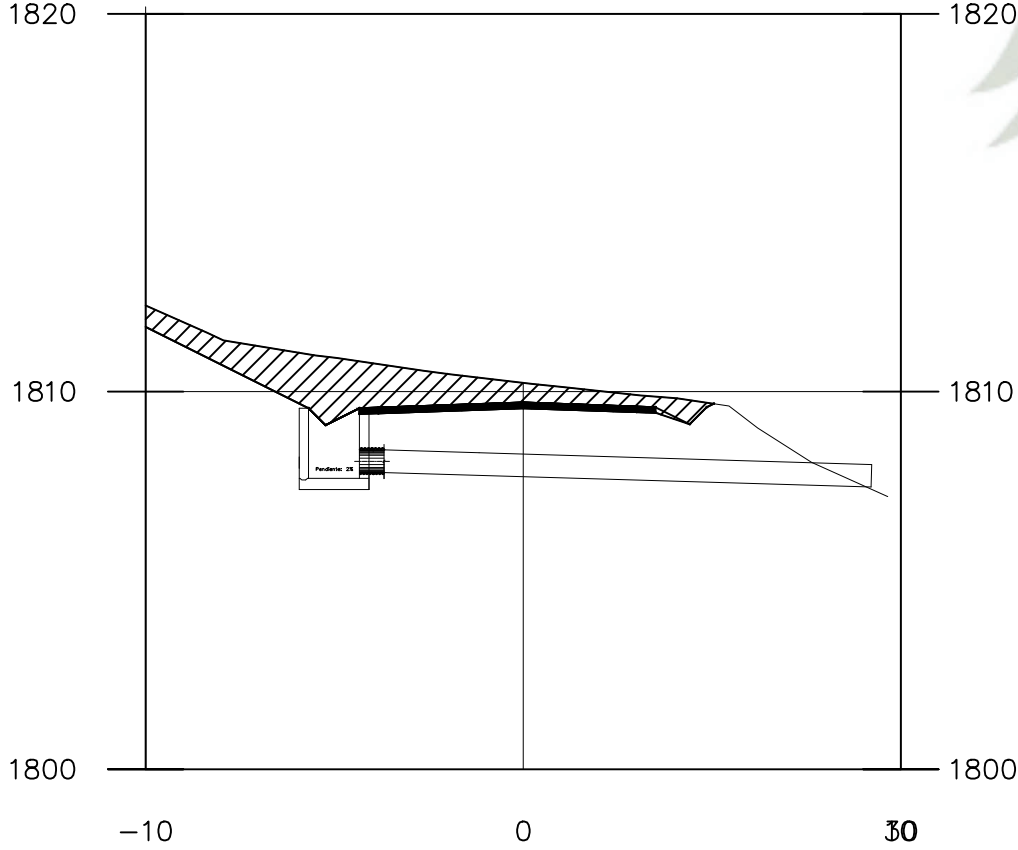
20+485.00



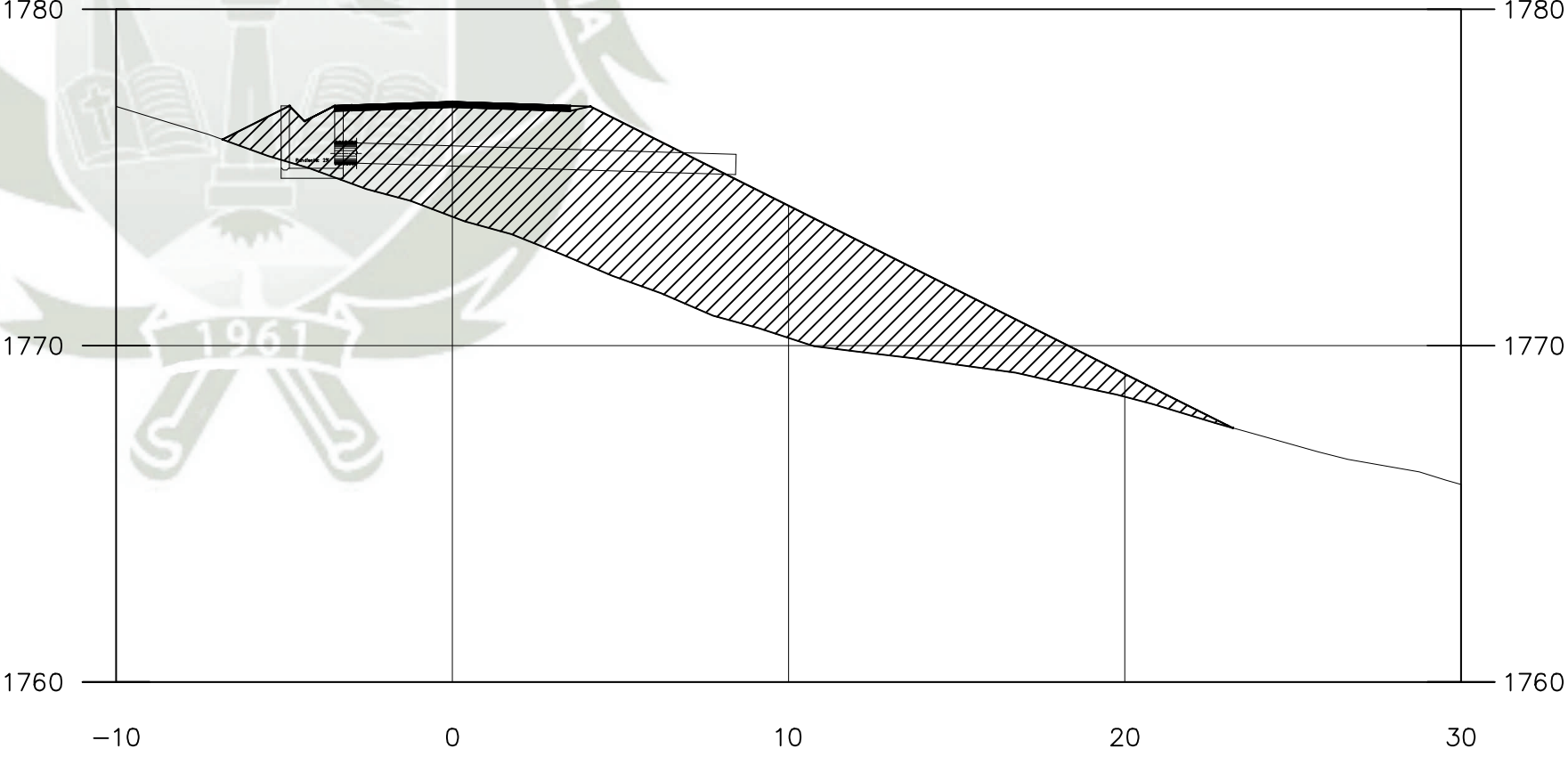
21+225.00



