



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**Estudio y diseño de la vía Gañil – Tres Quebradas. El Paraíso de Celén,
abscisas 0+000 hasta 4+000.**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTOR: Cruz Castillo, Cynthia Carolina

DIRECTOR: González Zúñiga, Julio César, MSc

LOJA - ECUADOR

2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Máster.

Julio César González Zúñiga.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN.

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Estudio y diseño de la vía Gañil – Tres Quebradas, parroquia El Paraíso de Celén, abscisas 0+000 hasta 4+000** realizado por **Cruz Castillo Cynthia Carolina**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, diciembre de 2016

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Cruz Castillo Cynthia Carolina**, declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Estudio y diseño de la vía Gañil – Tres Quebradas. El Paraíso de Celén, abscisas 0+000 hasta 4+000, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo Julio César González Zúñiga director del presente trabajo; y eximo expresamente que la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigadores, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.

Autor: Cruz Castillo Cynthia Carolina

Cédula: **1718591546**

DEDICATORIA

En primer lugar, Dios, por haberme dado la vida y permitirme cumplir mi sueño, siendo mi fuente espiritual de fortaleza para cada momento difícil.

A mis padres, Graciela y Gregorio, por apoyarme en todo momento, siempre con palabras de aliento y motivándome a ser mejor cada día.

Mis hermanos, José y David, que desde pequeños han sido mi inspiración para querer superarme, espero que se sientan orgullosos de mí, por siempre nitos.

También quiero dedicarle esta tesis a mi amor, Santiago, que llegaste a mi vida cuando más te necesitaba, y me has apoyado incondicionalmente.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, que me ha dado la sabiduría e inteligencia para culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre, que me ha apoyado incondicionalmente en el desarrollo de este proyecto, durante este tiempo pasaste momentos difíciles y no pude estar junto a ti como quise, pero me alentabas con tus palabras a culminar mi tesis.

Agradezco a mi padre, quien estuvo conmigo durante el desarrollo del trabajo de campo, fue un mes en el cual aprendí de ti, a esforzarme, a adaptarme a las condiciones de trabajo y a ser fuerte, esta experiencia que vivimos juntos, siempre la recordare.

Nitoles, les agradezco por haber cuidado de nuestra madre, ustedes son mi vida, mis mejores amigos, sin ustedes no hubiese alcanzado esta meta.

Gracias a ti, Santiago, el Divino Niño, pone en ti las palabras más sabias, que me dan fuerza y me animan a querer ser mejor, me has ayudado mucho para poder culminar este trabajo.

Agradezco a mis profesores, en especial al MSc. Julio González, director de mi trabajo de fin de titulación, gracias por su apoyo y su guía a lo largo de este proceso. Al MSc. Edgar Pineda, por contar con su compañía en el reconocimiento de la zona de estudio y sus conocimientos, al PhD. Jasmany García, que supo guiarnos en el campo para reconocer las mejores opciones de diseño de la vía.

Finalmente, agradezco al GAD Parroquial de El Paraíso de Celén, que apoyo con las diferentes instalaciones y personal para la ejecución del trabajo de campo de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
1. Área de estudio.....	5
1.1. Ubicación geográfica.....	6
1.2. Topografía.....	7
1.3. Clima.....	7
1.4. Hidrografía.....	7
1.5. Agricultura.....	7
1.6. Vegetación.....	7
CAPÍTULO 2.....	8
2. Estudios preliminares.....	8
2.1. Planificación.....	9
2.2. Evaluación de rutas alternativas.....	9
2.3. Reconocimiento del terreno.....	9
2.4. Estudio de tráfico vehicular.....	10
2.4.1. Tráfico futuro.....	10
2.5. Criterios de diseño.....	11

2.5.1.	Vehículos tipo.	11
2.5.2.	Clasificación de carreteras.	12
2.5.2.1.	Clasificación por capacidad (función del TPDA).	13
2.5.2.2.	Clasificación por jerarquía en la red vial.	13
2.5.2.3.	Clasificación por condiciones orográficas.	14
2.5.2.4.	Clasificación por número de calzadas.	14
2.5.2.5.	Clasificación en función de la superficie de rodamiento.	14
2.5.2.6.	Clasificación por desempeño de las carreteras.	15
2.5.3.	Velocidad de proyecto.	15
2.5.4.	Distancia de visibilidad de parada.	16
2.5.5.	Distancia de visibilidad de adelantamiento.	17
CAPÍTULO 3.		18
3.	Diseño vial.	18
3.1.	Alineamiento horizontal.	19
3.1.1.	Curvas circulares.	20
3.1.2.	Peralte.	20
3.1.3.	Radio mínimo.	21
3.1.4.	Tangentes.	21
3.2.	Alineamiento vertical.	22
3.2.1.	Criterios generales.	22
3.2.2.	Gradientes máximas y mínimas.	22
3.2.3.	Curvas verticales.	24
3.2.4.	Coordinación entre el diseño horizontal y el diseño vertical.	26
3.3.	Sección de la vía.	26
3.3.1.	Calzada.	26
3.3.2.	Pendiente transversal.	27
3.3.3.	Berma o espaldón.	28
3.3.4.	Taludes.	29

3.3.5.	Cunetas.	30
CAPÍTULO 4.....		31
4.	Estudio y diseño de la capa de rodadura.	31
4.1.	Generalidades.	32
4.2.	Exploración física del suelo.....	32
4.2.1.	Análisis granulométrico.....	32
4.2.2.	Límites de Atterberg.	33
4.2.3.	Ensayos de compactación.....	34
4.2.4.	Valor soporte California (CBR).....	35
4.2.5.	Clasificación de los suelos.....	36
4.3.	Diseño de la capa de rodadura.	37
CAPÍTULO 5.....		39
5.	Estudio hidrológico e hidráulico para diseño de obras de drenaje.	39
5.1.	Generalidades.	40
5.2.	Estudio hidrológico.....	40
5.3.	Estudio hidráulico.	42
5.3.1.	Drenaje longitudinal: cunetas.	45
5.3.2.	Drenaje transversal: alcantarillas.....	48
CAPÍTULO 6.....		51
6.	Presupuesto del proyecto.	51
6.1.	Generalidades.	52
6.1.1.	Replanteo.	52
6.1.2.	Desbroce, desbosque y limpieza.....	52
6.1.3.	Excavación de suelo.....	52
6.1.4.	Desalojo de material.....	52
6.1.5.	Mejoramiento de la sub-rasante.	52
6.1.6.	Transporte de material de mejoramiento.....	52
6.1.7.	Excavación y relleno para estructuras menores.....	52

6.1.8.	Excavación manual para cunetas.....	53
6.1.9.	Hormigón estructural.	53
6.1.10.	Acero de refuerzo.	53
6.1.11.	Tuberías para alcantarillas.	53
6.2.	Presupuesto preliminar.	53
CONCLUSIONES		54
RECOMENDACIONES.....		56
BIBLIOGRAFÍA.....		57
ANEXOS.....		59

RESUMEN

Contar con vías de comunicación terrestre es un requisito indispensable en el desarrollo social y económico de una población, es así que el presente trabajo pretende dotar a la comunidad rural de la parroquia El Paraíso de Celén el estudio y diseño de la vía Gañil – Tres Quebradas, el mismo que conecta los distintos puntos de producción agrícola existentes en la zona, y permitirá que las familias puedan beneficiarse directamente de este servicio, facilitando sus actividades agrícolas. Se ha aplicado en el diseño los diferentes requisitos establecidos en la normativa ecuatoriana de vialidad NEVI – 12 – MTOP y las normas de diseño geométrico de carreteras MOP 2003, de manera que el resultado sea una vía segura, cómoda y económicamente viable. El diseño consistió en la selección de la ruta, levantamiento topográfico, diseño horizontal y vertical, estudio de las condiciones del suelo, diseño de la estructura correspondiente a la capa de rodadura, diseño de obras de drenaje y presentación del presupuesto preliminar de la obra.

PALABRAS CLAVES: Gañil- Tres Quebradas, diseño vial, normativa vial.

ABSTRACT

Roads are a prerequisite in the social and economic development of a population, so this paper aims to provide to the rural community “El Paraíso de Celén” the road study and design that connect with Gañil - Tres Quebradas, which that connects the different points of agricultural production in the area, and allows families to benefit directly from this service, facilitating their agronomic activities. In order to see carried out the work, it has been applied in the design the different requirements established in the Ecuadorian rules of road NEVI 12 - MTOP and geometric design standards road MOP 2003 so that the result is a safe, comfortable and economically viable route. The design consists of the selection of the route, topographical survey, horizontal and vertical design, study soil conditions, structure design corresponding to the surface course, design of drainage works and presentation of the preliminary budget of the work.

KEY WORDS: Gañil- Tres Quebradas, road design, road regulations.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de obtener el estudio y diseño vial entre el barrio Gañil y el sector de Tres Quebradas ubicados en la zona agrícola de la parroquia Paraíso de Celén, cantón Saraguro, provincia de Loja.

En la actualidad, aún hay zonas rurales que no cuentan con un sistema vial adecuado, o carecen totalmente del mismo, lo que se traduce en grande esfuerzo de las familias para poder llevar a cabo las distintas actividades de producción agrícola. Por tal motivo, el desarrollo de este proyecto es de gran importancia para la comunidad, ya que se podrá gestionar la construcción de la vía, garantizando a los agricultores la accesibilidad a las zonas de cultivo, y dar facilidad para el transporte de los productos hacia los puntos de comercio, además, con la existencia de la nueva vía las tierras que se encuentran abandonadas o sin producir podrán volverse productivas, lo que se transformará en desarrollo económico y social para los habitantes.

Los objetivos planteados en este proyecto implican el reconocimiento visual a la zona de estudio, de manera que se pueda establecer una ruta inicial, desde la cual se parte en el desarrollo de todo proyecto; el levantamiento de la franja topográfica fue la base para obtener los diseños de alineamiento horizontal y vertical; estudio de suelos, mediante el cual se pudo realizar el cálculo del espesor de la capa de rodadura, además se realizó el diseño de obras de drenaje, determinación de las cantidades de obra, cortes y rellenos, y, finalmente el cálculo del presupuesto de la obra.

Para la realización de los estudios y diseños, se plantea una metodología en tres etapas: trabajo de campo para la recolección de información topográfica y toma de muestras de suelos; trabajo en oficina para la obtención de los diseños; y trabajo de laboratorio, en el cual se realizó el análisis de las muestras de suelo.

Debido a la topografía, vegetación y condiciones climáticas de la zona de estudio, el desarrollo del proyecto pudo verse limitado a cumplir con los requisitos presentados en la normativa vial ecuatoriana NEVI - 12 - MTOP o el manual de diseño de carreteras MOP (2003), sin embargo se consideró el uso de otras normativas latinoamericanas y bibliografía complementaria, de manera que los diseños cumplan con los requisitos técnicos y económicos.

Este documento se encuentra dividido en 10 capítulos, mostrados según el orden en que se desarrolla un proyecto vial. El primer capítulo describe el área de estudio, su ubicación geográfica, topografía, clima, vegetación, geología y demás. El segundo capítulo presenta el marco teórico donde se encuentra un resumen de criterios para el diseño vial como estudio

de tráfico vehicular, vehículos de diseño, velocidad de proyecto, distancias de visibilidad, etc. En el tercer capítulo se indica todo el proceso y criterios de diseño para el alineamiento horizontal, alineamiento vertical y sección transversal de la vía. El capítulo cuarto muestra todos los ensayos de laboratorio realizados y en función de sus resultados el diseño de la superficie de rodadura. El siguiente capítulo trata del estudio hidrológico y el diseño hidráulico de estructuras de drenaje. En el sexto capítulo se presenta el presupuesto total de la obra. En el séptimo capítulo se exponen y discuten los resultados obtenidos una vez finalizado el proyecto, en el siguiente capítulo se presenta las referencias bibliográficas, y, en el noveno capítulo los anexos de estudios de suelos, estudio hidrológico, diseños hidráulicos, diseño de la capa de rodadura, etc., además los planos de la vía para el tramo estudiado.

CAPÍTULO I

ÁREA DE ESTUDIO.

1.1. Ubicación geográfica.

La zona de estudio se encuentra en la parroquia El Paraíso de Celén, cantón Saraguro, provincia de Loja, entre el barrio Gañil y el sector conocido como Tres Quebradas, límite con la parroquia de Tenta, entre las coordenadas (687020, 9602570) y (682350, 9598630) referidos al sistema UTM-WGS84 zona 17 sur, con una cota promedio de 3000 msnm.

Tal como se observa en la figura 1, la parroquia El Paraíso de Celén está ubicada a 31 km de la cabecera cantonal de Saraguro y limita: al Norte con la parroquia Selva Alegre; al Sur con la parroquia San Pablo de Tenta; al Este con las parroquias Manú y parte de Selva Alegre; y al Oeste con la parroquia San Pablo de Tenta. (Gobierno Parroquial El Paraíso de Celén, 2015).

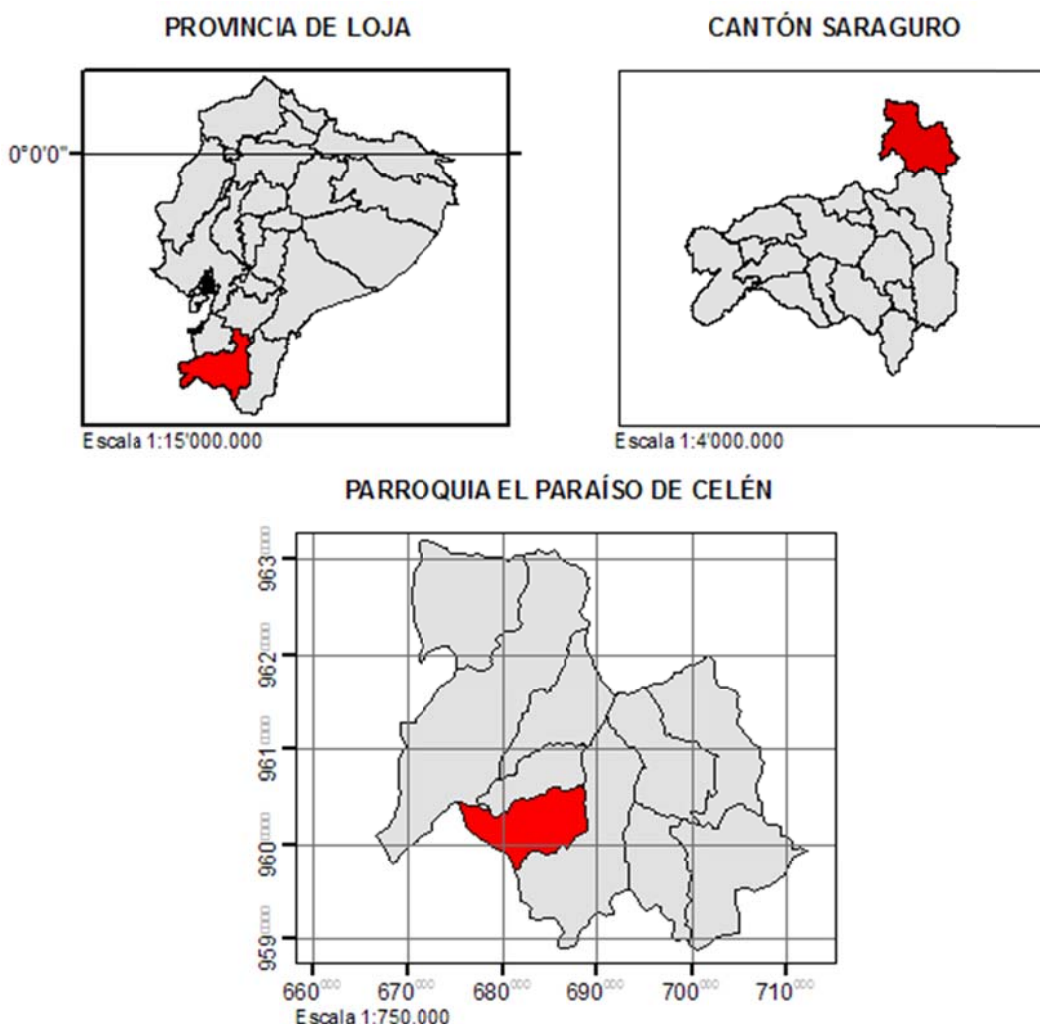


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

1.2. Topografía.

Se trata de una zona montañosa que presenta características muy variadas en cuanto a la topografía, desde pendientes suaves y uniformes, hasta zonas con pendientes muy fuertes que pueden llegar a ser de 38 % (GAD Parroquial El Paraíso de Celén, 2010).

1.3. Clima.

La parroquia en estudio posee un clima variado, con temperaturas que oscilan entre 8°C y 16°C, generalmente desciende durante la noche y asciende en el día. Las bajas temperaturas y fuertes vientos ocurren en los meses de Noviembre hasta Abril, mientras que el verano inicia en Junio hasta el mes de Septiembre (GAD Parroquial El Paraíso de Celén, 2010).

1.4. Hidrografía.

Según el GAD parroquial El Paraíso de Celén (2010) en el barrio de Gañil, ubicado en la parte baja de la parroquia, las precipitaciones varían entre 800 mm a 1300 mm por año. Esta parroquia posee diversos afluentes, quebradas y ríos que dan como resultado una cantidad importante de agua para consumo humano e irrigación mediante acequias y canales.

1.5. Agricultura.

Gracias a su clima variado, pluviosidad y distribución de sus afluentes, el Paraíso de Celén es una de las principales fuentes de alimentos para los mercados de Saraguro y Loja. Por sus bajas temperaturas esta parroquia produce cualquier variedad de hortalizas y cereales, tales como maíz, fréjol, cebada, trigo, haba, papa, entre otros; siendo la agricultura la base en su economía (GAD Parroquial El Paraíso de Celén, 2010).

1.6. Vegetación.

En el lugar de estudio se encontró pastos naturales con una altura de 5 cm a 10 cm, posee plantas de agave americano (penco) en las zonas aledañas, lo que indica la presencia de suelos limosos y grandes cantidades de arcilla. El uso de suelo se divide entre vegetación arbustiva y herbácea, tierra agropecuaria y bosque (GAD Parroquial El Paraíso de Celén, 2010).

CAPÍTULO 2

ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1. Planificación.

Para que un proyecto de caminos se desarrolle con éxito debe llevarse a cabo cada uno de los pasos del proceso de gestión, las etapas básicas son planificación, ubicación, levantamiento topográfico, diseño y construcción (Keller y Sherar, 2008). Es importante realizar una buena planificación para organizar y determinar la cantidad de recursos, equipo, personal y demás necesidades que se presenten a lo largo del proyecto. Un cronograma de actividades puede ayudar para el correcto cumplimiento de las actividades.

Un factor importante de la planificación se centra en reducir el impacto de una carretera que puede generar sobre el medioambiente y con la población presente a lo largo de la misma. Además garantizar que la carretera sea útil para cumplir con las necesidades de los usuarios, ofrecer un diseño económico, no sobredimensionado y de bajo mantenimiento. La mala planificación y ubicación de la vía a menudo convergen en la falla del camino y altos costos de mantenimiento (Weaver, Weppner y Hagans, 2015).

2.2. Evaluación de rutas alternativas.

Previo al reconocimiento del terreno se debe trazar varias rutas alternas mediante el uso de fotos aéreas, imágenes satelitales y/o mapas topográficos, con el fin de recorrer cada una de las rutas propuestas y determinar la que mejor sirva de acuerdo con las especificaciones y exigencias económicas del proyecto (NEVI-12 - MTOP Vol. 2A, 2013). El trazado y ubicación de la carretera en campo debe realizarse junto con una persona con cierto conocimiento del área y del terreno donde se construirá el camino (Weaver, Weppner y Hagans, 2015).

2.3. Reconocimiento del terreno.

El objetivo de la exploración del terreno es identificar las ventajas y desventajas presentes en cada trazado para al final identificar la viabilidad de cada una. Dentro de la exploración de las rutas se identifica los obstáculos o peligros presentes. Según la NEVI-12, menciona que durante la exploración del terreno se debe considerar una serie de factores como: puntos de paso obligado, pendientes longitudinales, características geológicas del suelo, número y dirección de los cursos de agua, y, las condiciones climatológicas, meteorológicas de la zona. Esta información servirá para identificar la ruta que presente menos dificultades en su posterior diseño y construcción (NEVI-12 - MTOP Vol 1, 2013).

2.4. Estudio de tráfico vehicular.

El diseño de una carretera se basa en información sobre el tráfico que es comparado con el máximo número de vehículos que la carretera puede atraer. El tráfico es un factor importante del cual depende las características del diseño geométrico (MOP, 2003).

Dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de carreteras es necesario trabajar con el tráfico proyectado, para esto se utilizan diversos métodos en los cuales es indispensable conocer el tráfico actual (Carciente, 2007).

En el presente proyecto el tráfico promedio diario semanal (TPDS) se lo obtuvo mediante un aforo vehicular en la vía Gañil – San José. Debido a la similitud de las características poblacionales y a la cercanía con la zona de estudio, se consideró adecuado obtener de esta manera datos sobre el movimiento vehicular. Los resultados del aforo se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Tráfico promedio diario semanal.

Día	Vehículos livianos (A)	Camiones (C)	Total
Lunes	0	1	1
Martes	1	1	2
Miércoles	0	0	0
Jueves	1	0	1
Viernes	2	0	2
Sábado	4	1	5
Domingo	5	0	5
		TPD	16 veh
		TPDS	2.29 $\approx$ 3 veh/día

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.4.1. Tráfico futuro.

La proyección del tránsito vehicular se basa en un registro de tráfico actual. Según la norma de diseño geométrico de carreteras del Ministerio de Obras Públicas (2003), aconseja calcular el tráfico para un tiempo proyectado entre 15 a 20 años y usar una tasa de crecimiento del tráfico de 5%, mientras que MTOP (2013), sugiere el 3%.

Para el cálculo del tráfico futuro se utilizó el método exponencial y la tasa de crecimiento de tráfico sugerida por MOP (2003).

$$T_f = T_a(1 + i)^n$$

Dónde:

T_f	=	Tráfico futuro o proyectado en veh/día.
T_a	=	Tráfico actual en veh/día.
i	=	Tasa de crecimiento del tráfico.
n	=	Número de años proyectados.

De acuerdo con Chocontá (2011), la proyección del TPDA es la suma del tráfico proyectado, desviado, generado y desarrollado.

$$TPDA = T_p + T_d + T_g + T_D$$

Dónde:

T_p	=	Tráfico proyectado (veh/día).
T_d	=	Tráfico desviado (20 % del T_p).
T_g	=	Tráfico generado (25 % del T_p).
T_D	=	Tráfico desarrollado, $T_D = T_a(1 + i)^{n-3}$

Para 15 años, el tráfico proyectado es de 5 veh/día, el tráfico desarrollado de 4 veh/día, con estos valores se calcula el tráfico desviado y generado. Finalmente se obtiene un TPDA proyectado de 12 veh/día.

2.5. Criterios de diseño.

En este apartado se presentan varios criterios que deben ser considerados para el estudio y diseño geométrico de la carretera.

2.5.1. Vehículos tipo.

Una de las características importantes para el diseño de una carretera es conocer los tamaños y pesos de los vehículos que circularán por ella, con el fin de garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios (Kraemer, Pardillo, Rocci, Romana, & Sánchez, 2003). El MOP (2003), presenta en la Tabla 2 los tipos de vehículos con sus respectivas simbologías.

Tabla 2. Tipos de vehículos.

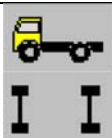
Vehículos livianos (A)	Buses y busetas (B)	Camiones (C)
Motocicletas (A-1).		Camiones de carga, dos ejes (C1).
Automóviles (A-2).		Camiones o tracto-camiones, tres ejes (C-2).
		Camiones de cuatro, cinco o más ejes (C-3).

Fuente: MTOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elaboración: Autor.

Los resultados del estudio de tráfico vehicular presentan un mayor número de camiones, razón por la cual este será el vehículo de diseño. Según la NEVI-12 (2013), la simbología del vehículo utilizado es 2D, sus características como peso y dimensiones se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Vehículo de diseño.

Tabla 3. Vehículos de acceso.							
Tipo	Distribución máxima de carga por eje	Descripción	Peso máximo permitido (tn)	Longitudes máximas permitidas (m)			
				Largo	Ancho	Alto	
2D			Camión de 2 ejes pequeño	7	5.00	2.60	3.00

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

2.5.2. Clasificación de carreteras.

La NEVI-12 (2013) presenta una variada clasificación de carreteras, entre las principales figuran:

- Clasificación por capacidad (función del TPDA).
- Clasificación por jerarquía en la red vial.
- Clasificación por condiciones orográficas.
- Clasificación por número de calzadas.
- Clasificación en función de la superficie de rodamiento.
- Clasificación por desempeño de las carreteras.

La carretera en estudio se clasifica como un camino vecinal o agrícola/forestal tipo C3, de calzada única con superficie de afirmado y presente en un relieve accidentado. A continuación se detalla cada una de ellas.

2.5.2.1. Clasificación por capacidad (función del TPDA).

Según esta clasificación, la vía en estudio corresponde a un camino agrícola/forestal tipo C3. La Tabla 4 es función de datos de tráfico a nivel nacional obtenidos por el MTOP en Septiembre de 2012.

2.5.2.2. Clasificación por jerarquía en la red vial.

De acuerdo con esta clasificación la vía corresponde a un camino vecinal. Se presentan tres tipos de carreteras ordenadas como alta, mediana y baja jerarquía funcional, las principales características de cada una son:

Corredores arteriales. Son carreteras importantes, conectan las capitales de provincia con principales puertos marítimos. Presentan alta movilidad y requiere altos estándares en su diseño geométrico.

Vías colectoras. Son carreteras que conectan zonas rurales o regionales con corredores arteriales.

Caminos vecinales. Son carreteras básicas que conectan poblaciones rurales con zonas de producción agrícola, forestal, accesos a sitios turísticos.

Tabla 4. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.

Descripción	Clasificación funcional	Tráfico promedio diario anual (TPDA _d) al año de horizonte	
		Límite inferior	Límite superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o carretera multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
	C1	1000	8000
Carretera de 2 carriles	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

2.5.2.3. Clasificación por condiciones orográficas.

Esta clasificación se realiza en función de la inclinación o pendiente media máxima que presenta el terreno natural. Según la Tabla 5, para la zona de estudio el relieve se considera muy accidentado, ya que presenta pendientes que alcanzan valores de 38%.

2.5.2.4. Clasificación por número de calzadas.

Se divide en dos tipos de calzadas. Para este proyecto se considera una carretera de calzada única, es decir, una calzada para ambos sentidos de circulación.

Carreteras de calzadas separadas. Presentan calzadas para cada sentido de circulación, entre estas se puede utilizar una separación física de altura mayor a 15cm.

Carreteras de calzada única. Carreteras que cuentan con una sola calzada para ambos sentidos de circulación, sin importar el número de carriles, no usan separación física.

Tabla 5. Clasificación por condiciones orográficas.

Tipo de relieve	Máxima inclinación media
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

2.5.2.5. Clasificación en función de la superficie de rodamiento.

Al conocer que se trata de un camino vecinal o agrícola/forestal, la vía se diseñó con una superficie afirmada. La NEVI-12 expone cuatro tipos de superficie de rodamiento.

Pavimentos flexibles. Su capa de rodadura está formada por una mezcla bituminosa de asfalto.

Pavimentos rígidos. Su capa de rodadura está formada por una losa de concreto hidráulico, con o sin refuerzo estructural, colocada sobre una base o directamente sobre una subrasante de material granular

Afirmados. Su superficie de rodamiento se compone de una capa de material granular con tamaño máximo de 2½ in (6.35 cm) con proporción de finos, debidamente compactada.

2.5.2.6. Clasificación por desempeño de las carreteras.

Según su desempeño se clasifica como camino agrícola/forestal, camino básico, carretera convencional básica, carretera de mediana capacidad, normal y excepcional, siendo el primer tipo de carretera el seleccionado para este proyecto.

2.5.3. Velocidad de proyecto.

La velocidad de proyecto se define como la velocidad seleccionada en función del tipo de carretera, relieve del terreno y tráfico, a partir de la cual se determinan las especificaciones del proyecto, las características geométricas del perfil longitudinal, sección transversal y otros factores que dependen de la velocidad como radios mínimos, pendientes máximas, peralte, distancia de visibilidad, ancho de carril y bermas (Carciente, 2007).

La vía en estudio se encuentra en una zona rural montañosa que de acuerdo con Keller y Sherar (2008), dentro de las normas típicas para caminos de bajo volumen de tráfico, recomiendan una velocidad de diseño entre 25 km/h a 35 km/h para caminos rurales. Así mismo, el MOP (2003), para un terreno montañoso y una vía de categoría V indica dos valores de velocidad, recomendada y absoluta como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Tráfico promedio diario semanal.

		Velocidad de diseño (km/h)					
		Relieve llano		Relieve ondulado		Relieve montañoso	
Categoría de la vía		Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta
R-I o R-II	> 8000 TPDA	120	110	110	90	90	80
I	3000 a 8000	110	100	100	80	80	60
II	1000 a 3000	100	90	90	80	70	50
III	300 a 1000	90	80	80	60	60	40
IV	100 a 300	80	60	60	35	50	25
V	< 100	60	50	50	35	40	25

Fuente: MOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elaboración: Autor.

Según el Manual colombiano de diseño geométrico de carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la velocidad de diseño para una carretera terciaria en terreno montañoso varía entre los 20 km/h y 40 km/h como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7. Velocidad de diseño para un tramo homogéneo.

Categoría de la carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo Vtr (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: INVIAS, Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.

Elaboración: Autor.

En función de los distintos criterios expuestos, se adopta una velocidad de diseño de 30 km/h.

2.5.4. Distancia de visibilidad de parada.

La visibilidad en una carretera depende de la forma, dimensiones, disposición de los elementos de su trazado y velocidad de los vehículos. Para efectuar cualquier tipo de maniobra es necesario contar con una visibilidad mínima en caso de parada, adelantamiento o cruce.

La NEVI-12 (2013) define a la distancia de visibilidad de parada como la distancia que un conductor requiere para detener su vehículo en marcha ante la presencia de un obstáculo o peligro. Esta distancia es el mínimo valor con el que deben diseñarse los elementos geométricos en cualquier tipo de carretera.

La misma normativa sugiere valores mínimos de distancia de visibilidad de parada para terreno plano y terreno con pendiente (Tabla 8). Para este proyecto, conocida la velocidad de diseño y adoptada una pendiente promedio de 9% según el diseño vertical, se obtuvo distancias de parada de 32.20 m y 28.0 m para bajadas y subidas respectivamente, siendo la distancia de 32.20 m la más crítica, sin embargo el MOP (2003), limita esta distancia a un mínimo de 25 metros.

Tabla 8. Distancia mínima de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo.

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de parada en bajadas (m)			Distancia de parada en subidas (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
30	30.4	31.2	32.2	29.0	28.5	28.0
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

2.5.5. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

La distancia de visibilidad de adelantamiento se define como la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo, en condiciones de seguridad y comodidad, pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad en el mismo carril, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto (Pedret, 2011).

Según el MOP (2003), la distancia mínima de rebasamiento para la velocidad de proyecto es de 110 metros (Tabla 9).

Tabla 9. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

Velocidad de diseño (km/h)	Velocidades de los vehículos (km/h)		Distancia mínima de rebasamiento (m)	
	Rebasado	Rebasante	Calculada	Recomendada
25	24	40	---	(80)
30	28	44	---	(110)
35	33	49	---	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)

() Valores recomendados para los caminos vecinales

Fuente: MOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elaboración: Autor.

CAPÍTULO 3

DISEÑO VIAL

3.1. Alineamiento horizontal.

El alineamiento horizontal consiste en una proyección del eje de la carretera sobre una superficie paralela a la superficie terrestre. Está integrado por elementos geométricos como tangentes, curvas circulares y/o curvas de transición. La tangente corresponde a la proyección del eje de carretera ubicado en un tramo recto, la unión de dos tangentes consecutivas de diferente orientación genera la necesidad del uso de curvas (MOP, 2003). Estos elementos son diseñados con la finalidad de garantizar la comodidad y seguridad a la velocidad de diseño (INVIAS, 2008).

Los elementos para el diseño horizontal se indican en la Figura 2.

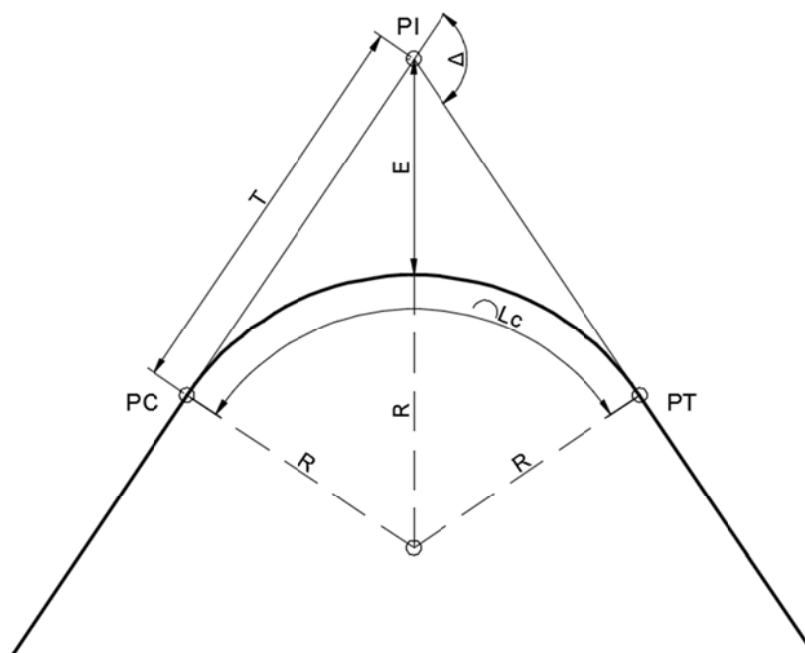


Figura 2. Elementos de una curva circular.

Fuente: INVIAS, Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.

Elaboración: Autor.

Donde:

PI	=	Punto de intersección de dos tangentes.
PC	=	Punto de inicio de la curva horizontal.
PT	=	Punto final de la curva horizontal.
Δ	=	Ángulo de deflexión.
R	=	Radio de la curva circular.
LC	=	Longitud de la curva.
T	=	Tangente.

3.1.1. Curvas circulares.

Para el diseño de curvas circulares horizontales se consideran dos casos: tangente seguida por curva horizontal, y, alineamiento compuesto de tangente, curva horizontal y vertical. En estos casos intervienen fuerzas centrífugas que actúan en contra de la estabilidad de los vehículos y de la seguridad del tránsito (NEVI-12, 2013). Para controlar esto se hace necesario estudiar factores limitantes en el diseño de los distintos elementos del alineamiento horizontal, siendo los más importantes el radio mínimo de curva y el peralte máximo.

3.1.2. Peralte.

Se conoce como peralte a la inclinación transversal al eje de la vía que se le da a la carretera generalmente en tramos curvos, es decir, una pendiente hacia dentro de la curva. El peralte es construido con el fin de contrarrestar las fuerzas centrífugas que empujan hacia afuera a un vehículo al momento de recorrer una trayectoria circular.

Junto con el peralte, factores como el peso del vehículo y la fuerza de fricción generada entre llantas y la calzada, contribuyen con la reducción del efecto de la fuerza centrífuga. De esta manera se controlan deslizamientos o volcamientos que pueda sufrir un vehículo en tramos curvos (MOP, 2003).

Para carreteras terciarias, en el caso de terrenos montañosos y escarpados, el Manual de diseño geométrico de carreteras (INVIAS, 2008), hace referencia a la dificultad de adecuar tramos con longitudes de entretangencia suficientemente largas para la transición de peralte, por esta razón sugiere un peralte de 6 %.

En este proyecto se emplea el peralte propuesto por la NEVI-12, que considera una tasa de sobreelevación máxima de 10 % para una zona rural montañoso (Tabla 10).

Tabla 10. Tasa de sobreelevación o peralte.

Tasa de sobreelevación, e (%)	Tipo de área
10	Rural montañoso
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

3.1.3. Radio mínimo.

El radio de curvatura es calculado en función de la velocidad de diseño, el peralte de la curva y el coeficiente de fricción lateral. El radio mínimo de la curva horizontal debe garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios al circular con la velocidad de diseño.

Generalmente se adopta los valores mínimos de radio de curvatura en casos donde el tipo de terreno es montañoso o escarpado, en las cercanías a los cruces hidrográficos o accidentes orográficos y en intersecciones entre caminos.

Para este proyecto se utiliza un radio mínimo de 25 m. Además, se considera que el radio no puede ser menor a 15 m cuando se trate de terreno escarpado, para aprovechar infraestructura existente, y/o caminos de bajo costo (MOP, 2003). En la Tabla 11 se exponen los valores de radio de curvatura recomendados por la NEVI-12.

Tabla 11. Radios de curvatura.

Velocidad de diseño (km/h)	Factor de fricción máxima	Peralte máximo 10%	
		Radio (m)	
		Calculado	Recomendado
30	0.17	26.2	25
40	0.17	46.7	45
50	0.16	75.7	75
60	0.15	113.4	115
70	0.14	160.8	160

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

3.1.4. Tangentes.

La tangente se define como la proyección del eje de carretera en un plano horizontal, conformada por rectas que se unen por curvas en su punto de intersección (MOP, 2003).

La longitud de la tangente está condicionada por valores mínimos y máximos. La longitud mínima de la tangente debe satisfacer el valor de la longitud de transición de peralte en cada tramo, es decir, depende del peralte y la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos a la velocidad específica correspondiente al tramo en estudio (INVIAS, 2008).

La longitud de tangente está limitada a un valor máximo por seguridad y prevención de accidentes, ya que mantener concentrada la atención en puntos fijos del camino produce

somnolencia al conductor, además tangentes largas favorecen al encandilamiento en tránsito nocturno debido a los faros de vehículos que circulan en sentido contrario (Kraemer et al., 2003).

De acuerdo con NEVI-12 (2013) la longitud mínima de la tangente es de 25 m. Además, se considera que la longitud máxima de la tangente horizontal es de quince veces la velocidad máxima probable en cada elemento geométrico (INVIAS, 2008).

3.2. Alineamiento vertical.

En el alineamiento vertical, al igual que el alineamiento horizontal, los elementos geométricos y especificaciones de diseño están directamente relacionados con la velocidad de diseño, curvas horizontales y distancias de visibilidad (MOP, 2003).

Las curvas verticales son formadas por arcos parabólicos que se unen con tangentes verticales, estos elementos dependen principalmente del tipo de terreno, velocidad de diseño y de los criterios usados en el diseño horizontal (INVIAS, 2008).

3.2.1. Criterios generales.

Usualmente para el diseño vertical se conoce como pendientes positivas a aquellas que aumentan su cota según el avance del recorrido y pendientes negativas a las que pierden cota.

En el diseño de las curvas verticales debe asegurarse que se cumpla con las distancias de visibilidad adecuadas, al menos, la distancia de visibilidad mínima de parada. Es importante considerar que en los casos donde la diferencia algebraica de las pendientes de dos tramos consecutivos es menor a 1 % no se diseña la curva vertical (NEVI-12, 2013).

Se debe evitar la presencia de dos curvas verticales de mismo sentido enlazadas por una tangente corta. En el caso de curvas convexas, se pierde visibilidad y en el caso de curvas cóncavas, resulta antiestético y genera problemas con la apreciación de distancias.

Para un diseño económico tanto operativa como constructivamente, se busca obtener un diseño vertical con rasantes largas, un ajuste óptimo entre el diseño vertical y diseño horizontal al tipo de terreno y a las características del tráfico (INVIAS, 2008).

3.2.2. Gradientes máximas y mínimas.

Al conocer que algunos elementos de drenaje superficial están relacionados con la pendiente de la rasante y para garantizar la evacuación del agua en la carretera, se limita a un valor mínimo la pendiente longitudinal de la vía debido a que tramos totalmente horizontales pueden causar problemas en cuanto al drenaje del agua en la superficie. La

pendiente mínima deberá ser de 0.5 %, además se limita la longitud recorrida por el agua sobre la rasante, de manera que salga de ésta antes de recorrer una longitud de 25 m (Kraemer et al., 2003).

Para el diseño vertical, se debe evitar las pendientes menores a 0.5 %, caso contrario se tendrá que diseñar las cunetas adyacentes con pendientes necesarias para garantizar el drenaje (NEVI-12, 2013).

De la misma manera, se limita a un valor máximo la pendiente longitudinal de la vía, sobre todo si se trata de tramos largos debido a que en ascenso la velocidad de los vehículos se reduce, el consumo de combustible aumenta y el esfuerzo de tracción de los vehículos pesados puede ocasionar deformaciones en la rasante del camino; y en descenso una pendiente muy fuerte acelera al vehículo si no se aplica los frenos (Kraemer et al., 2003).

Keller y Sherar (2008) y Weaver et al. (2015), consideran que en el diseño vertical de caminos rurales/forestales debe conservarse una pendiente por debajo del 12%, e intentar lograr una pendiente promedio de 8 %.

De acuerdo con la NEVI-12 (2013), se recomienda cumplir con las pendientes máximas indicadas en la Tabla 12. MOP (2003) limita la pendiente a un valor máximo de 14% (Tabla 13).

Tabla 12. Pendientes máximas.

Velocidad de diseño (km/h)	Pendientes máximas (%)			
	Tipo de terreno			
	Plano	Ondulado	Montañoso	Escarpado
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

Tabla 13. Pendientes máximas para zonas montañosas.

Categoría de la vía		Gradientes longitudinales máximas	
		Recomendable	Absoluto
R-I o R-II	> 8000 TPDA	4	6
I	3000 a 8000	6	7
II	1000 a 3000	7	8
III	300 a 1000	7	9
IV	100 a 300	8	12
V	< 100	8	14

Fuente:..

Elaboración: Autor.

Para este proyecto, según los criterios expuestos, se consideró una pendiente mínima de 0.5 % y 14 % como pendiente máxima, valores seleccionados en función de la velocidad de diseño (30 km/h).

3.2.3. Curvas verticales.

El diseño de curvas verticales parabólicas se aplica con el fin de enlazar dos tramos consecutivos del alineamiento vertical cuando la diferencia algebraica entre sus pendientes sea mayor a 1 %.

Las curvas verticales se clasifican según su forma como curvas verticales cóncavas y convexas, y según sus proporciones como simétricas y asimétricas. En la Figura 3 se indica la clasificación según su forma.