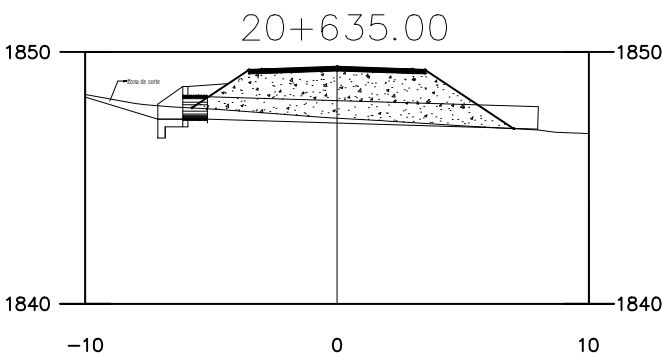
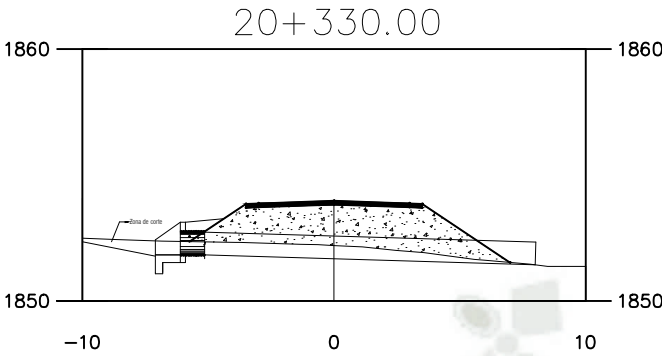
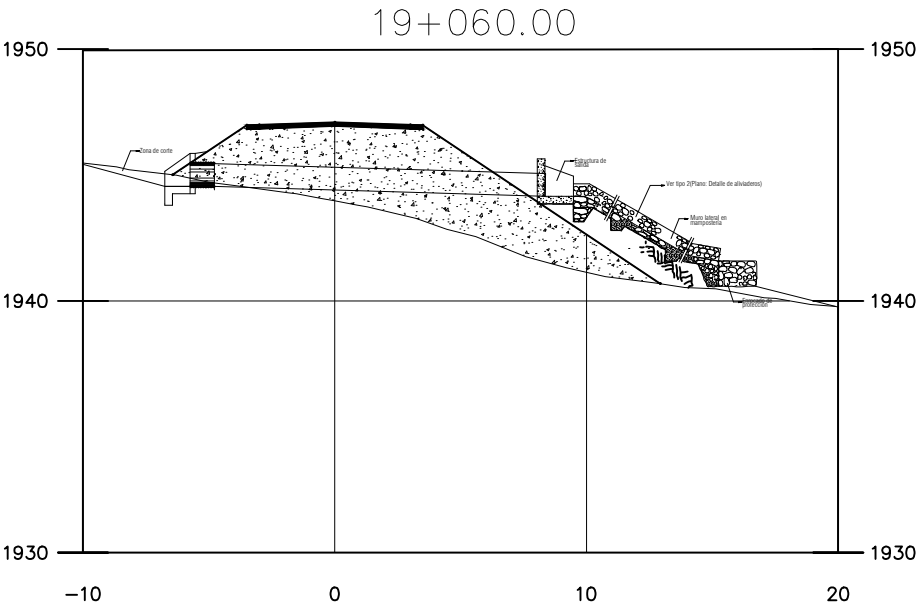
21+560.00