La proyección de las curvas verticales debe garantizar la visibilidad mínima de parada y la visibilidad de adelantamiento. Para esto se incluye el índice de curvatura (K) a partir del cual se determina la longitud de la curva vertical.

$$L = K * A$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical (m).

K = Índice de curvatura (Tabla 11 y Tabla 12).

A = Diferencia algebraica de las pendientes (%).

Para el diseño de curvas verticales tanto cóncavas como convexas, la NEVI-12 (2013), propone índices de curvatura según la velocidad de diseño como se expone en la Tabla 14 y Tabla 15.

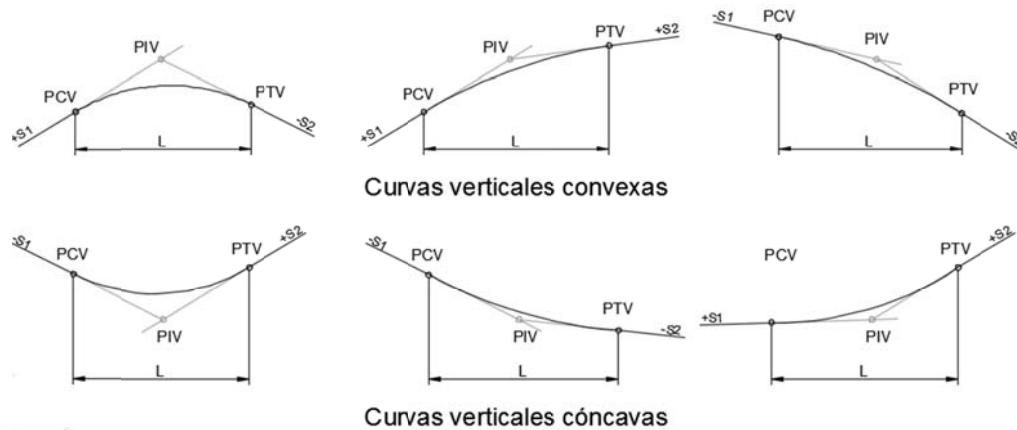


Figura 3. Tipos de curvas verticales.

Fuente: INVIAS, Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.

Elaboración: Autor.

En este proyecto se seleccionó un índice K de 6 y 17, para curvas verticales cóncavas y convexas respectivamente. En el caso de las curvas convexas la norma propone que k sea mayor a 46, debido a la topografía del terreno es difícil cumplir con ese factor, por lo que se adopta un valor de 17 recomendado por el MOP (2003).

Tabla 14. Índice de curvatura para la longitud de curva vertical cóncava.

Velocidad (km/h)	Distancia de visibilidad de frenado (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

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

Tabla 15. Índice de curvatura para la longitud de curva vertical convexa.

Velocidad (km/h)	Longitud controlada por visibilidad de frenado		Longitud controlada por visibilidad de adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Índice de curvatura K
20	20	0.6	-	-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2A, 2013.

Elaboración: Autor.

3.2.4. Coordinación entre el diseño horizontal y el diseño vertical.

Es necesaria una adecuada combinación entre el alineamiento horizontal y alineamiento vertical para brindar una velocidad uniforme, garantizar un adecuado servicio y seguridad a los usuarios (NEVI-12, 2013).

Los principales aspectos a tener en cuenta son: evitar que el inicio o fin de una curva horizontal se ubique cerca de la cresta de una curva vertical, y, los puntos de tangencia de cada curva vertical que coincidan con una curva circular deben estar ubicados a lo largo de la longitud de transición en planta.

3.3. Sección de la vía.

La sección transversal de la vía influye directamente en la superficie que ocupa y los costos de construcción y mantenimiento (Kraemer et al., 2003). El dimensionamiento de la sección transversal de una carretera depende principalmente del volumen de tráfico, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño (MOP, 2003).

En este apartado se describen las dimensiones y criterios de diseño de los elementos que conforman la sección transversal.

3.3.1. Calzada.

Para carreteras de un sólo carril de circulación, el ancho mínimo requerido para que los vehículos puedan circular con seguridad se limita a un valor entre 3.5 m a 4.5 m. (Keller & Sherar, Ingeniería de caminos rurales, 2008)

Según la configuración de la sección para un camino agrícola, indica un ancho de calzada de 4 metros. Asimismo el MOP (2003) propone el mismo valor para carretera tipo V. Para este proyecto se seleccionó el ancho indicado en la Tabla 16 que se encuentra dentro del límite sugerido para carreteras de un solo carril y en función de su TPDA, este valor es de 4 metros (MOP, 2003).

3.3.2. Pendiente transversal.

Para facilitar el escurrimiento del agua en la superficie de la carretera se debe dar una inclinación transversal a la misma, esta se denomina bombeo y depende de la superficie de rodadura. Según Kraemer et al. (2003) es preferible utilizar bombeo con pendientes entre el 2 % a 2.5 % sobre todo en zonas que presenten precipitaciones intensas. En la Tabla 17 se indican los valores recomendados en función de la superficie de rodadura.

Tabla 16. Anchos de calzada.

Categoría de la vía		Ancho de calzada (m)	
		Recomendable	Absoluto
R-I o R-II	> 8000 TPDA	7.30	7.30
I	3000 a 8000	7.30	7.30
II	1000 a 3000	7.30	6.50
III	300 a 1000	6.70	6.00
IV	100 a 300	6.00	6.00
V	< 100	4.00	4.00

Fuente: MOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elaboración: Autor.

Tabla 17. Pendiente transversal de calzada.

Superficie de rodadura	Bombeo (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamiento superficial	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Fuente: INVIAS, Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.

Elaboración: Autor.

3.3.3. Berma o espaldón.

El ancho del espaldón tiene como principal objetivo proporcionar un espacio para el estacionamiento temporal de vehículos y mejorar la visibilidad en curvas horizontales, además confinar la calzada ante posibles erosiones por la humedad que pueda ingresar a la misma. Para la selección del ancho del espaldón se presenta la Tabla 18.

Según el INVIAS (2008) la inclinación del espaldón debe ser la misma que de la sección transversal del carril adyacente, sugiere que no existan desniveles entre el espaldón y el ancho de calzada. Además presenta la Tabla 19 para determinar el ancho del espaldón según la velocidad de diseño y categoría de la carretera.

En cuanto a la gradiente del espaldón, el MOP (2003) maneja otro criterio, recomienda que la inclinación transversal del espaldón sea de 4% independientemente del tipo y categoría de la vía. Para este proyecto se consideró un ancho de espaldón de 50 cm con la misma gradiente transversal del carril de circulación.

Tabla 18. Valores de diseño para el ancho de espaldones.

Categoría de la vía		Ancho de espaldón (m)	
		Terreno montañoso	
		Recomendable	Absoluto
R-I o R-II	> 8000 TPDA	2.5	2.0
I	3000 a 8000	2.0	1.5
II	1000 a 3000	1.5	1.5
III	300 a 1000	1.0	0.5
IV	100 a 300	0.6	0.6
V	< 100	-	-

Fuente: MOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elaboración: Autor.

Tabla 19. Ancho de bermas.

Categoría de la carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo Vtr (km/h)				
		20	30	40	50	60

Terciaria	Plano	1.00	1.00
	Ondulado	0.50	1.00
	Montañoso	0.50	0.50
	Escarpado	0.50	0.50

Fuente: INVIAS, Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.

Elaboración: Autor.

3.3.4. Taludes.

El diseño de los taludes en corte y relleno depende de factores como el tipo de suelo, condiciones del agua subterránea y características geométricas de la vía. En terrenos montañosos los taludes de corte ubicados en curvas horizontales deben garantizar una adecuada visibilidad para la seguridad de los usuarios (MOP, 2003).

Se prefiere el uso de la construcción de corte y relleno para minimiza el volumen y el costo del movimiento de tierra (Figura 4). El volumen de corte debe ser aproximadamente 20 % mayor al volumen de relleno (Weaver et al., 2015).

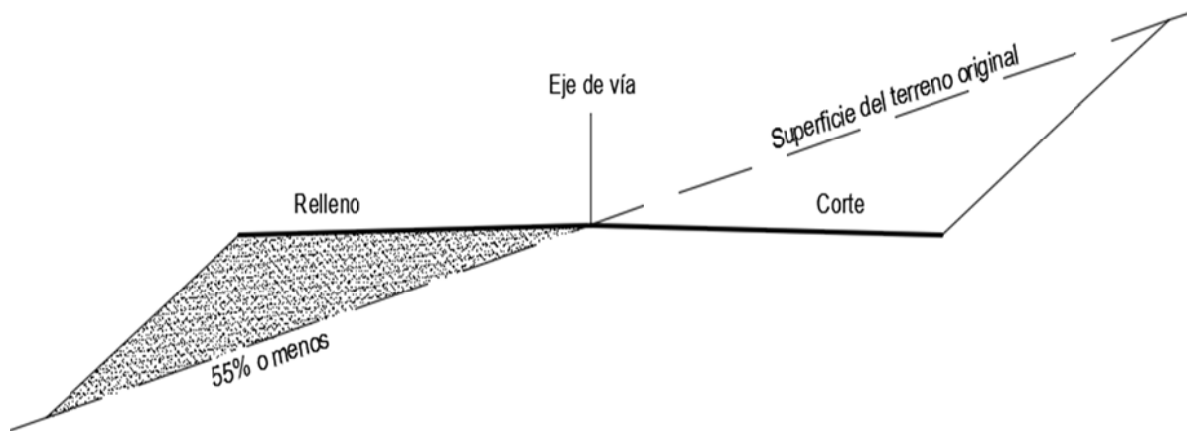


Figura 4. Sección tipo recomendada.

Fuente: Weaver et al. Manual de caminos forestales y rurales. 2015.

Elaboración: Autor.

A continuación se presentan dos tablas, tomadas del INVIAS (2008), en donde se indica las inclinaciones máximas del talud de corte y relleno según el tipo de suelo. En este proyecto se adopta taludes de 1:2 para corte y de 1.5:1 para relleno, de acuerdo con el tipo de suelo presente en la zona de estudio (Anexo 6).

Tabla 20. Talud de corte.

Tipo de terreno	Talud (H:V)
Roca fina	1 : 10
Roca suelta	1 : 4 - 1 : 6
Conglomerados cementados	1 : 4
Suelos consolidados compactos	1 : 4
Conglomerados comunes	1 : 3
Tierra compacta	1 : 1 - 1 : 2
Tierra suelta	1 : 1
Arenas sueltas	2 : 1
Zonas blandas con abundante arcilla o zonas humedecidas por filtraciones	2 : 1

Fuente: INVIAS, Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.

Elaboración: Autor.

Tabla 21. Talud de relleno

Material de relleno	Talud (H:V)
Enrocado	1 : 1
Suelos diversos compactados	1.5 : 1
Arenas limpias	2 : 1

Fuente: INVIAS, Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.

Elaboración: Autor.

3.3.5. Cunetas.

Son canales abiertos ubicados a los costados de las carreteras con el objetivo de recolectar el agua superficial producto de escorrentía de la calzada, de los taludes de corte y de laderas adyacentes, para evitar problemas generados por la infiltración en las capas subyacentes (Pérez, 2014). Pueden ser revestidas o no, sus dimensiones se obtienen de cálculos hidráulicos basados en la intensidad de la lluvia, tipo de terreno, pendiente, área de aporte, etc. (INVIAS, 2008).

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE SUELOS Y DISEÑO DE LA CAPA DE RODADURA.

4.1. Generalidades.

La exploración del suelo es importante para conocer las características del mismo, determinar posibles zonas que puedan afectar la ubicación de la carretera y garantizar un adecuado diseño de la estructura del pavimento.

El Manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú (MTC, 2014) dentro de su sección “suelos y pavimentos” menciona que las características físico-mecánicas de la subrasante se las determina al ensayar muestras de suelo obtenidas en calicatas por cada kilómetro de vía como lo indica la Tabla 22.

Tabla 22. Exploración del suelo. Número de calicatas.

TPDA (veh/día)	Número mínimo de calicatas por kilómetro
> 6000	4 por cada sentido (Calzada de 2 carriles)
4001 - 6000	4 por cada sentido (Calzada de 3 carriles) 6 por cada sentido (Calzada de 4 carriles)
2001 - 4000	4
401 - 2000	3
201 - 400	2
≤ 200	1

Fuente: MTC, Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos, 2014.

Elaboración: Autor.

4.2. Exploración física del suelo.

La exploración física del suelo se realizó mediante la excavación manual de calicatas de 50 cm de ancho y mínimo 60 cm de profundidad, se extrajo muestras alteradas de cuatro puntos separados por una distancia de 1 km aproximadamente, se prefiere que la toma de muestras sea en abscisas que posean poco volumen de relleno. La ubicación de calicatas se muestra en la Tabla 23.

4.2.1. Análisis granulométrico.

La granulometría se realizó con referencia a la norma ASTM D 422 con el fin de determinar la distribución del tamaño de partículas que tiene la muestra de suelo. En este tramo de carretera, la totalidad de las muestras de suelo presenta tamaños de partículas menores a 4.760 mm por lo que se ha procedido a realizar un análisis granulométrico de fracción fina

mediante vía seca para materiales que puedan ser desintegrados con facilidad, caso contrario por medio de la vía húmeda.

Los datos obtenidos sirven para elaborar la curva granulométrica del suelo, la cual relaciona el porcentaje que pasa y el diámetro de cada tamiz, además, con esta curva se puede determinar el tipo de suelo como se observa en la Figura 5. (Ortuño, 2002).

Tabla 23. Ubicación de los puntos de muestreo.

Calicata	Norte	Este	Abscisa
1	9593874.1	683324.5	1+400
2	9594196.8	682972.8	2+000
3	9595246.9	682939.5	3+200
4	9595611.9	682907.8	3+800

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

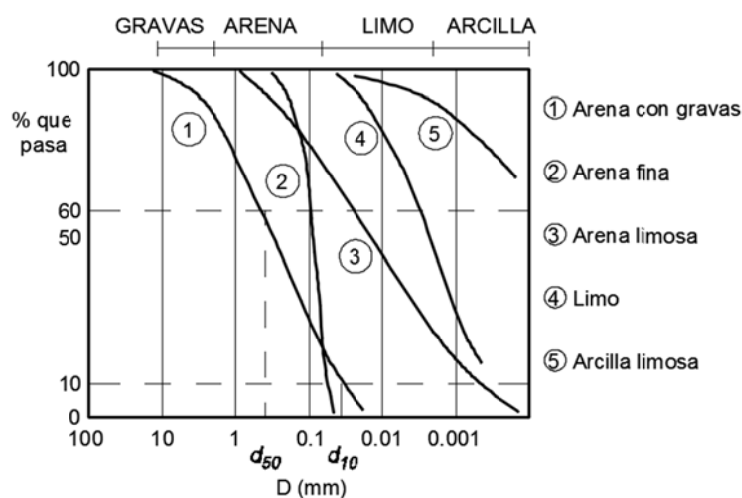


Figura 5. Curvas granulométricas según tipo de suelo.

Fuente: Ortuño, L. Mecánica del suelo. En González de Vallejo, Ingeniería geológica, 2002.

Elaboración: Ortuño, L. Mecánica del suelo. En González de Vallejo, Ingeniería geológica, 2002.

Según la forma que presentan las curvas granulométricas, graficadas luego del respectivo ensayo en laboratorio, se clasifica el suelo como una arcilla limosa para las calicatas 5, 6 y 7, mientras que la granulometría de la calicata 8 corresponde a una arena limosa. Los resultados se indican en el Anexo 2.

4.2.2. Límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg se determinaron bajo las especificaciones propuestas por las normas AASHTO T89 y AASHTO T90, para el límite líquido y límite plástico

respectivamente. Según el MTC (2014), los límites de Atterberg indican el comportamiento de un suelo ante la presencia de diferentes contenidos de humedad.

El límite líquido (LL) y límite plástico (LP) sirven para medir la cohesión de los suelos, además, a la diferencia entre estos se la conoce como índice de plasticidad ($IP = LL - LP$) que indica el rango de humedad en el cual el suelo presenta consistencia plástica (Tabla 24). En la Tabla 25 se muestran los resultados de este ensayo para cada muestra de suelo y en el Anexo 3 se adjuntan los cálculos respectivos.

Tabla 24. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad.

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP \leq 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: MTC, Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos, 2014.

Elaboración: Autor.

Tabla 25. Límites de Atterberg.

Límites de Atterberg				
	M1	M2	M3	M4
Límite Líquido (%)	67.60	52.80	40.10	45.60
Límite Plástico (%)	35.81	42.74	31.28	30.64
Índice de Plasticidad I_p (%)	31.79	10.07	8.82	14.96

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

4.2.3. Ensayos de compactación.

La prueba proctor estándar sigue la normativa ASTM D-698. Este ensayo se utiliza para determinar la densidad seca máxima de un suelo y su óptimo contenido de humedad para la cual se alcanza esta densidad (Oteo, 2002).

El ensayo consiste en preparar varias muestras, previamente secadas, humedeciéndolas con diferentes contenidos de humedad para luego ser compactadas con los equipos indicados en la norma, finalmente se tiene que conseguir la curva de compactación desde la cual se determina la densidad máxima seca y su humedad óptima. Este ensayo se ha

realizado para las cuatro muestras de suelo extraídas en el campo y sus cálculos se muestran en el Anexo 4.

4.2.4. Valor soporte California (CBR).

El ensayo CBR (*California Bearing Ratio*) se ha realizado en base a la norma ASTM D1883. Se lo calcula con el fin de estimar la capacidad de soporte del suelo en capas de subrasante, subbase, base o terraplenes (Oteo, 2002).

Este ensayo consiste en preparar tres cilindros con el óptimo contenido de humedad calculado en el ensayo proctor estándar. A cada cilindro se lo compacta con diferente número de golpes, luego se aplica una sobrecarga y se los sumerge en agua, durante cuatro días se mide su esponjamiento y finalmente se ensaya la resistencia a penetración. Se genera una curva con los resultados de densidad seca y CBR, este índice indica el porcentaje de presión ejercida en el suelo para una penetración determinada (MTC, 2014). Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el Anexo 5.

Según el MTC (2014), indica que los suelos con $\text{CBR} \geq 6\%$ son aptos para las capas de subrasante, caso contrario se debe seleccionar alguna alternativa para la estabilización de los suelos, ya sea estabilización mecánica o química, utilizar geosintéticos, elevar la rasante o cambiar el trazo vial, de estas alternativas se elige la más conveniente económica y técnicamente.

En función de los resultados obtenidos (7.8% al 18%), la calidad del suelo de sub-rasante es regular a buena, mayor al mínimo establecido por el MTC (2014) por lo que no requiere ser estabilizado y es apto como sub-rasante.

Tabla 26. Uso del suelo según CBR.

CBR	Calidad del suelo	Uso
2 – 5	Muy mala	Sub-rasante
5 – 8	Mala	Sub-rasante
8 – 20	Regular – buena	Sub-rasante
20 – 30	Excelente	Sub-rasante
30 – 60	Buena	Sub-base
60 – 80	Buena	Base
80 – 100	Excelente	Base

Fuente: MTC, Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos, 2014.

Elaboración: Autor.

4.2.5. Clasificación de los suelos.

Los sistemas de clasificación de suelos permiten dividir en grupos y subgrupos a los suelos en función de sus propiedades ingenieriles, de manera que se puede emitir un criterio de calidad del suelo y su desempeño (Das, 2012).

Las muestras de suelo extraídas en campo se han clasificado de acuerdo a la metodología para construcción vial, la clasificación por AASHTO y SUCS. Mediante estos sistemas de clasificación se logra expresar las características generales de los suelos según su distribución granulométrica y plasticidad. El sistema de clasificación AASHTO es usado principalmente en los departamentos de caminos estatales, mientras que el SUCS es preferido por ingenieros geotécnicos (Das, 2012).

El sistema de clasificación AASHTO presenta siete grupos de suelos desde A-1 hasta A-7. Los materiales granulares se los clasifica con los tres primeros grupos A-1, A-2 y A-3, donde el 35% o menos pasa por el tamiz No. 200. Mientras que el material fino como limo y arcilla, donde más del 35% pasa por el tamiz No. 200, se lo clasifica en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. En el Anexo 6 se presentan las tablas para la clasificación del suelo.

El sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) clasifica los suelos en dos grupos según su granulometría: suelos de grano grueso donde menos del 50% pasa la malla No. 200 y suelos de grano fino donde el 50% o más pasa el tamiz No. 200. Esta clasificación presenta varios prefijos los cuales se muestran en la Tabla 43.

Para complementar la clasificación de suelos mediante AASHTO se utilizar el índice de grupo (IG) que califica al material de sub-rasante como un suelo muy bueno o inadecuado para caminos. Mientras mayor sea el IG indica un material muy deficiente para sub-rasante (Tabla 27).

Tabla 27. Índice de grupo (IG).

Índice de grupo	Suelo de sub-rasante
$IG > 9$	Inadecuado
$4 < IG \leq 9$	Insuficiente
$2 < IG \leq 4$	Regular
$1 < IG \leq 2$	Bueno
$IG \leq 0$	Muy bueno

Fuente: MTC, Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos, 2014.

Elaboración: Autor.

Conocidos los resultados de la granulometría y límites de Atterberg para cada suelo, se realiza su clasificación y se la presenta en la Tabla 28.

Tabla 28. Clasificación del suelo.

Calicata	Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS
1	A-7-5 Suelo arcilloso.	CH – Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa.
2	A-7-5 Suelo arcilloso.	CH – Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa.
3	A-6 Suelo arcilloso.	CL- Arcilla orgánica de baja plasticidad, arcilla limosa.
4	A-7-5 Suelo arcilloso.	CL- Arcilla orgánica de baja plasticidad, arcilla limosa.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

4.3. Diseño de la capa de rodadura.

Debido al bajo volumen de tránsito y número de repeticiones de ejes equivalentes (EE), el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) sugiere el diseño de carreteras con revestimiento de material granular como superficie de rodadura, es decir una o varias capas con material de afirmado.

El MTC (2014) presenta la metodología para el diseño del espesor de la capa de afirmado, siendo seleccionado en función de la resistencia de la subrasante y el tránsito estimado con un máximo de 300 000 EE. En este método se considera que el suelo es adecuado para subrasante cuando su CBR es mayor al 6%, caso contrario se requiere un estudio para estabilización del suelo.

El material de afirmado es el resultado de una mezcla de tres tipos de materiales: piedra, para soportar cargas; arena, para llenar vacíos y brindar estabilidad; finos plásticos, necesarios para la adherencia de los materiales. La calidad del material se determina mediante ensayos de laboratorio y esta debe cumplir con los requisitos de la Tabla 29.

Para determinar el espesor se utiliza la Tabla 45 que se indica en el Anexo 7. En este proyecto se determinó mediante ensayos de laboratorio un mínimo valor de CBR de 7.8%, se adopta un valor de 8% como CBR de diseño (para coincidir con el diseño de la vía en las abscisas 4+000 hasta 8+000), además el tráfico proyectado en número de repeticiones de ejes equivalentes es de 48429 EE, con estos dos parámetros se obtiene un espesor de la capa de afirmado de 200mm.

Tabla 29. Requisitos de calidad para material de afirmado

Ensayo	Límites
Resistencia a la abrasión	50 % máx.
Límite líquido	35 % máx.
Índice de plasticidad	4 - 9 %
CBR al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de 0.1"	40 % mín.

Fuente: MTC. Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos, 2014.

Elaboración: Autor.

CAPÍTULO 5

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE.

5.1. Generalidades.

Las obras de drenaje para vías son diseñadas en base al tamaño de la cuenca, condiciones climáticas, topográficas, cobertura vegetal, uso de suelo y capacidad de almacenamiento (MTC, 2014). El propósito de toda estructura de drenaje es recolectar, evacuar y canalizar el agua procedente de las precipitaciones y del subsuelo, para alejarla de la calzada en el menor tiempo posible, y así, evitar la saturación y erosión de los materiales que conforman la estructura del pavimento. Para el diseño de estas estructuras se emplean diversos métodos hidrológicos de estimación de avenidas y caudales máximos.

La superficie del camino debe ser diseñada de tal manera que permita el drenaje, mantener la seguridad para los usuarios y minimizar los efectos de la erosión. Esta puede ser con peralte hacia afuera, peralte hacia adentro o coronada, nunca una superficie plana porque minimiza el drenaje y es propensa a la formación de charcos y baches.

En este capítulo se presenta el estudio de drenaje vial en base de un análisis hidrológico de la zona del proyecto y un estudio hidráulico para el diseño de obras de arte menor, obras de drenaje como cunetas y alcantarillas. A partir de un registro histórico de datos de precipitación y en función de las características que presenta la cuenca, se procede a estimar el caudal máximo de diseño, posteriormente se dimensiona y comprueba cada uno de los elementos hidráulicos para el sistema de drenaje.

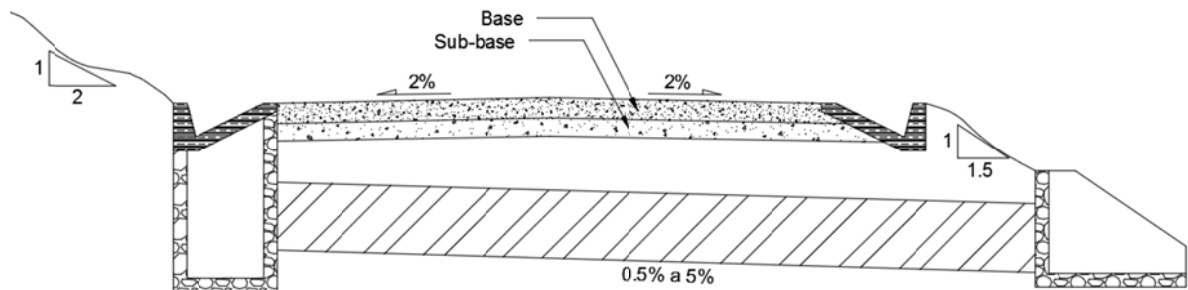


Figura 6. Sección transversal tipo.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

5.2. Estudio hidrológico.

El objetivo principal de un estudio hidrológico es determinar la intensidad de diseño, a partir de la cual se obtendrá el caudal máximo para el dimensionamiento de estructuras de drenaje transversal y longitudinal. Generalmente este caudal se basa en una tormenta con periodo de retorno entre 20 a 100 años seleccionado en función de la vida útil del proyecto (Keller y Sherar, 2003).

El cálculo de la máxima intensidad de lluvia en la zona del proyecto se ha realizado a partir de la distribución de Gumbel con un registro histórico de datos de precipitación en 24h proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Para comprobar el grado de concordancia entre los datos se utiliza la prueba de bondad de ajuste por el método de Kolmogorov Smirnov. Posteriormente se grafica las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) para determinar la intensidad de diseño según el tipo de obra.

Según el INAMHI en el mapa de zonificación de intensidades de precipitación el proyecto se encuentra ubicado en la zona 25, estación climatológica ordinaria Saraguro (M142), en las coordenadas 03°37'14"S, 79°13'56"W, a una altitud de 2525 m.s.n.m. Además presenta las ecuaciones representativas de la estación pluviográfica (Tabla 30) para el cálculo de las intensidades máximas de cualquier periodo de retorno.

Tabla 30. Ecuaciones representativas de la estación Saraguro.

Estación	Duración (min)	Ecuación	Simbología
Saraguro (M142)	5 < 197	$I_{TR} = 87.477t^{-0.5798} Id_{TR}$	I_{TR} = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno (mm/h). Id_{TR} = Intensidad diaria para un periodo de retorno dado (mm/h).
	197 < 1440	$I_{TR} = 159.22t^{-0.6989} Id_{TR}$	t = Tiempo de duración de lluvia (min)

Fuente: INAMHI, Estudio de lluvias intensas, 1999.

Elaboración: Autor.

Las intensidades de diseño para el dimensionamiento de obras de drenaje se presentan en la Tabla 31. La prueba de bondad de ajuste, el análisis de precipitaciones máximas en 24 horas, la construcción de las curvas IDF y los criterios para la selección de la intensidad de diseño son presentados en el Anexo 8.

Tabla 31. Intensidades de diseño.

Frecuencia y duración	Obras de drenaje	Intensidad de diseño (mm/h)
Tr = 10 años d = 10 min	Cunetas	47.8
Tr = 50 años d = 10 min	Alcantarillas	62.0

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

5.3. Estudio hidráulico.

El estudio hidráulico dentro de este proyecto radica en determinar el caudal de diseño, en función de las características de la cuenca, para el dimensionamiento de las obras de arte menor y su posterior comprobación.

El método racional es el más utilizado para determinar los caudales de diseño en obras viales debido a su simplicidad y lógica (NEVI-12, 2013). Este método es aplicado en cuencas urbanas y rurales pequeñas, con área menor a 25 km², se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q	=	Caudal (m ³ /s)
C	=	Coeficiente de escorrentía (Tabla 36)
I	=	Intensidad de lluvia (mm/h)
A	=	Área de aporte (km ²)

El caudal es proporcional a la intensidad de la lluvia y al área de la cuenca, por lo que está asociado a un periodo de retorno determinado. La intensidad de lluvia se la obtiene a partir de curvas IDF, dónde la duración corresponde al tiempo de concentración y la frecuencia al periodo de retorno según la importancia de la obra.

El tiempo de concentración se define como el tiempo necesario, desde que inicia la precipitación, para que toda la cuenca aporte agua de escorrentía al punto de salida, es decir, el tiempo que tarda el agua desde las zonas más alejadas hasta llegar a la salida. Para calcular el tiempo de concentración existen diversas fórmulas empíricas determinadas a partir de la morfología de la cuenca, los resultados pueden presentar una variabilidad bastante alta, por lo que el criterio del diseñador es importante para seleccionar el valor más adecuado. La NEVI-12 (2013) propone fórmulas para superficies relativamente planas y zonas montañosas, algunas de estas se presentan en la Tabla 32.

Como norma general, el tiempo de concentración debe ser mínimo 10 minutos (NEVI-12, 2013). Conocida la duración de la tormenta se elige un periodo de retorno para cada tipo de obra de drenaje vial (Tabla 33) y se selecciona la intensidad de la lluvia en las curvas IDF de la zona de estudio.

Tabla 32. Fórmulas para determinar el tiempo de concentración.

Autor	Fórmula	Observaciones
California Culverts Practice (1942)	$T_c = 56.867(L^3/H)^{0.385}$	Cuencas de montaña
Soil Conservation Service (1975)	$T_c = \frac{258.7L^{0.8}((1000/CN) - 9)^{0.7}}{1900S^{0.5}}$	Cuencas rurales
Giandotti	$T_c = \frac{60(4A^{0.5} + 1.5L)}{0.8H_m^{0.5}}$	Cuencas pequeñas con gradiente

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración: Autor.

Donde:

T_c	=	Tiempo de concentración (min).
L	=	Longitud del cauce (km).
S	=	Gradiente longitudinal (m/m)).
A	=	Área de la cuenca (km ²).
H_m	=	Desnivel entre la cota media de la cuenca y cota de salida (m).
H	=	Desnivel entre las cotas extremas de la cuenca (m).
CN	=	Número de la curva.

Tabla 33. Periodo de retorno para obras de drenaje en caminos.

Tipo de obra	Periodo de retorno (años)
Puentes y viaductos	150
Alcantarillas $S > 2 \text{ m}^2$	100
Alcantarillas $S < 2 \text{ m}^2$	50
Drenaje de la plataforma	10

S = sección útil de la alcantarilla

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración: Autor.

Una vez seleccionada la intensidad de diseño y el área de aporte para cada obra de drenaje, se elige el coeficiente de escorrentía. Este depende del relieve que presenta el terreno, uso y tipo de suelo, cobertura vegetal, condiciones de infiltración y demás factores. Para elegir el

valor más adecuado se ha utilizado las tablas recomendadas por la normativa ecuatoriana vial. La Tabla 36 muestra coeficientes de escorrentía para diferentes tipos de terrenos, mientras que la Tabla 34 propone cuatro factores que se les da valores correspondientes a la situación y finalmente se suma el valor de cada uno de ellos.

Tabla 34. Coeficientes de escorrentía.

Factor	Extremo	Alto	Normal	Bajo
	0.28 – 0.35	0.20 – 0.28	0.14 – 0.20	0.08 – 0.14
Relieve	Pendientes mayores a 30%	Pendientes de 10% a 30%	Pendientes entre 5% y 10%	Pendientes menores a 5%
	0.12 – 0.16	0.08 – 0.12	0.06 – 0.08	0.04 – 0.06
Infiltración	Suelo rocoso o arcilloso	Arcilla o limo, baja capacidad de infiltración, mal drenados	Normales, bien drenados, limos arenosos, suelos arenosos	Suelos profundos de arena, bien drenados
	0.12 – 0.16	0.08 – 0.12	0.06 – 0.08	0.04 – 0.06
Cobertura vegetal	Escasa cobertura, terreno sin vegetación	Poca, menos del 20% con cobertura vegetal	Regular a buena, no más del 50% con praderas o bosques	Buena a excelente, 90% con cobertura vegetal.
	0.10 – 0.12	0.08 – 0.10	0.06 – 0.08	0.04 – 0.06
Almacenamiento superficial	Despreciable. Pocas depresiones superficiales	Bajo. Cauces bien definidos, sin zonas húmedas	Normal. Zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos	Alta capacidad. Planicies de inundación, zonas húmedas
Si $T_r > 10$ años, multiplicar el coeficiente por 1.10 (25 años), por 1.20 (50 años) y por 1.25 (100 años)				

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración: Autor.

Tabla 35. Coeficiente “C” para la zona de proyecto.

Factor	Coeficiente
Relieve	0.35
Infiltración	0.10
Cobertura vegetal	0.05
Almacenamiento	0.10
T = 10 años	0.60
T = 50 años	0.72

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración: Autor.

Tabla 36. Coeficientes de escorrentía.

Tipo de terreno	Coeficiente de escorrentía
Pavimentos de adoquín	0.50 – 0.70
Pavimentos asfálticos	0.70 – 0.95
Pavimentos de hormigón	0.80 – 0.95
Suelo arenoso con vegetación y gradiente 2% - 7%	0.15 – 0.20
Suelo arcilloso con pasto y gradiente 2% - 7%	0.25 – 0.65
Zonas de cultivo	0.20 – 0.40

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración: Autor.

5.3.1. Drenaje longitudinal: cunetas.

Las cunetas son canales ubicados a uno o a ambos lados de una carretera, revestidas o sin revestir, construidas con el propósito de interceptar y conducir de forma controlada el agua lluvia que escurre de la corona de la vía, taludes de corte y pequeñas áreas adyacentes. El agua es canalizada y desalojada rápidamente hacia un drenaje natural o una obra de drenaje transversal (MOP, 2003).

La pendiente longitudinal de la cuneta será la misma pendiente de la carretera, mínimo 0.50 % y un valor máximo limitado por la velocidad del agua y el tipo de superficie para prevenir la erosión. En la Tabla 37 y Tabla 38 se indica la velocidad máxima admisible según el tipo de revestimiento en cunetas y tipo de terreno.

Tabla 37. Velocidades máximas admisibles en cunetas revestidas.

Tipo de revestimiento	Velocidad máxima admisible (m/s)
Mezclas asfálticas en sitios y tratamientos superficiales	3.00
Mampostería de piedra	4.50
Hormigón asfáltico o cemento portland	4.50

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración: Autor.

Tabla 38. Velocidades máximas admisibles en cunetas no revestidas.

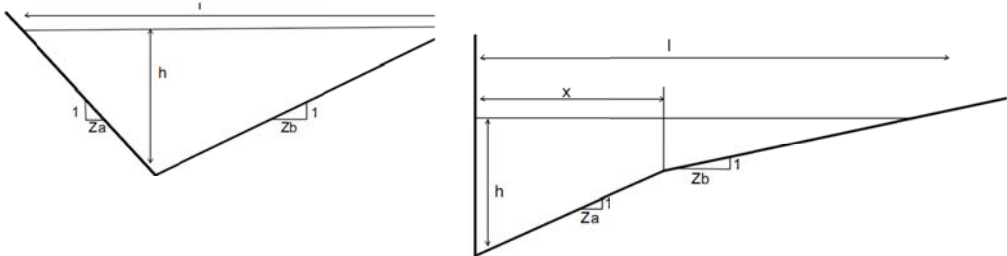
Tipo de terreno	Flujo intermitente (m/s)	Flujo permanente (m/s)
Arena fina	0.75	0.75
Arcilla arenosa	0.75	0.75
Arcilla limosa	0.90	0.90
Arcilla fina	1.00	1.00
Grava fina	1.50	1.20
Arcilla dura (coloidal)	1.80	1.40

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración:

La sección transversal de una cuneta puede ser rectangular, trapezoidal o triangular, siendo esta última la más utilizada debido a la facilidad de construcción, mantenimiento y por seguridad a los usuarios de la vía. En la Tabla 39 se presentan las fórmulas para determinar las propiedades geométricas e hidráulicas de cunetas o canales triangulares.

Tabla 39. Capacidad hidráulica de cunetas o canales triangulares.

Tipo de cuneta o canal		
		
Ancho superficial	$(z_a + z_b) * h$	$x + z_b * \left(h - \frac{x}{z_a}\right)$
Área	$\frac{(z_a + z_b) * h^2}{2}$	$x * h + \frac{z_b * h^2}{2} + \frac{x^2}{2z_a} * \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 * z_b * h}{x} - 1\right)$
Perímetro mojado	$\left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}\right) * h$	$h + \sqrt{x^2 * \left(1 + \frac{1}{z_a^2}\right)} + \sqrt{1 * \left(h - \frac{x}{z_a}\right) + z_b^2}$
Radio hidráulico	$\frac{(z_a + z_b) * h}{2 * \left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}\right)}$	$\frac{x * h + \frac{z_b * h^2}{2} + \frac{x^2}{2z_a} * \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 * z_b * h}{x} - 1\right)}{h + \sqrt{x^2 * \left(1 + \frac{1}{z_a^2}\right)} + \sqrt{1 * \left(h - \frac{x}{z_a}\right) + z_b^2}}$

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

El MOP (2003) recomienda que las secciones triangulares tengan como mínimo pendientes de 3:1 para el talud hacia la vía y pendientes que sigan la inclinación del talud de corte para el lado opuesto; además sugiere, para este caso, que la altura no rebase los 30 cm (Figura 7).

Las cunetas son diseñadas en base al caudal máximo, sección transversal, tipo de material, longitud, pendiente longitudinal y velocidad.

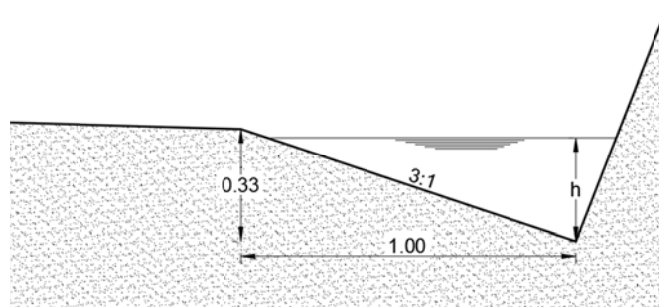


Figura 7. Sección típica para cunetas triangulares.

Fuente: MOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elaboración: Autor.

El caudal máximo de diseño es determinado mediante el método racional. El área de aportación incluye el ancho de la carretera, la superficie del talud de corte y el aporte de ladera según la topografía. La intensidad de lluvia se determina para un periodo de retorno y duración indicados en la Tabla 31. El coeficiente de escorrentía es seleccionado según el tipo de terreno como se indica en la Tabla 34.

La longitud de la cuneta se limita a un valor máximo que depende de la topografía y de su sección, en el primer caso para evitar que se produzcan depósitos de lodo o basura en tramos donde cambia la pendiente longitudinal, y, en el segundo caso para evitar que el nivel de agua rebase la altura de la cuneta y de esta manera asegurar el funcionamiento eficiente de la misma. En tramos donde la longitud de la cuneta sea mayor a la máxima permisible, se implementa obras de descarga (alcantarillas) para conducir el agua hacia un drenaje natural.

La obra de descarga de la cuneta está conformada por un sumidero y el tubo para conducción del agua. Cuando la cuneta pasa de un tramo en corte a un tramo en relleno, se implementa una rampa de descarga que extiende la longitud de la cuneta hacia un drenaje natural para evitar la erosión del talud.

Mediante el método racional se determina el caudal de aporte para cada tramo de cuneta, el máximo valor de caudal será utilizado para el diseño de la sección transversal de la cuneta. El dimensionamiento del canal es validado si la altura de la lámina de agua no rebasa la altura de la cuneta propuesta, es decir, el caudal que puede pasar por la cuneta debe ser

mayor al máximo calculado, y, se debe comprobar que la velocidad sea menor al máximo admisible.

El caudal máximo que circula por la cuneta es calculado por la ecuación de Manning que relaciona la geometría de la sección con la pendiente longitudinal y el coeficiente “n”. Para el dimensionamiento de la cuneta se toma la pendiente más crítica de los tramos estudiados y el coeficiente de Manning según el material de la misma (Tabla 42).

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

Q	=	Caudal (m ³ /s).
n	=	Coeficiente de rugosidad de Manning.
A	=	Área mojada (m ²).
R	=	Radio hidráulico (m).

Tabla 40. Coeficiente de rugosidad de Manning.

Condiciones de las paredes	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
Canales y zanjas				
En tierra, alineados y uniformes	0.017	0.020	0.0225	0.025
En roca, lisos y uniformes	0.025	0.030	0.033	0.035
En roca, con salientes y sinuosos	0.035	0.040	0.045	
Sinuosos y de escurrimiento lento	0.0225	0.025	0.0275	0.030
Degradados en tierra	0.025	0.0275	0.030	0.033
Con lecho pedregoso y bordos de tierra enhierbados	0.025	0.030	0.035	0.040
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.028	0.030	0.033	0.035

Fuente: Villón, M., Hidráulica de canales, 2008.

Elaboración: Autor.

5.3.2. Drenaje transversal: alcantarillas.

Las alcantarillas son conductos cerrados, relativamente cortos, que se construyen por debajo del nivel de subrasante y transversal al eje de la vía, con el objeto de permitir el paso y conducir hacia cauces naturales el agua de lluvia proveniente principalmente de cunetas y

cuenas hidrográficas. Además, de acuerdo con la topografía, se las utiliza para drenar zonas inundables (MOP, 2003).