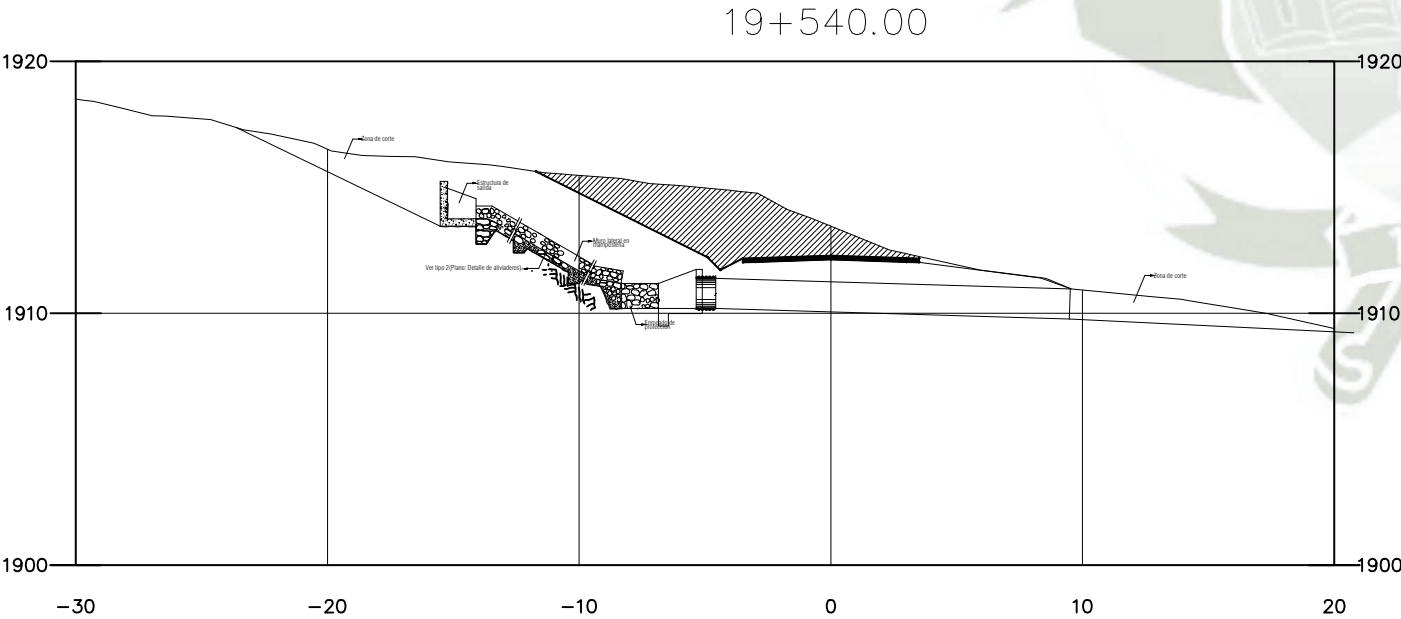
22+560.00



ALCANTARILLA DE PASO 36"



ALCANTARILLA DE PASO 48"



ALCANTARILLA DE PASO 60"