Según la NEVI (2013), para caminos vecinales el diámetro mínimo del ducto es de 1.00 m si su longitud es mayor a 10 m y para las demás carreteras sugiere un diámetro mínimo de 1.20 m, en caso de instalaciones múltiples la separación de los tubos debe ser igual a la mitad del diámetro medido desde la cara exterior, se limita a un máximo de 1.00 m y mínimo 0.40 m para garantizar una eficiente compactación del material de relleno.

Las alcantarillas de alivio de cuentas pueden ser de menor diámetro, ya que conducen caudales bajos provenientes de pequeñas superficies de aportación. Se recomienda utilizar un diámetro mínimo de 45 cm para zonas forestadas, diámetros menores se pueden taponar fácilmente (Weaver et al., 2015).

Entre los materiales usados para la construcción de alcantarillas se encuentra el hormigón, acero corrugado, aluminio corrugado, acero inoxidable y plástico. Generalmente se prefiere el uso de alcantarillas de hormigón armado y alcantarillas metálicas por su fácil instalación. Una alcantarilla está formada por muros de ala en la entrada y salida, los cabezales y el ducto como se presenta en la Figura 8.

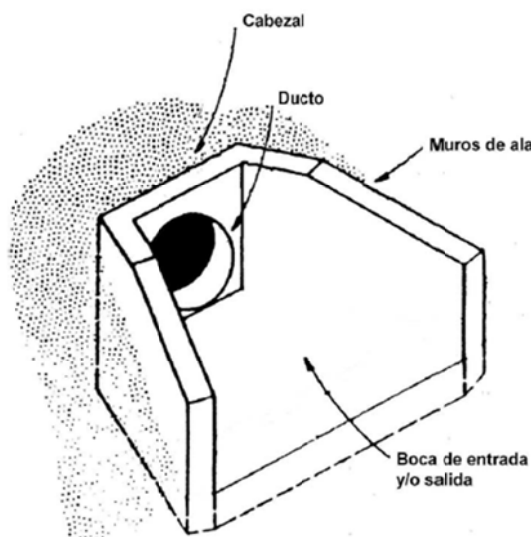


Figura 8. Elementos de la alcantarilla.

Fuente: MOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elaboración: MOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Previo al diseño de alcantarillas se recopila información referente a la zona de estudio que sirve para el dimensionamiento y localización de estas obras. A partir del levantamiento topográfico se determina el área de aporte, factor importante para estimar la avenida de diseño en cada zona donde se prevé la implementación de estas obras.

Las alcantarillas se diseñan en base al análisis hidrológico que permite la estimación de intensidades máximas según la duración y periodo de retorno, y, el diseño hidráulico para el dimensionamiento de la estructura de drenaje.

El cálculo y dimensionamiento de una alcantarilla se lo realiza de acuerdo a la ubicación de la sección de control del flujo, este puede ser con control en la entrada o con control en la salida, depende de la profundidad del agua en los extremos de la tubería y la condición del flujo, es decir, a tubo lleno o parcialmente lleno.

La condición ideal de flujo se encuentra en el control a la entrada, en la cual, la altura crítica se ubica en la entrada a la alcantarilla, se trata de un flujo supercrítico, a superficie libre, tubo parcialmente lleno donde no existe sumergencia (INVIAS, 2008). A continuación se presenta una breve explicación de los posibles casos de flujo en alcantarillas.

Flujo con control en la entrada. Expresa que la capacidad de la alcantarilla está determinada por la profundidad del remanso en la entrada, y, por el tipo, forma y área de la sección transversal de la tubería; siendo descartadas, para su diseño, las características de la tubería. La carga hidráulica en la entrada puede ser determinada mediante el uso de nomogramas según el caudal de diseño, tamaño y forma de la alcantarilla, estos se presentan en el Anexo 9.

Flujo con control en la salida. En esta condición destaca que la capacidad de la estructura de entrada es mayor a la capacidad de la tubería, por lo que sus características como rugosidad, longitud y pendiente son usadas para determinar la capacidad de la alcantarilla. El escurrimiento se puede presentar con conducto lleno o parcialmente lleno a lo largo de su longitud o en una zona de la misma. De la misma manera que el caso anterior, la carga hidráulica puede ser determinada a través de nomogramas.

El diámetro seleccionado para la zona de estudio se presenta en la Tabla 41.

Tabla 41. Material y dimensiones para alcantarillas.

Alcantarilla	Material	Diámetro (mm)	Caudal (m ³ /s)
Alivio de cunetas	PVC	440	1.13

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor

CAPÍTULO 6

PRESUPUESTO DEL PROYECTO.

6.1. Generalidades.

En este apartado se describen los rubros que son utilizados para realizar el presupuesto del proyecto.

6.1.1. Replanteo.

Ubicar los puntos necesarios que delimitan la carretera como una acción preliminar para la construcción del proyecto en toda su longitud.

6.1.2. Desbroce, desbosque y limpieza.

Previo al proceso de excavación, se debe realizar las actividades de limpieza correspondientes en el área comprendida entre el ancho de la franja topográfica (40 m a cada lado) y la longitud de la vía.

6.1.3. Excavación de suelo.

Excavación de suelo para construcción de la plataforma, para este tramo el volumen total de corte es de $192\,432.68\text{ m}^3$, esta acción deja la vía lista para la conformación de la capa de rodadura y la construcción de las diferentes obras menores.

6.1.4. Desalojo de material.

Se refiere al transporte de material excavado, el volumen de tierra excavado será depositado en la zona de desalojo correspondiente. Tratándose de un suelo arcilloso, se consideró un factor de esponjamiento de 25%. Además, se consideró que para el presupuesto final de la obra este rubro se multiplica por la longitud en kilómetros, desde la zona del proyecto a la escombrera más cercana.

6.1.5. Mejoramiento de la sub-rasante.

Este rubro incluye el volumen del material de mejoramiento requerido para la construcción de la capa de rodadura.

6.1.6. Transporte de material de mejoramiento.

Representa la distancia recorrida para el transporte del material de mejoramiento desde la cantera seleccionada hasta la zona de estudio.

6.1.7. Excavación y relleno para estructuras menores.

Este rubro representa el volumen de excavación y relleno necesario para la colocación de la tubería, y, construcción de las estructuras de entrada y salida en alcantarillas.

Para la alcantarilla de desagüe de cunetas, el área de excavación es de 0.8 m^2 . Esta área se multiplica por la suma de longitudes de las alcantarillas existentes en la zona.

6.1.8. Excavación manual para cunetas.

Debido al tamaño y forma de la cuneta, se prefiere la excavación manual. La sección de la cuneta es de 0.07 m^2 y se realiza el producto con la longitud total de la vía para el cálculo de este rubro.

6.1.9. Hormigón estructural.

Se utiliza hormigón estructural $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ clase B para la construcción de la estructura de entrada y salida de las alcantarillas, el volumen requerido se lo obtiene según el dimensionamiento que se le da a estas estructuras.

6.1.10. Acero de refuerzo.

Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, corresponde al peso total de acero que se estima utilizar en la construcción de la estructura de entrada y salida de las alcantarillas.

6.1.11. Tuberías para alcantarillas.

Se utiliza tres diferentes tipos de alcantarillas, la primera para el desagüe de cunetas y las otras dos para permitir el paso de quebradas. Para el alivio de cunetas se utiliza alcantarilla PVC corrugado de 440 mm de diámetro externo. Primera quebrada, Tipo Q1, alcantarilla metálica corrugada galvanizada de 1.8 m de diámetro y espesor de 2.0 mm. Segunda quebrada, Tipo Q2, alcantarilla metálica corrugada galvanizada de 2.20 m de diámetro y espesor de 2.5 mm. La longitud total de cada tipo de alcantarilla es utilizada para el cálculo de este rubro.

6.2. Presupuesto preliminar.

Los precios unitarios considerados en este proyecto están actualizados a enero 2016. El costo preliminar con los rubros seleccionados es de \$ 614 188.31 para este tramo de vía. En el Anexo10 se adjunta el presupuesto y sus respectivos análisis de precios unitarios.

CONCLUSIONES

El proyecto presentado en este documento, representa un beneficio para la comunidad rural de la parroquia El Paraíso de Celén, en especial para los colindantes a la vía.

El estudio y diseño de la vía Gañil- Tres Quebradas es la base para la gestión del proyecto final, de manera que se pueda garantizar a la comunidad el crecimiento de producción agrícola y la facilidad de comercialización de sus productos, aumentando la economía local.

El diseño resultante es un camino vecinal 4 000 metros de longitud, con un ancho de calzada de 4 m, espaldón de 0.50 m, bombeo de 2%, y peralte máximo de 10%. Además en la sección transversal de la carretera se considera taludes de corte de 1h: 2v, y, relleno de 1.5h:2v.

El radio mínimo seleccionado para el diseño es de 25 m, valor con el cual se logró adaptar el diseño a la topografía existente.

En la ejecución del proyecto existieron problemas referentes a los grandes volúmenes de corte, esto debido al tipo de topografía presente en la zona de estudio, se trató de acondicionar el diseño de manera que la pendiente máxima del proyecto sea de 14%, con lo cual se cumple con lo establecido por MOP (2003) y se reducen los cortes.

Existen además zonas en las cuales se tiene un volumen de relleno promedio de 4 m, por este motivo en el estudio definitivo podría considerarse que, en estas zonas el eje de la vía pase por otro sector en el cual se reduzcan dichos volúmenes.

De acuerdo al estudio de suelos, el material que conforma el suelo en la zona de estudio es apto y no requiere ser estabilizado para trabajar como sub-rasante, siendo clasificado como regular a bueno. El mínimo valor de CBR obtenido es de 7.8 %, que se encuentra en un valor superior al recomendado por las normativas que es de 6%.

Debido a que la vía tendrá una capa de rodadura con material de mejoramiento, se ha considerado realizar el diseño con el método planteado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, en el cual el diseño puede obtenerse a partir de los datos de tránsito y valor de CBR, dando como resultado un espesor de 20 cm. Cabe indicar que en la normativa ecuatoriana no existe un método de diseño de caminos con material de mejoramiento.

Para el estudio hidrológico se tomaron los datos hidrológicos de la estación de Saraguro M-142, por ser la estación que cuenta con mayor cantidad de datos de precipitación. No se consideró la estación de Celén, que sería la más cercana debido a que no contaba con un número suficiente de datos de precipitación.

La obtención de la sección de la cuneta se realizó aplicando el método racional, este método se seleccionó tomando en cuenta que es efectivo para cuencas menores a 25 hectáreas. Y se comprobó el diseño aplicando la ecuación de Manning. El resultado es una cuneta triangular de 0.07 m^2 de área.

Las alcantarillas también fueron obtenidas mediante la aplicación del método racional, obteniendo un diámetro interno de 0.4 m.

El volumen total de corte es de $192\,432.68 \text{ m}^3$ y de relleno es de 18661.95 m^3 .

Para el transporte de material, considerando un factor de esponjamiento de 25%, dando como resultado un volumen de material de $216\,838.79 \text{ m}^3$ el cual deberá ser desalojado en el espacio correspondiente.

En la obtención del presupuesto preliminar se consideraron las actividades preliminares, el corte y relleno de la vía, el rubro correspondiente a la conformación de la calzada y los costos implicados en la construcción de las obras de drenaje, dando como resultado un valor preliminar de \$614 188.31 dólares más IVA.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar cualquier actividad constructiva del proyecto en épocas de verano correspondiente a los meses de Septiembre a Abril, para evitar condiciones climáticas adversas como presencia de neblina y lluvias constantes que puede incrementar el tiempo de ejecución de la obra y aumentar los costos de la misma.

Es importante realizar un estudio de canteras que puedan ser útiles para el proyecto, en lugares cercanos a la zona de estudio, con la finalidad disminuir los costos referentes al acarreo de material.

Se debe evaluar y destinar una zona cercana al proyecto que sirva para el depósito de escombros.

Se recomienda a la junta parroquial socializar el proyecto con la población de manera que se pueda gestionar la etapa definitiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México D.F.: Limusa.
- Carciente, J. (2007). *Carreteras, estudio y proyecto*. Caracas, Venezuela: Vega.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: ECOE.
- Chocontá, P. (2014). *Diseño geométrico de vías*. Bogotá: ECOE.
- Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*.
- Esparza, C., Tapia, Á., Zárate, B., y Guanín, J. (2008). *Programa de certificación vial*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- GAD Parroquial El Paraíso de Celén. (2010). *Gobierno Parroquial El Paraíso de Celén*. Obtenido de <http://gadparaisocelen.gob.ec>
- Keller, G., y Sherar, J. (2008). *Ingeniería de caminos rurales*. California: US Agency for International Development (USAID).
- Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., y Sánchez, V. (2003). *Ingeniería de carreteras* (Vol. I). Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana.
- Ministerio de obras públicas. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito.
- Ministerio de obras públicas. (2003). *Norma de diseño geométrico de carreteras*. Quito.
- Ministerio de transporte y comunicaciones. Dirección general de caminos y ferrocarriles. (2013). *Manual de carreteras. Hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima.
- Ministerio de transporte y obras públicas. (2013). *Procedimientos para proyectos viales* (Vol. I). Quito.
- Ministerio de transporte y obras públicas. (2013). *Norma para estudios y diseños viales* (Vol. IIA). Quito.
- Ministerio de transporte y obras públicas. (2013). *Norma para estudios y diseño vial* (Vol. IIB). Quito.
- Ministerio de transporte y obras públicas. (2013). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes* (Vol. III). Quito.
- Ministerio de transporte. Instituto nacional de vías. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Colombia.

- Ministerio de transporte. Instituto nacional de vías. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*. Colombia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2014). *Manual de carreteras: suelos, geología, geotécnia y pavimentos*.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Ortuño, L. (2002). Mecánica del suelo. En L. González de Vallejo, *Ingeniería geológica* (págs. 18-114). Madrid: Pearson.
- Oteo, C. (2002). Estructuras de tierras. En L. González de Vallejo, *Ingeniería geológica* (págs. 580-598). Madrid: Pearson.
- Pérez, R. (2014). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogotá: ECOE.
- Rodriguez Fiallos, L. (1999). *Estudio de lluvias intensas*. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Weaver, W., Weppner, E., y Hagans, D. (2015). *Manual de caminos forestales y rurales*.

ANEXOS

Anexo 1. Ensayos de contenido de humedad.

Proyecto: Estudio y diseño de la vía Gañil - Tres Quebradas. Abscisas 0+000 a 4+000.

Localización: Parroquia El Paraíso de Celén, Cantón Saraguro, Provincia de Loja.

Uso : Estudio y diseño vial

Prof. de Muestra: 0.60 - 1.00 m

Perforación: Cielo abierto

Fecha: Junio de 2016

HUMEDAD NATURAL : ASTM D - 2216

MUESTRA M1

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	37.61	61.50	55.81
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	251.31	276.41	293.75
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	195.50	223.01	232.62
PESO DEL AGUA grs	55.81	53.40	61.13
PESO DEL SUELO SECO grs	157.89	161.51	176.81
% DE HUMEDAD	35.35	33.06	34.57
PROMEDIO % DE HUMEDAD	34.33		

MUESTRA M2

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	72.28	57.44	54.24
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	234.95	297.31	300.48
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	197.33	250.56	247.63
PESO DEL AGUA grs	37.62	46.75	52.85
PESO DEL SUELO SECO grs	125.05	193.12	193.39
% DE HUMEDAD	30.08	24.21	27.33
PROMEDIO % DE HUMEDAD	27.21		

MUESTRA M3

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	66.86	72.80	61.31
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	279.85	288.21	277.84
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	240.54	251.19	233.01
PESO DEL AGUA grs	39.31	37.02	44.83
PESO DEL SUELO SECO grs	173.68	178.39	171.70
% DE HUMEDAD	22.63	20.75	26.11
PROMEDIO % DE HUMEDAD	23.17		

MUESTRA M4

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	72.41	64.09	64.49
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	306.77	262.12	301.66
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	257.20	219.55	253.96
PESO DEL AGUA grs	49.57	42.57	47.70
PESO DEL SUELO SECO grs	184.79	155.46	189.47
% DE HUMEDAD	26.83	27.38	25.18
PROMEDIO % DE HUMEDAD	26.46		

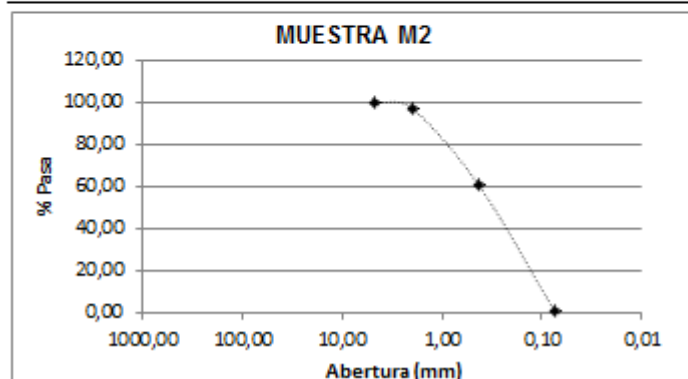
Anexo 2: Análisis granulométrico.

El material de la calicata 1 paso totalmente por el tamiz N° 200.

MUESTRA M2

Peso total de la muestra 142.65

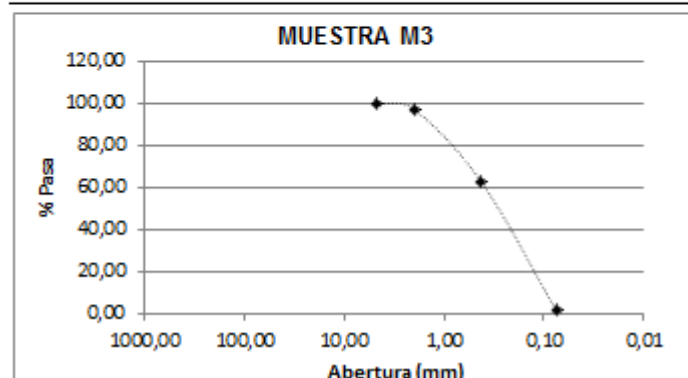
Abertura (mm)	Tamiz	Peso del tamiz	Peso tamiz + suelo	Peso retenido	Peso acumulado	%Retenido	%Pasa
4.75	N° 4	505.65	505.65	0.00	0.00	0.00	100.00
2.00	N° 10	486.24	490.12	3.88	3.88	2.72	97.28
0.43	N° 40	555.79	607.95	52.16	56.04	39.28	60.72
0.08	N° 200	505.96	590.93	84.97	141.01	98.85	1.15
0	fondo	377.25	378.89	1.64	142.65	100.00	0.00



MUESTRA M3

Peso total de la muestra 214.36

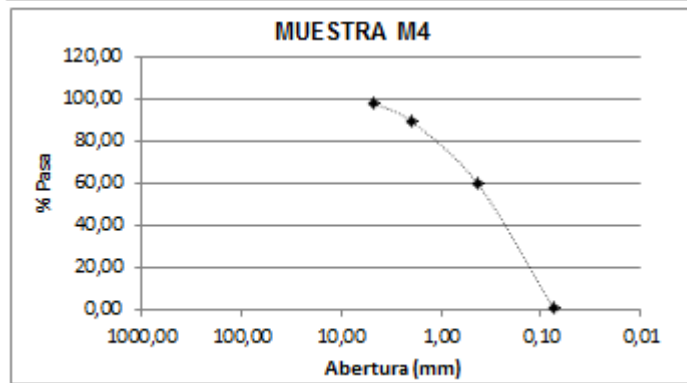
Abertura (mm)	Tamiz	Peso del tamiz	Peso tamiz + suelo	Peso retenido	Peso acumulado	%Retenido	%Pasa
4.75	N° 4	505.65	505.81	0.16	0.16	0.07	99.93
2.00	N° 10	486.24	491.86	5.62	5.78	2.70	97.30
0.43	N° 40	555.79	629.12	73.33	79.11	36.91	63.09
0.08	N° 200	505.96	636.82	130.86	209.97	97.95	2.05
0	fondo	377.25	381.64	4.39	214.36	100	0.00



MUESTRA M4

Peso total de la muestra 357.24

Abertura (mm)	Tamiz	Peso del tamiz	Peso tamiz + suelo	Peso retenido	Peso acumulado	%Retenido	%Pasa
4.75	N° 4	505.65	512.70	7.05	7.05	1.97	98.03
2.00	N° 10	486.24	516.63	30.39	37.44	10.48	89.52
0.43	N° 40	555.79	662.41	106.62	144.06	40.33	59.67
0.08	N° 200	505.96	714.37	208.41	352.47	98.66	1.34
0	fondo	377.25	382.02	4.77	357.24	100.00	0.00



Anexo 3: Límites de Atterberg.

MUESTRA M1

LÍMITE LÍQUIDO : ASTM D - 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	65.11	71.39	55.32
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	73.70	78.62	65.10
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	70.19	75.70	61.18
PESO DEL AGUA grs	3.51	2.92	3.92
PESO DEL SUELO SECO grs	5.08	4.31	5.86
% DE HUMEDAD	69.09	67.75	66.89
NÚMERO DE GOLPES	16	25	30

LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	71.40	70.30	73.80
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	75.90	76.20	76.65
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	74.64	74.60	75.97
PESO DEL AGUA grs	1.26	1.60	0.68
PESO DEL SUELO SECO grs	3.24	4.30	2.17
% DE HUMEDAD	38.89	37.21	31.34
% PROMEDIO		35.812	

Límites de Atterberg	
Límite Líquido (%)	67.60
Límite Plástico (%)	35.81
Índice de Plasticidad Ip (%)	31.79

MUESTRA M2

LÍMITE LÍQUIDO : ASTM D - 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	55.74	58.41	56.76
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	72.36	73.75	73.53
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	66.47	68.41	67.76
PESO DEL AGUA grs	5.89	5.34	5.77
PESO DEL SUELO SECO grs	10.73	10.00	11.00
% DE HUMEDAD	54.89	53.40	52.45
NÚMERO DE GOLPES	18	22	27

LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	68.54	57.87	62.13
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	78.28	67.03	71.55
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	75.32	64.29	68.77
PESO DEL AGUA grs	2.96	2.74	2.78
PESO DEL SUELO SECO grs	6.78	6.42	6.64
% DE HUMEDAD	43.66	42.68	41.87
% PROMEDIO		42.735	

Límites de Atterberg	
Límite Líquido (%)	52.80
Límite Plástico (%)	42.74
Índice de Plasticidad Ip (%)	10.07

MUESTRA M3**LÍMITE LÍQUIDO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	56.58	63.52	54.79
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	77.93	82.49	74.99
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	71.78	77.05	69.24
PESO DEL AGUA grs	6.15	5.44	5.75
PESO DEL SUELO SECO grs	15.20	13.53	14.45
% DE HUMEDAD	40.46	40.21	39.79
NÚMERO DE GOLPES	19	25	30

LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	61.41	65.12	67.16
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	68.29	71.34	75.42
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	66.65	69.86	73.45
PESO DEL AGUA grs	1.64	1.48	1.97
PESO DEL SUELO SECO grs	5.24	4.74	6.29
% DE HUMEDAD	31.30	31.22	31.32
% PROMEDIO		31.28	

Límites de Atterberg	
Límite Líquido (%)	40.10
Límite Plástico (%)	31.28
Índice de Plasticidad Ip (%)	8.82

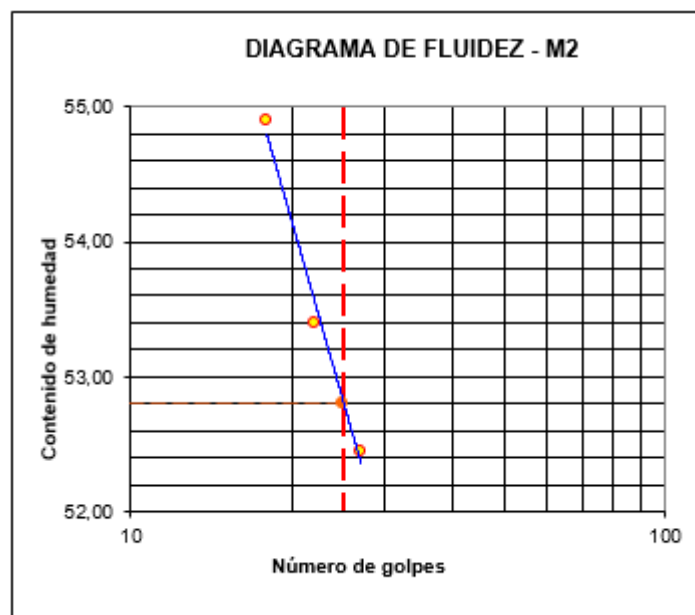
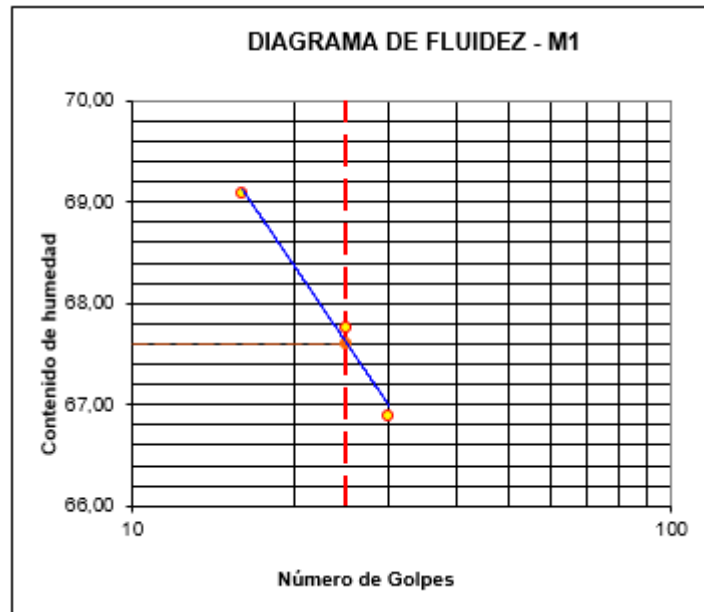
MUESTRA M4**LÍMITE LÍQUIDO : ASTM D - 4318**

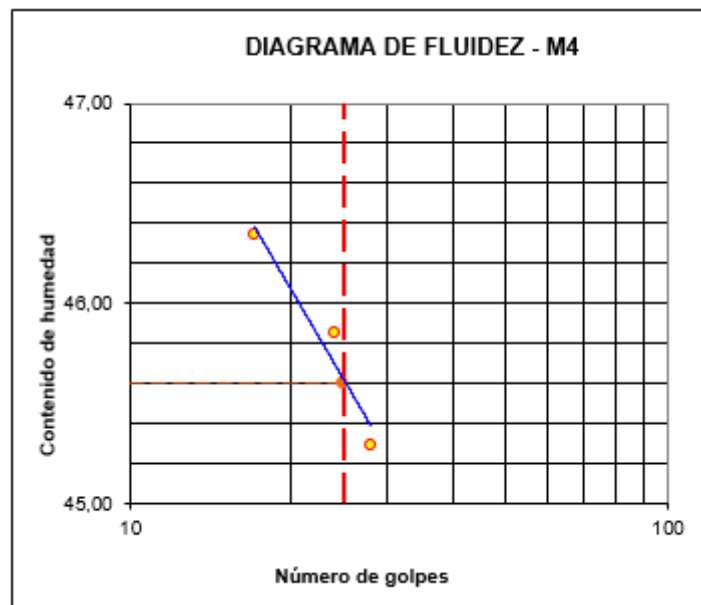
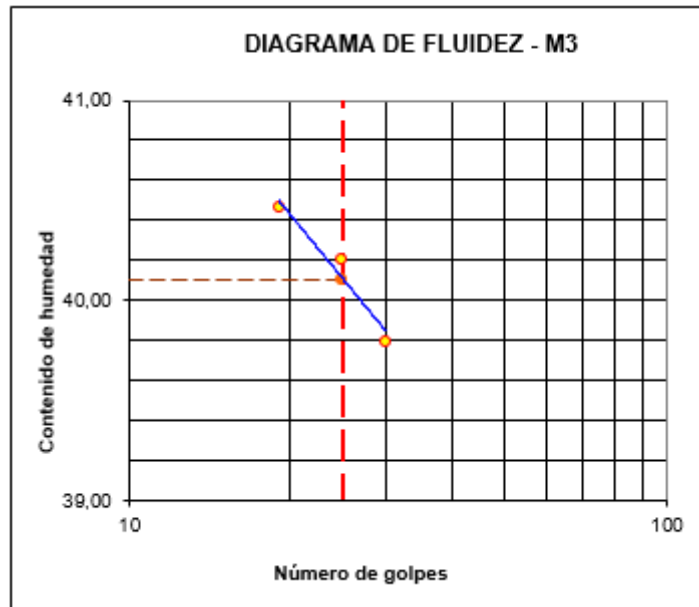
LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	61.31	56.30	56.28
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	79.72	72.11	74.34
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	73.89	67.14	68.71
PESO DEL AGUA grs	5.83	4.97	5.63
PESO DEL SUELO SECO grs	12.58	10.84	12.43
% DE HUMEDAD	46.34	45.85	45.29
NÚMERO DE GOLPES	17	24	28

LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	53.39	62.14	63.34
PESO DEL SUELO HÚMEDO + LATA grs	58.28	68.27	70.02
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	57.10	66.85	68.48
PESO DEL AGUA grs	1.18	1.42	1.54
PESO DEL SUELO SECO grs	3.71	4.71	5.14
% DE HUMEDAD	31.81	30.15	29.96
% PROMEDIO		30.639	

Límites de Atterberg	
Límite Líquido (%)	45.60
Límite Plástico (%)	30.64
Índice de Plasticidad Ip (%)	14.96





Anexo 4: Ensayo proctor estándar.

Proyecto: Estudio y diseño de la vía Gañil - Tres Quebradas. Abscisas 0+000 a 4+000.

Localización: Parroquia El Paraíso de Celén, Cantón Saraguro, Provincia de Loja.

Uso : Estudio y diseño vial

Prof. de Muestra: 0.60 - 1.00 m

Perforación: Cielo abierto

Fecha: Junio de 2016

N° Golpes / capa: 56

N° Capas: 5

Peso del Martillo: 10 Lbs.

Dimensiones del Molde

Diámetro: 15.20

Altura: 11.57

Volumen: 2099

Sobrecarga: 10 Lbs.

MUESTRA M1

RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1		2		3		4	
PESO DEL TARRO (grs)	54.10	71.35	55.13	71.24	63.65	69.01	61.36	55.12
PESO DEL TARRO+ MUESTRA HUMEDA	294.1	356.1	315.7	296.9	200.8	204.2	231.9	245.0
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	257.16	312.08	267.81	255.35	170.80	174.57	192.94	201.62
PESO DEL AGUA (grs)	36.90	44.00	47.92	41.53	29.97	29.64	38.96	43.36
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	203.1	240.7	212.7	184.1	107.2	105.6	131.6	146.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	18.17	18.28	22.53	22.56	27.97	28.08	29.61	29.60
% PROMEDIO	18.22		22.54		28.02		29.60	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.22	22.54	28.02	29.60
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	9782	9985	10200	10243
PESO DEL MOLDE (grs)	6238	6238	6238	6238
PESO DEL SUELO (grs)	3545	3748	3963	4006
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.688	1.785	1.687	1.908
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.428	1.457	1.474	1.472
			Densidad Máx (g/cm3)	1.473
			Humedad Óptima%	28.75

MUESTRA M2

RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1		2		3		4	
PESO DEL TARRO (grs)	71.38	59.54	58.77	56.27	60.08	61.98	51.31	66.63
PESO DEL TARRO+ MUESTRA HUMEDA	329.74	355.10	271.57	252.10	250.78	253.24	237.60	248.50
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	296.19	317.60	233.72	216.64	214.53	216.31	194.95	207.58
PESO DEL AGUA (grs)	33.55	37.50	37.85	35.46	36.25	36.93	42.65	40.92
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	224.8	258.1	175.0	160.4	154.5	154.3	143.6	141.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	14.92	14.53	21.63	22.11	23.47	23.93	29.69	29.03
% PROMEDIO	14.73		21.87		23.70		29.36	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	14.73	21.87	23.70	29.36
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	9700	10122	10159	10147
PESO DEL MOLDE (grs)	6238	6238	6238	6238
PESO DEL SUELO (grs)	3463	3885	3922	3910
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.649	1.850	1.868	1.862
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.438	1.518	1.510	1.439
			Densidad Máx (g/cm3)	1.516
			Humedad Óptima%	22.10

MUESTRA M3**RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557****DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA N°	1		2		3		4	
PESO DEL TARRO (grs)	69.0	59.8	57.8	65.0	55.7	57.0	56.8	65.0
PESO DEL TARRO+ MUESTRA HUMEDA	260.0	289.8	262.5	258.8	248.5	182.4	282.5	244.7
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	240.3	266.2	237.1	234.8	215.7	161.0	236.0	207.6
PESO DEL AGUA (grs)	19.66	23.60	25.39	24.00	32.74	21.36	46.46	37.13
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	171.3	206.3	179.3	169.8	160.0	104.1	179.2	142.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	11.48	11.44	14.16	14.14	20.46	20.53	25.92	26.04
% PROMEDIO	11.46		14.15		20.49		25.98	

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.46		14.15		20.49		25.98	
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	9515		9726		10030		10183	
PESO DEL MOLDE (grs)	6238		6238		6238		6238	
PESO DEL SUELO (grs)	3278		3489		3793		3946	
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.561		1.662		1.806		1.879	
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.401		1.456		1.499		1.492	
					Densidad Máx (g/cm3)		1.505	
					Humedad Óptima%		22.00	

MUESTRA M4**RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557****DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA N°	1		2		3		4	
PESO DEL TARRO (grs)	61.3	55.1	72.5	70.8	58.4	52.5	64.4	57.8
PESO DEL TARRO+ MUESTRA HUMEDA	294.5	305.2	281.1	289.0	279.5	283.6	311.2	274.7
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	255.3	263.0	248.0	249.5	237.0	239.5	269.5	226.7
PESO DEL AGUA (grs)	39.19	42.19	33.11	39.53	42.51	44.15	41.67	48.07
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	194.1	207.9	175.5	178.7	178.6	187.0	205.1	168.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	20.20	20.30	18.87	22.12	23.81	23.62	20.31	28.47
% PROMEDIO	20.25		20.49		23.71		24.39	

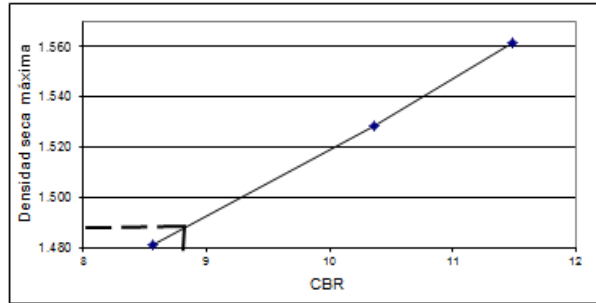
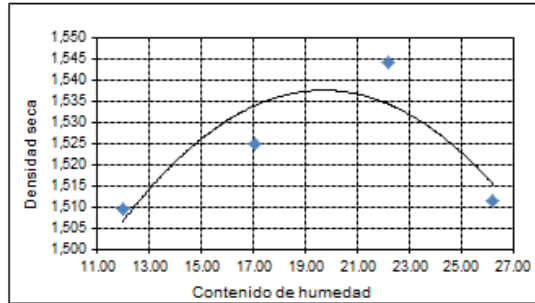
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	20.25		20.49		23.71		24.39	
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	9515		9726		10130		10079	
PESO DEL MOLDE (grs)	6238		6238		6238		6238	
PESO DEL SUELO (grs)	3278		3489		3893		3842	
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.561		1.662		1.854		1.830	
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.298		1.379		1.499		1.471	
					Densidad Máx (g/cm3)		1.526	
					Humedad Óptima%		22.95	

Anexo 5: Ensayo CBR.

Proyecto: Estudio y diseño de la vía Gañil - Tres Quebradas, Paraíso de Celén.
Localización: Parroquia El Paraíso de Celén, Cantón Saraguro, Provincia de Loja
Uso: Estudio y diseño vial
Fecha: Agosto de 2016
Norma: ASTM T-180
Muestra: 1

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.473 Kg/m³
 CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 28.75 %



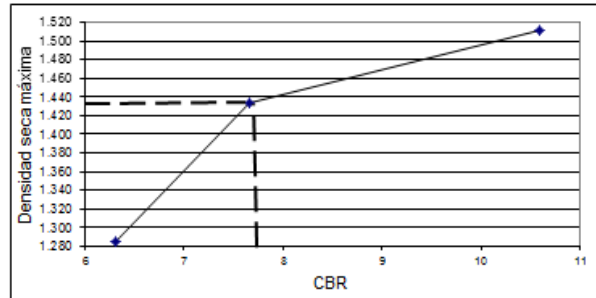
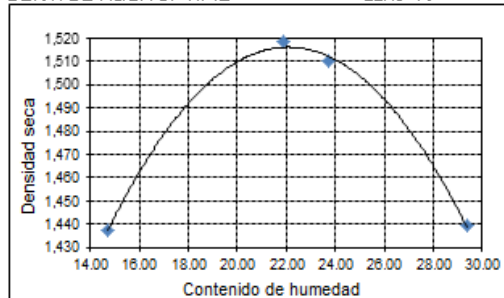
C.B.R. DE DISEÑO AL 95 % COMPACTACIÓN = 8.8 %

# golpes	C.B.R.		D. SECA MÁX.
	0.1	0.2	
56	11.15	11.49	1.562
25	10.14	10.36	1.528
12	8.45	8.56	1.481

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.2 pulgadas de penetración al 95 % del porcentaje de compactación.

Muestra: 2

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.516 Kg/m³
 CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 22.10 %



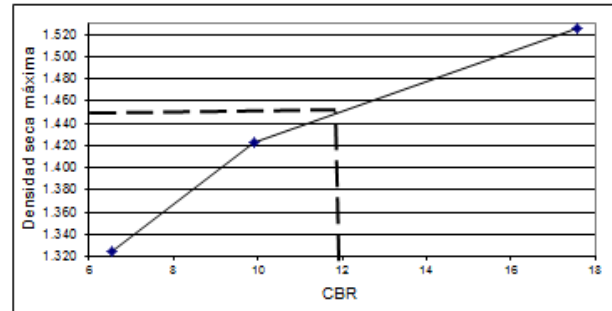
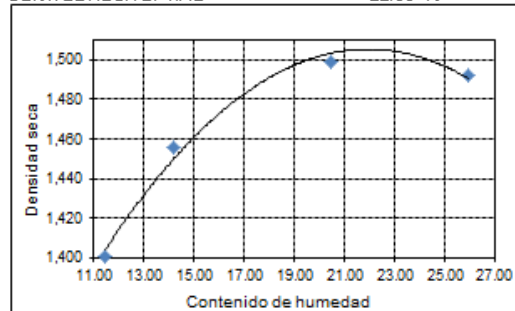
C.B.R. DE DISEÑO AL 95 % COMPACTACIÓN = 7.8 %

# golpes	C.B.R.		D. SECA MÁX.
	0.1	0.2	
56	9.80	10.59	1.512
25	7.43	7.66	1.433
12	6.08	6.31	1.285

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.2 pulgadas de penetración al 95 % del porcentaje de compactación.

Muestra: 3

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.505 Kg/m³
 CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 22.00 %



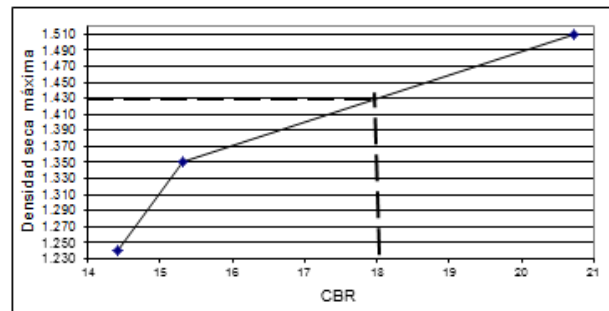
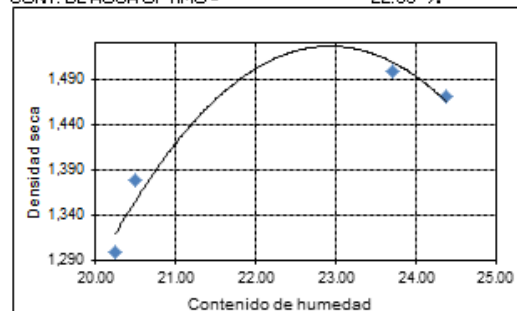
C.B.R. DE DISEÑO AL 95 % COMPACTACIÓN = 12 %

# golpes	C.B.R.		D. SECA MÁX.
	0.1	0.2	
56	14.87	17.57	1.526
25	9.80	9.91	1.423
12	6.42	6.53	1.325

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.2 pulgadas de penetración al 95 % del porcentaje de compactación.

Muestra: 4

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.526 Kg/m³
 CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 22.95 %



C.B.R. DE DISEÑO AL 95 % COMPACTACIÓN = 18 %

# golpes	C.B.R.		D. SECA MÁX.
	0.1	0.2	
56	19.26	20.73	1.510
25	15.21	15.32	1.351
12	14.19	14.42	1.240

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.2 pulgadas de penetración al 95 % del porcentaje de compactación.

Anexo 6: Clasificación de los suelos.

Tabla 42. Clasificación de suelos de la AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)							
Clasificación de grupo	A-1		A-3	A-2				
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	
Análisis por mallas (% que pasa)								
Malla núm. 10	50 máx							
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín					
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	
Para la fracción que pasa								
Malla núm. 40								
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	
Tipo usual de material	Fragmento de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				
Clasificación de la capa			Excelente a buena					
Clasificación general	Materiales granulares (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)							
Clasificación de grupo	A-4		A-5		A-6		A7	
						A-7-5 ^a A-7-5 ^b		
Análisis por mallas (% que pasa)								
Malla núm. 10								
Malla núm. 40								
Malla núm. 200	36 mín		36 mín		36 mín		36 mín	
Para la fracción que pasa								
Malla núm. 40								
Límite líquido (LL)	40 máx		41 mín		40 máx		41 mín	
Índice de plasticidad (IP)	10 máx		10 máx		11 mín		11 mín	
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos				Principalmente arcillosos		suelos	
Clasificación subrasante					Regular a malo			
^a Si IP≤ LL-30, la clasificación es A-7-5								
^b Si IP> LL-30, la clasificación es A-7-6								

^a Si $IP \leq LL-30$, la clasificación es A-7-5

^b Si $IP > LL-30$, la clasificación es A-7-6

Fuente: Das, B. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 2012.

Elaboración: Das, B. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, 2012.

Tabla 43. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Suelos de grano grueso – más de la mitad del material es retenido por el tamiz N° 200.	Identificación en el campo (Excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm y basando las fracciones en pesos estimados)					Símbolo de grupo	Nombres típicos
	Gravas más de la mitad de la fracción gruesa son retenidas por el tamiz N° 4.	Para la clasificación visual puede suponerse que la abertura del tamiz N° 4 es equivalente a medio centímetro.	Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.		GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos.
				Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios.		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos.
	Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)		Fracción fina no plástica (para la identificación del grupo ML más abajo).		GM	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo.	
			Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo).		GC	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo.	
	Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)		Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos.	
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios.		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos.	
	Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más abajo).		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas.		
		Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo).		SC	Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas.		
	Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz N° 40.						
	Suelos de grano fino- más de la mitad del material pasa por el tamiz N° 200 (La abertura del tamiz N° 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista.)	Limos y arcillas con limite liquido menor de 50.	Resistencia en estado seco (la disgregación).	Distancia (reacción a la agitación).	Tenacidad (consistencia)	Símbolo de grupo	Nombres típicos
Nula a ligera			Rápida a lenta	Nula	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillas con ligera plasticidad.	
Media a alta			Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
Ligera a media			Lenta	Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
Limos y arcillas con limite liquido mayor de 50.		Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos.	
		Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas.	
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta.	
Suelos altamente orgánicos		Fácilmente identificable por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa				Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos.
Los suelos que poseen características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos P. ej. GW- GC, mezcla bien graduada de arena y grava. Todos los tamaños de tamices se refieren al U.S. Standar.							

Fuente: Ortuño, L. Mecánica del suelo. En González de Vallejo, Ingeniería geológica, 2002.

Elaboración: Ortuño, L. Mecánica del suelo. En González de Vallejo, Ingeniería geológica, 2002.

Anexo 7. Diseño de la capa de afirmado.

El espesor del material de afirmado para el método propuesto por el MTC (2014) se lo selecciona conociendo el valor de CBR de la subrasante y el número de ejes equivalentes. En este proyecto el CBR de diseño seleccionado es de 8 % para el 95 % de la máxima densidad seca y 0.2" de penetración.

El tráfico proyectado, en número de ejes equivalentes, se lo calcula mediante la siguiente expresión y los parámetros de diseño se los indica en la Tabla 44.

$$W_{18} = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1 + r)^n - 1}{\ln(1 + r)} * FC$$

Dónde:

- TPDA = Tráfico promedio diario inicial.
- A = Porcentaje de vehículos pesados.
- B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño.
- r = Tasa de crecimiento anual del tránsito, 5% según MOP (2003).
- n = Periodo de diseño, 15 años de acuerdo a MOP (2003).
- FC = Factor camión.

Para vías de una calzada con dos sentidos de circulación, el MTC (2014) recomienda un FC igual a 1.

Tabla 44. Número de ejes equivalentes.

Parámetros de diseño	Cantidad
TPDA	12 veh/día
A	100
B	50
FC	1
n	1
W18	48 429 EE

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor,

Finalmente, conocido el CBR de diseño y el número de ejes equivalentes, se determina el espesor del afirmado mediante la Tabla 45, con la que se obtiene 200 mm de espesor.

Tabla 45. Espesor del material de afirmado.

EJES EQUIVALENTES POR MIL																			
CBR%	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	110	120	130	140	150	200	300
Diseño	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	300
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	250	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	250	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	250	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
11	150	150	150	150	150	200	200	250	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
12	150	150	150	150	150	150	200	250	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	150	250	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	150	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
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: MTC. Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos, 2014.

Elaboración: MTC. Manual de carreteras. Sección suelos y pavimentos, 2014.

El material recomendado para la capa de afirmado es una mezcla de 50 % grava y 50 % arena, extraídas de las canteras de Zunin y Cañicapac que son las más cercanas a la zona del proyecto.

Tabla 46. Información de la cantera de Zunin.

Concesión minera Zunin	
Código ARCOM	60000203
Titular	GAD Municipal Intercultural de Saraguro
Provincia	Loja
Cantón	Saraguro
Parroquia	El Paraíso de Celén
Coordenadas	686900 m E, 9601700 m N
Tipo de mineral	Ripio
Distancia a zona de estudio	1.70 km

Tabla 47. Información de la cantera de Cañicapac.

Concesión minera Cañicapac	
Código ARCOM	60000202
Titular	GAD Municipal Intercultural de Saraguro
Provincia	Loja
Cantón	Saraguro
Parroquia	San Pablo de Tenta
Coordenadas	690600 m E, 9606800 m N
Tipo de mineral	Arena
Distancia a zona de estudio	20 km

Anexo 8: Estudio hidrológico.

Para el cálculo de la máxima intensidad de lluvia en la zona del proyecto se ha utilizado un registro histórico de datos de precipitaciones máximas en 24 horas, proporcionados por el INAMHI para la estación más cercana a la zona del proyecto.

Según el mapa de zonificación de intensidades de precipitación que se presenta en la guía Estudio de Lluvias Intensas (INAMHI, 1999) el proyecto se ubica en la zona 25, estación Saraguro (M142). Como se muestra en la Tabla 48, se ha tomado información de precipitaciones máximas desde el año 1961 hasta el año 2015.

Tabla 48. Precipitaciones máximas en 24 horas (mm). Estación Saraguro (M142).

Año	P (mm)	Año	P (mm)	Año	P (mm)
1961	38.2	1980	31.3	1999	51.2
1962	40.1	1981	50.6	2000	35.1
1963	22.2	1982	38.2	2001	31.7
1964	22.1	1983	41.4	2002	36.0
1965	30.0	1984	57.6	2003	27.0
1966	22.5	1985	25.0	2004	27.6
1967	31.0	1986	52.1	2005	35.2
1968	30.0	1987	27.4	2006	27.8
1969	42.7	1988	29.9	2007	48.6
1970	25.2	1989	47.7	2008	26.8
1971	30.0	1990	22.4	2009	31.3
1972	29.1	1991	24.0	2010	34.0
1973	26.0	1992	19.8	2011	33.5
1974	31.4	1993	34.7	2012	26.5
1975	44.7	1994	24.5	2013	31.0
1976	33.9	1995	38.2	2014	59.6
1977	25.5	1996	30.9	2015	34.4
1978	40.3	1997	25.6		
1979	55.2	1998	63.5		

Fuente: INAMHI.

Elaboración: Autor.

Tabla 49. Periodos de retorno.

Tipo de carretera	Periodo de retorno (años)
Carreteras arteriales	200
Carreteras colectoras	150
Caminos vecinales	100

Fuente: MOP, Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elaboración: Autor.

El periodo de retorno se escoge de acuerdo a la importancia de la carretera, estas pueden ser carreteras arteriales, carreteras colectoras o caminos vecinales, como lo indica el MOP (2003).

A partir del registro de datos de precipitación se calcula la frecuencia relativa acumulada y frecuencia teórica acumulada con las siguientes ecuaciones, la diferencia entre estos valores será utilizada para la prueba de bondad de ajuste.

$$Fn_{(x)} = \frac{n}{N + 1}$$

Dónde:

$Fn_{(x)}$ = Frecuencia relativa acumulada.

n = Número de orden.

N = Número de datos.

$$F_{(x)} = e^{-e^{-y}}$$

Dónde:

$F_{(x)}$ = Frecuencia teórica acumulada.

e = Base de logaritmos neperianos.

y = Variable reducida.

Para determinar la frecuencia teórica acumulada se ha utilizado la función de probabilidades Gumbel o de valores extremos, esto requiere conocer la desviación estándar de los datos de la muestra (S), promedio de los datos ($\bar{X}$), y los valores de Y_n y S_n que dependen del número de datos (Tabla 50).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\alpha = \frac{S_n}{S}$$

$$x_f = \bar{X} - S \frac{Y_n}{S_n}$$

$$y_i = \alpha (x_i - x_f)$$

Tabla 50. Método de Gumbel. Valores de Yn y Sn

n	Yn	Sn	n	Yn	Sn	n	Yn	Sn
2	0.4043	0.4984	37	0.5418	1.1339	84	0.5576	1.1967
3	0.4286	0.6435	38	0.5424	1.1363	86	0.5580	1.1980
4	0.4458	0.7315	39	0.5430	1.1388	88	0.5583	1.1994
5	0.4588	0.7928	40	0.5436	1.1413	90	0.5586	1.2007
6	0.4690	0.8388	41	0.5442	1.1436	92	0.5589	1.2020
7	0.4774	0.8749	42	0.5448	1.1458	94	0.5592	1.2032
8	0.4843	0.9043	43	0.5453	1.1480	96	0.5595	1.2044
9	0.4902	0.9288	44	0.5458	1.1499	98	0.5598	1.2055
10	0.4952	0.9497	45	0.5463	1.1519	100	0.5600	1.2065
11	0.4996	0.9676	46	0.5468	1.1538	150	0.5646	1.2253
12	0.5035	0.9833	47	0.5473	1.1557	200	0.5672	1.2360
13	0.4070	0.9972	48	0.5477	1.1574	250	0.5688	1.2429
14	0.5100	1.0095	49	0.5481	1.1590	300	0.5699	1.2479
15	0.5128	1.0206	50	0.5485	1.1607	400	0.5714	1.2545
16	0.5157	1.0316	51	0.5489	1.1623	500	0.5724	1.2588
17	0.5181	1.0411	52	0.5493	1.1638	750	0.5738	1.2651
18	0.5202	1.0493	53	0.5497	1.1653	1000	0.5745	1.2685
19	0.5220	1.0566	54	0.5501	1.1667			
20	0.5236	1.0628	55	0.5504	1.1681			
21	0.5252	1.0696	56	0.5508	1.1696			
22	0.5368	1.0754	57	0.5511	1.1708			
23	0.5283	1.0811	58	0.5515	1.1721			
24	0.5296	1.0864	59	0.5518	1.1734			
25	0.5309	1.0915	60	0.5521	1.1747			
26	0.5320	1.0961	62	0.5527	1.1770			
27	0.5332	1.1004	64	0.5533	1.1793			
28	0.5343	1.1047	66	0.5538	1.1814			
29	0.5353	1.1086	68	0.5543	1.1834			
30	0.5362	1.1124	70	0.5548	1.1854			
31	0.5371	1.1159	72	0.5552	1.1873			
32	0.5380	1.1193	74	0.5557	1.1890			
33	0.5388	1.1226	76	0.5561	1.1906			
34	0.5396	1.1255	78	0.5565	1.1923			
35	0.5403	1.1285	80	0.5569	1.1938			
36	0.5410	1.1313	82	0.5572	1.1953	∞	0.5772	1.2826

Fuente: INVIAS, Manual de drenaje para carreteras, 2009.

Elaboración: INVIAS, Manual de drenaje para carreteras, 2009.

Una vez determinadas ambas frecuencias se realiza la prueba de bondad de ajuste por el método de Kolmogorov-Smirnov, que se basa en calcular el estadígrafo D, valor máximo de la diferencia absoluta entre las frecuencias, y, compararlo con su valor crítico (Dt) que depende del número de datos y del nivel de significancia (Tabla 51).

$$D = |Fn_{(x)} - F_{(x)}|$$

Dónde:

$$Fn_{(x)} = \text{Frecuencia relativa acumulada.}$$

$F_{(x)}$ = Frecuencia teórica acumulada.

$$D_t = \frac{1.36}{\sqrt{N}}$$

Si D es mayor o igual a D_t la prueba se rechaza, mientras que si D es menor a D_t la prueba se acepta, por lo que el ajuste es adecuado y los valores de precipitación satisfacen a la distribución de Gumbel. Los cálculos y resultados de esta prueba se indican en la Tabla 53 y Tabla 52 respectivamente.

Las precipitaciones máximas en 24 horas son calculadas mediante la distribución Gumbel para cada periodo de retorno, 100 años en el caso de caminos vecinales. Se necesita calcular la función de probabilidad $F(x)$, parámetro de ubicación (moda), parámetro de escala (α) y desviación estándar (S).

$$Fp_{(x)} = 1 - \frac{1}{T_{(x)}}$$

$$x = \mu - \alpha [\ln(-\ln(Fp_{(x)}))]$$

$$\mu = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} * S}{\pi}$$

Dónde:

$Fp_{(x)}$ = Función de probabilidad para la precipitación “x”.

$T_{(x)}$ = Periodo de retorno para la precipitación “x” (años).

μ = Parámetro de ubicación.

α = Parámetro de escala.

Luego de aplicar el método de distribución de Gumbel se procede a construir las curvas IDF, los valores para graficar las curvas son obtenidas mediante la aplicación de las ecuaciones representativas para la estación Saraguro (Tabla 30).

Las intensidades de diseño expuestas en la Tabla 31, se obtienen según el periodo de retorno y duración seleccionados para cada obra de drenaje. En la figura 10 se presentan las curvas IDF a partir de las cuales fue seleccionada cada intensidad de diseño.

Tabla 51. Valores críticos para el método de Kolmogorov-Smirnov

Tamaño muestra	Nivel de significancia				
n	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.90	0.93	0.95	0.98	0.99
2	0.68	0.73	0.78	0.84	0.93
3	0.57	0.60	0.64	0.71	0.83
4	0.49	0.53	0.56	0.62	0.73
5	0.45	0.47	0.51	0.56	0.67
6	0.41	0.44	0.47	0.52	0.62
7	0.38	0.41	0.44	0.49	0.58
8	0.36	0.38	0.41	0.46	0.54
9	0.34	0.36	0.39	0.43	0.51
10	0.32	0.34	0.37	0.41	0.49
11	0.31	0.33	0.35	0.39	0.47
12	0.30	0.31	0.34	0.38	0.45
13	0.28	0.30	0.33	0.36	0.43
14	0.27	0.29	0.31	0.35	0.42
15	0.27	0.28	0.30	0.34	0.40
16	0.26	0.27	0.30	0.33	0.39
17	0.25	0.27	0.29	0.32	0.38
18	0.24	0.26	0.28	0.31	0.37
19	0.24	0.25	0.27	0.30	0.36
20	0.23	0.25	0.26	0.29	0.35
25	0.21	0.22	0.24	0.26	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
40	0.17	0.18	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.17	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.16	0.17	0.19	0.23
n > 50	$1,07\sqrt{n}$	$1,14\sqrt{n}$	$1,22\sqrt{n}$	$1,36\sqrt{n}$	$1,63\sqrt{n}$

Fuente: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Elaboración: NEVI-12 – MTOP, Norma para estudios y diseños viales, Vol. 2B, 2013.

Tabla 52. Test Kolmogorov-Smirnov. Resultados.

N=	55
xm =	34.59
S =	10.47
Yn =	0.55
Sn =	1.17
xf =	29.65
α =	0.11
D =	0.08
Confianza =	95%
Dt =	0.18
Ajuste adecuado	

Tabla 53. Cálculos para la prueba de bondad de ajuste. Test Kolmogorov-Smirnov

n	x	Fn(x)	(x - xm) ²	yi = $\alpha^*(x_i - x_f)$	F(x)	D = Fn(x) - F(x)
1	19.8	0.0179	218.6097	-1.0987	0.0498	0.0319
2	22.1	0.0357	155.8866	-0.8422	0.0981	0.0624
3	22.2	0.0536	153.3995	-0.8310	0.1007	0.0471
4	22.4	0.0714	148.4853	-0.8087	0.1059	0.0345
5	22.5	0.0893	146.0582	-0.7975	0.1086	0.0193
6	24.0	0.1071	112.0518	-0.6302	0.1529	0.0457
7	24.5	0.1250	101.7164	-0.5745	0.1693	0.0443
8	25.0	0.1429	91.8809	-0.5187	0.1864	0.0435
9	25.2	0.1607	88.0868	-0.4964	0.1934	0.0327
10	25.5	0.1786	82.5455	-0.4629	0.2042	0.0256
11	25.6	0.1964	80.7384	-0.4518	0.2078	0.0114
12	26.0	0.2143	73.7100	-0.4072	0.2226	0.0083
13	26.5	0.2321	65.3746	-0.3514	0.2415	0.0093
14	26.8	0.2500	60.6133	-0.3179	0.2530	0.0030
15	27.0	0.2679	57.5391	-0.2956	0.2608	0.0070
16	27.4	0.2857	51.6308	-0.2510	0.2766	0.0092
17	27.6	0.3036	48.7966	-0.2287	0.2845	0.0191
18	27.8	0.3214	46.0424	-0.2064	0.2925	0.0289
19	29.1	0.3393	30.0902	-0.0614	0.3453	0.0060
20	29.9	0.3571	21.9535	0.0278	0.3781	0.0210
21	30.0	0.3750	21.0264	0.0390	0.3822	0.0072
22	30.0	0.3929	21.0264	0.0390	0.3822	0.0106
23	30.0	0.4107	21.0264	0.0390	0.3822	0.0285
24	30.9	0.4286	13.5826	0.1394	0.4190	0.0096
25	31.0	0.4464	12.8555	0.1505	0.4231	0.0234
26	31.0	0.4643	12.8555	0.1505	0.4231	0.0412
27	31.3	0.4821	10.7942	0.1840	0.4352	0.0469
28	31.3	0.5000	10.7942	0.1840	0.4352	0.0648
29	31.4	0.5179	10.1471	0.1951	0.4392	0.0786
30	31.7	0.5357	8.3258	0.2286	0.4513	0.0844
31	33.5	0.5536	1.1782	0.4294	0.5216	0.0320
32	33.9	0.5714	0.4698	0.4740	0.5366	0.0348
33	34.0	0.5893	0.3428	0.4851	0.5403	0.0490
34	34.4	0.6071	0.0344	0.5298	0.5550	0.0521
35	34.7	0.6250	0.0131	0.5632	0.5659	0.0591
36	35.1	0.6429	0.2648	0.6078	0.5801	0.0627
37	35.2	0.6607	0.3777	0.6190	0.5836	0.0771
38	36.0	0.6786	2.0009	0.7082	0.6111	0.0675
39	38.2	0.6964	13.0649	0.9536	0.6802	0.0162
40	38.2	0.7143	13.0649	0.9536	0.6802	0.0341
41	38.2	0.7321	13.0649	0.9536	0.6802	0.0519
42	40.1	0.7500	30.4102	1.1655	0.7322	0.0178
43	40.3	0.7679	32.6560	1.1878	0.7372	0.0306
44	41.4	0.7857	46.4380	1.3105	0.7636	0.0221
45	42.7	0.8036	65.8458	1.4555	0.7919	0.0116
46	44.7	0.8214	102.3040	1.6786	0.8297	0.0083
47	47.7	0.8393	171.9913	2.0132	0.8750	0.0357
48	48.6	0.8571	196.4075	2.1136	0.8862	0.0291
49	50.6	0.8750	256.4657	2.3367	0.9079	0.0329
50	51.2	0.8929	276.0431	2.4036	0.9136	0.0207
51	52.1	0.9107	306.7593	2.5040	0.9215	0.0108
52	55.2	0.9286	424.9595	2.8497	0.9438	0.0152
53	57.6	0.9464	529.6693	3.1174	0.9567	0.0103
54	59.6	0.9643	625.7275	3.3405	0.9652	0.0009
55	63.5	0.9821	836.0509	3.7755	0.9773	0.0048

Tabla 54. Cálculos para graficar las curvas IDF.

TR	Yt	K	X máx	IdTR (mm/h)
2	0.37	-0.16	32.94	1.37
5	1.50	0.81	43.10	1.80
10	2.25	1.46	49.83	2.08
25	3.20	2.27	58.33	2.43
50	3.90	2.87	64.63	2.69
100	4.60	3.47	70.89	2.95

Tiempo de duración (min)						
5	10	15	20	25	30	45
47.22	31.59	24.97	21.14	18.57	16.71	13.21
61.78	41.34	32.68	27.66	24.30	21.86	17.28
71.43	47.79	37.78	31.97	28.09	25.28	19.98
83.62	55.94	44.22	37.43	32.89	29.59	23.39
92.66	61.99	49.01	41.48	36.44	32.79	25.92
101.63	68.00	53.75	45.49	39.97	35.96	28.43

Tiempo de duración (min)								
60	75	90	120	150	180	210	240	300
11.18	9.82	8.84	7.48	6.57	5.91	5.21	4.74	4.06
14.63	12.85	11.56	9.79	8.60	7.74	6.81	6.20	5.31
16.91	14.86	13.37	11.31	9.94	8.94	7.87	7.17	6.14
19.80	17.39	15.65	13.24	11.64	10.47	9.22	8.40	7.18
21.94	19.27	17.34	14.68	12.90	11.60	10.22	9.30	7.96
24.06	21.14	19.02	16.10	14.14	12.73	11.20	10.21	8.73

Tiempo de duración (min)								
360	420	480	600	720	840	960	1200	1440
3.57	3.21	2.92	2.50	2.20	1.98	1.80	1.54	1.36
4.67	4.20	3.82	3.27	2.88	2.59	2.35	2.01	1.77
5.40	4.85	4.42	3.78	3.33	2.99	2.72	2.33	2.05
6.32	5.68	5.17	4.43	3.90	3.50	3.19	2.73	2.40
7.01	6.29	5.73	4.90	4.32	3.88	3.53	3.02	2.66
7.69	6.90	6.29	5.38	4.74	4.25	3.87	3.31	2.92

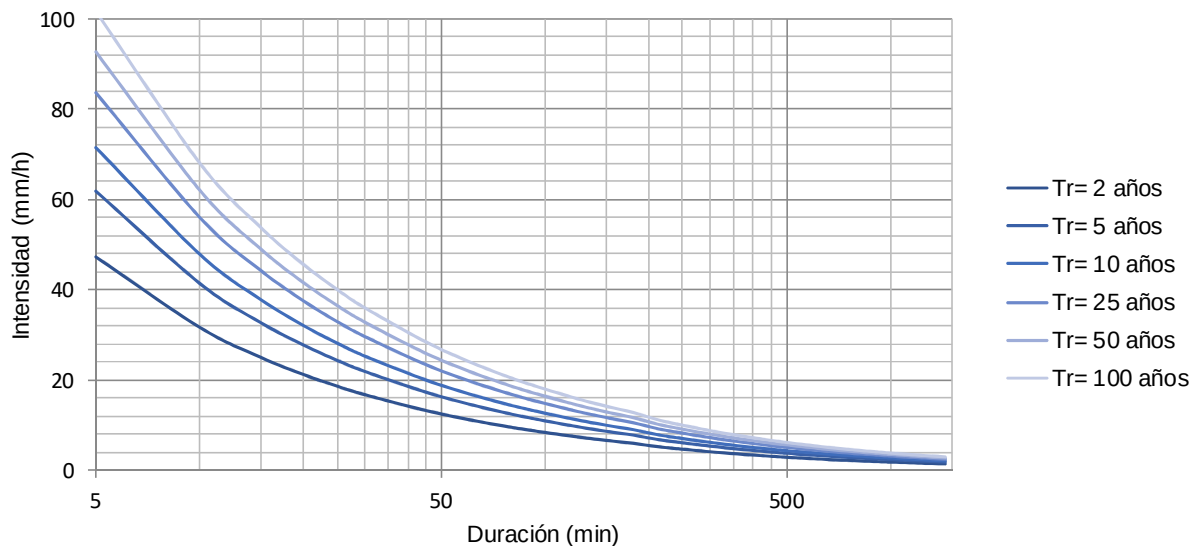


Figura 9. Curvas IDF.

Anexo 9: Diseño hidráulico.

Diseño de cunetas.

El diseño de la sección transversal del canal se lo ha realizado para el máximo caudal en un tramo de cuneta, este caudal es determinado mediante el método racional. Se considera que, en las situaciones más críticas, todo el ancho de la calzada drena sólo hacia un lado de la misma, además un ancho que incluye aporte desde el talud y ladera hacia la obra de drenaje. Con el coeficiente de escorrentía e intensidad de diseño se calcula los caudales que debe conducir cada tramo de cuneta (Tabla 55).

Tabla 55. Caudales para cada tramo de cuneta.

CÁLCULO DE CUNETAS									
DATOS									
Coeficiente de escorrentía				0.60					
Intensidad				47.80		mm/h			

Alcant.	Abscisa	Cuneta		Ancho (m)		Áreas de aporte (ha)			Q (m³/s)
		Ubicación	Long. (m)	Calzada	Talud y ladera	Calzada	Talud	Total	
A1	0+047	A1 - A2	86.912	6	20	0.052	0.174	0.226	0.018
A2	0+120	A2 - A3	115.23	6	20	0.069	0.230	0.300	0.024
A3	0+263	A3 - A4	69.393	6	20	0.042	0.139	0.180	0.014
A4	0+322	A4 - A5	122.783	6	20	0.074	0.246	0.319	0.025
A5	0+394	A5 - A6	120.01	6	20	0.072	0.240	0.312	0.025
A6	0+538	A6 - A7	88.59	6	20	0.053	0.177	0.230	0.018
A7	0+690	A7 - A8	135.803	6	20	0.081	0.272	0.353	0.028
A8	0+789	A8 - A9	119.54	6	20	0.072	0.239	0.311	0.025
A9	0+954	A9 - A10	143.134	6	20	0.086	0.286	0.372	0.030
A10	1+158	A10 - A11	134.274	6	20	0.081	0.269	0.349	0.028
A11	1+297	A11 - A12	142.133	6	20	0.085	0.284	0.370	0.029
A12	1+484	A12 - A13	50.629	6	20	0.030	0.101	0.132	0.010
A13	1+565	A13 - A14	118.581	6	20	0.071	0.237	0.308	0.025
A14	1+719	A14 - A15	66.96	6	20	0.040	0.134	0.174	0.014
A15	1+814	A15 - A16	206.255	6	20	0.124	0.413	0.536	0.043
A16	2+007	A16 - A17	189.734	6	20	0.114	0.379	0.493	0.039
A17	2+219	A17 - A18	161.162	6	20	0.097	0.322	0.419	0.033
A18	2+411	A18 - A19	300.545	6	20	0.180	0.601	0.781	0.062
A19	2+657	A19 - A20	157.068	6	20	0.094	0.314	0.408	0.033
A20	2+820	A20 - A21	94.58	6	20	0.057	0.189	0.246	0.020
A21	2+938	A21 - A22	63.105	6	20	0.038	0.126	0.164	0.013
A22	3+116	A22 - A23	83.623	6	20	0.050	0.167	0.217	0.017
A23	3+174	A23 - A24	114.014	6	20	0.068	0.228	0.296	0.024
A24	3+267	A24 - A25	86.118	6	20	0.052	0.172	0.224	0.018
A25	3+355	A25 - A26	133.104	6	20	0.080	0.266	0.346	0.028
A26	3+503	A26 - A27	102.94	6	20	0.062	0.206	0.268	0.021
A27	3+656	A27 - A28	64.422	6	20	0.039	0.129	0.167	0.013
A28	3+768	A28 - A29	80.066	6	20	0.048	0.160	0.208	0.017
A29	3+914	A29	25.574	6	20	0.015	0.051	0.066	0.005

Una vez determinado el caudal máximo, se procede al diseño y comprobación de la sección transversal de la cuneta en base a los criterios expuestos en el Capítulo 6. Los principales requisitos con los que debe cumplir el diseño son: la altura de la cuneta debe ser mayor a la

profundidad del flujo, y, la velocidad del agua se debe encontrar bajo el valor máximo admisible.

Tabla 56. Diseño y comprobación de la sección de cuneta.

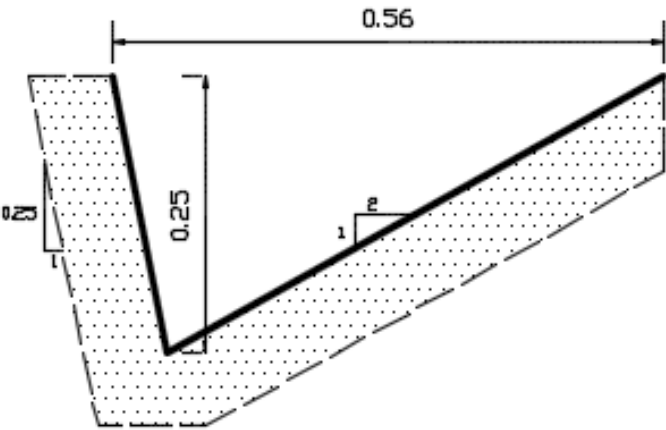


Figura 10. Sección transversal de la cuneta.

La cuneta diseñada para este proyecto se presenta en la Figura 10, es una cuenta triangular, sin revestimiento, con un ancho superficial de 56 cm y con una profundidad de flujo de 25 cm. Las pendientes en sus paredes son de 1:2 para el lado que se une con la vía, y, 1:0.25 para la pared que conecta con el talud.

Diseño de alcantarillas.

El dimensionamiento de las alcantarillas tanto para desagüe de cunetas como para el cruce de arroyos, se lo realiza mediante el método racional. Para determinar el caudal que pasa en cada alcantarilla se traza la cuenca de aportación y se obtiene el área de aporte, además se utiliza el coeficiente de escorrentía e intensidad máxima especificados para esta obra de drenaje; a este caudal se le suma el aporte de las cunetas y se obtiene el caudal total.

Para las alcantarillas de alivio de cunetas se busca un diámetro comercial cuya sección permita el paso del caudal de aporte. Para este caso, dado que el caudal es bajo, se adopta el diámetro mínimo sugerido por el INVIAS (2008), se trabaja con tubería de acero corrugado y se considera que funciona al 80% de su máxima capacidad hidráulica.

Tabla 57. Caudal de aporte en alcantarillas.

CÁLCULO DE ALCANTARILLAS		
DATOS		
Coeficiente de escorrentía	0.72	
Intensidad	62.00	mm/h

Alcant.	Abscisa	A (ha)	Q (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Qtotal
A1	0+047	0.333	0.041	0.018	0.059
A2	0+120	0.356	0.044	0.024	0.068
A3	0+263	0.163	0.020	0.014	0.035
A4	0+322	0.364	0.045	0.025	0.071
A5	0+394	0.396	0.049	0.025	0.074
A6	0+538	0.332	0.041	0.018	0.059
A7	0+690	0.330	0.041	0.028	0.069
A8	0+789	0.405	0.050	0.025	0.075
A9	0+954	0.248	0.031	0.030	0.060
A10	1+158	0.431	0.053	0.028	0.081
A11	1+297	0.368	0.046	0.029	0.075
A12	1+484	0.138	0.017	0.010	0.028
A13	1+565	0.620	0.077	0.025	0.101
A14	1+719	0.172	0.021	0.014	0.035
A15	1+814	0.481	0.060	0.043	0.102
A16	2+007	1.118	0.139	0.039	0.178
A17	2+219	0.998	0.124	0.033	0.157
A18	2+411	1.330	0.165	0.062	0.227
A19	2+657	0.642	0.080	0.033	0.112
A20	2+820	0.462	0.057	0.020	0.077
A21	2+938	0.050	0.006	0.013	0.019
A22	3+116	0.261	0.032	0.017	0.050
A23	3+174	0.244	0.030	0.024	0.054
A24	3+267	0.240	0.030	0.018	0.048
A25	3+355	0.648	0.080	0.028	0.108
A26	3+503	0.150	0.019	0.021	0.040
A27	3+656	0.154	0.019	0.013	0.032
A28	3+768	0.168	0.021	0.017	0.037
A29	3+914	0.063	0.008	0.005	0.013

Tabla 58. Datos de alcantarilla para desagüe de cunetas.

Alcantarilla propuesta	
Material	PVC
n =	0.009
D (m) =	0.4
y (m) =	0.32
S (m/m) =	0.15
Q (m ³ /s) =	1.1388

Anexo 10: Cálculo de volúmenes de corte y relleno.

Abscisa	Volumen total					
	Área		Vol. Corte	Vol. Relleno	Vol. Corte acumulado	Vol. Relleno acumulado
	Corte	Relleno				
0+000.00	2.27 m2	0.00 m2				
0+020.00	0.00 m2	1.74 m2	22.66 m3	17.36 m3	22.66 m3	17.36 m3
0+040.00	0.61 m2	2.28 m2	6.10 m3	40.16 m3	28.76 m3	57.52 m3
0+050.00	7.99 m2	0.00 m2	42.99 m3	11.40 m3	71.75 m3	68.92 m3
0+060.00	8.76 m2	0.00 m2	83.74 m3	0.00 m3	155.49 m3	68.92 m3
0+080.00	0.00 m2	2.06 m2	87.60 m3	20.59 m3	243.09 m3	89.51 m3
0+100.00	2.88 m2	0.04 m2	28.83 m3	21.02 m3	271.92 m3	110.53 m3
0+110.00	8.91 m2	0.00 m2	58.96 m3	0.22 m3	330.88 m3	110.75 m3
0+120.00	3.91 m2	0.00 m2	64.09 m3	0.00 m3	394.97 m3	110.75 m3
0+140.00	0.61 m2	0.13 m2	45.15 m3	1.32 m3	440.12 m3	112.07 m3
0+150.00	8.41 m2	0.00 m2	45.06 m3	0.66 m3	485.18 m3	112.73 m3
0+160.00	19.74 m2	0.00 m2	140.72 m3	0.00 m3	625.89 m3	112.73 m3
0+170.00	35.56 m2	0.00 m2	276.49 m3	0.00 m3	902.38 m3	112.73 m3
0+180.00	16.77 m2	0.00 m2	261.67 m3	0.00 m3	1164.05 m3	112.73 m3
0+200.00	6.08 m2	0.74 m2	228.52 m3	7.40 m3	1392.57 m3	120.13 m3
0+220.00	9.06 m2	0.00 m2	151.40 m3	7.40 m3	1543.97 m3	127.53 m3
0+230.00	9.86 m2	0.00 m2	94.62 m3	0.00 m3	1638.59 m3	127.53 m3
0+240.00	5.67 m2	0.00 m2	77.64 m3	0.00 m3	1716.23 m3	127.53 m3
0+260.00	2.43 m2	0.00 m2	80.94 m3	0.00 m3	1797.17 m3	127.53 m3
0+280.00	0.94 m2	1.51 m2	33.68 m3	15.10 m3	1830.85 m3	142.63 m3
0+290.00	0.11 m2	2.11 m2	5.23 m3	18.08 m3	1836.07 m3	160.70 m3
0+300.00	0.08 m2	0.06 m2	0.94 m3	10.81 m3	1837.01 m3	171.51 m3
0+320.00	8.33 m2	0.00 m2	84.16 m3	0.56 m3	1921.17 m3	172.07 m3
0+340.00	18.53 m2	0.00 m2	268.63 m3	0.00 m3	2189.80 m3	172.07 m3
0+360.00	26.43 m2	0.00 m2	449.57 m3	0.00 m3	2639.37 m3	172.07 m3
0+380.00	44.07 m2	0.00 m2	704.93 m3	0.00 m3	3344.30 m3	172.07 m3
0+400.00	63.05 m2	0.00 m2	1071.10 m3	0.00 m3	4415.40 m3	172.07 m3
0+420.00	65.10 m2	0.00 m2	1281.41 m3	0.00 m3	5696.81 m3	172.07 m3
0+430.00	56.17 m2	0.00 m2	606.33 m3	0.00 m3	6303.14 m3	172.07 m3
0+440.00	69.39 m2	0.00 m2	627.79 m3	0.00 m3	6930.93 m3	172.07 m3
0+450.00	66.08 m2	0.00 m2	677.34 m3	0.00 m3	7608.27 m3	172.07 m3
0+460.00	72.92 m2	0.00 m2	695.00 m3	0.00 m3	8303.27 m3	172.07 m3
0+480.00	89.34 m2	0.00 m2	1622.56 m3	0.00 m3	9925.83 m3	172.07 m3
0+490.00	97.26 m2	0.00 m2	932.99 m3	0.00 m3	10858.82 m3	172.07 m3
0+500.00	118.68 m2	0.00 m2	1079.70 m3	0.00 m3	11938.51 m3	172.07 m3
0+520.00	191.73 m2	0.00 m2	3104.09 m3	0.00 m3	15042.60 m3	172.07 m3
0+530.00	209.82 m2	0.00 m2	2007.74 m3	0.00 m3	17050.34 m3	172.07 m3
0+540.00	227.65 m2	0.00 m2	2187.34 m3	0.00 m3	19237.68 m3	172.07 m3
0+550.00	246.34 m2	0.00 m2	2369.94 m3	0.00 m3	21607.62 m3	172.07 m3
0+560.00	265.63 m2	0.00 m2	2559.84 m3	0.00 m3	24167.46 m3	172.07 m3
0+580.00	281.33 m2	0.00 m2	5469.60 m3	0.00 m3	29637.06 m3	172.07 m3
0+600.00	227.96 m2	0.00 m2	5092.88 m3	0.00 m3	34729.94 m3	172.07 m3
0+610.00	212.91 m2	0.00 m2	2204.35 m3	0.00 m3	36934.29 m3	172.07 m3

Volumen total						
Abscisa	Área		Vol. Corte	Vol. Relleno	Vol. Corte acumulado	Vol. Relleno acumulado
	Corte	Relleno				
0+620.00	212.73 m2	0.00 m2	2128.22 m3	0.00 m3	39062.51 m3	172.07 m3
0+640.00	176.11 m2	0.00 m2	3888.39 m3	0.00 m3	42950.90 m3	172.07 m3
0+660.00	126.69 m2	0.00 m2	3027.91 m3	0.00 m3	45978.81 m3	172.07 m3
0+680.00	92.98 m2	0.00 m2	2196.68 m3	0.00 m3	48175.49 m3	172.07 m3
0+690.00	86.83 m2	0.00 m2	899.04 m3	0.00 m3	49074.53 m3	172.07 m3
0+700.00	98.92 m2	0.00 m2	928.71 m3	0.00 m3	50003.24 m3	172.07 m3
0+720.00	123.28 m2	0.00 m2	2221.99 m3	0.00 m3	52225.23 m3	172.07 m3
0+730.00	128.28 m2	0.00 m2	1257.80 m3	0.00 m3	53483.02 m3	172.07 m3
0+740.00	127.83 m2	0.00 m2	1280.54 m3	0.00 m3	54763.56 m3	172.07 m3
0+750.00	110.35 m2	0.00 m2	1190.91 m3	0.00 m3	55954.47 m3	172.07 m3
0+760.00	119.92 m2	0.00 m2	1151.34 m3	0.00 m3	57105.81 m3	172.07 m3
0+780.00	147.42 m2	0.00 m2	2673.36 m3	0.00 m3	59779.17 m3	172.07 m3
0+790.00	167.69 m2	0.00 m2	1575.54 m3	0.00 m3	61354.70 m3	172.07 m3
0+800.00	172.54 m2	0.00 m2	1701.14 m3	0.00 m3	63055.84 m3	172.07 m3
0+820.00	141.20 m2	0.00 m2	3137.35 m3	0.00 m3	66193.19 m3	172.07 m3
0+830.00	119.69 m2	0.00 m2	1304.45 m3	0.00 m3	67497.63 m3	172.07 m3
0+840.00	98.56 m2	0.00 m2	1091.26 m3	0.00 m3	68588.89 m3	172.07 m3
0+850.00	88.70 m2	0.00 m2	936.29 m3	0.00 m3	69525.18 m3	172.07 m3
0+860.00	92.94 m2	0.00 m2	908.20 m3	0.00 m3	70433.38 m3	172.07 m3
0+870.00	64.16 m2	0.00 m2	785.52 m3	0.00 m3	71218.90 m3	172.07 m3
0+880.00	84.63 m2	0.00 m2	743.95 m3	0.00 m3	71962.85 m3	172.07 m3
0+900.00	62.66 m2	0.00 m2	1472.88 m3	0.00 m3	73435.73 m3	172.07 m3
0+920.00	60.34 m2	0.00 m2	1229.98 m3	0.00 m3	74665.71 m3	172.07 m3
0+940.00	55.69 m2	0.00 m2	1160.25 m3	0.00 m3	75825.96 m3	172.07 m3
0+950.00	55.47 m2	0.00 m2	555.79 m3	0.00 m3	76381.75 m3	172.07 m3
0+960.00	51.87 m2	0.00 m2	536.70 m3	0.00 m3	76918.45 m3	172.07 m3
0+980.00	52.97 m2	0.00 m2	1048.38 m3	0.00 m3	77966.83 m3	172.07 m3
1+000.00	71.57 m2	0.00 m2	1245.41 m3	0.00 m3	79212.24 m3	172.07 m3
1+010.00	94.89 m2	0.00 m2	832.29 m3	0.00 m3	80044.53 m3	172.07 m3
1+020.00	125.94 m2	0.00 m2	1104.12 m3	0.00 m3	81148.65 m3	172.07 m3
1+040.00	161.46 m2	0.00 m2	2874.01 m3	0.00 m3	84022.66 m3	172.07 m3
1+060.00	143.50 m2	0.00 m2	3049.64 m3	0.00 m3	87072.30 m3	172.07 m3
1+080.00	109.20 m2	0.00 m2	2526.99 m3	0.00 m3	89599.29 m3	172.07 m3
1+100.00	73.96 m2	0.00 m2	1831.53 m3	0.00 m3	91430.82 m3	172.07 m3
1+110.00	60.08 m2	0.00 m2	670.16 m3	0.00 m3	92100.98 m3	172.07 m3
1+120.00	48.29 m2	0.00 m2	541.82 m3	0.00 m3	92642.79 m3	172.07 m3
1+140.00	29.46 m2	0.00 m2	777.43 m3	0.00 m3	93420.22 m3	172.07 m3
1+160.00	30.73 m2	0.00 m2	601.89 m3	0.00 m3	94022.11 m3	172.07 m3
1+180.00	60.64 m2	0.00 m2	913.74 m3	0.00 m3	94935.85 m3	172.07 m3
1+190.00	75.91 m2	0.00 m2	682.76 m3	0.00 m3	95618.61 m3	172.07 m3
1+200.00	80.84 m2	0.00 m2	783.76 m3	0.00 m3	96402.36 m3	172.07 m3
1+220.00	76.08 m2	0.00 m2	1569.22 m3	0.00 m3	97971.58 m3	172.07 m3
1+240.00	59.77 m2	0.00 m2	1358.54 m3	0.00 m3	99330.12 m3	172.07 m3
1+260.00	50.73 m2	0.00 m2	1105.08 m3	0.00 m3	100435.20 m3	172.07 m3

Volumen total						
Abscisa	Área		Vol. Corte	Vol. Relleno	Vol. Corte acumulado	Vol. Relleno acumulado
	Corte	Relleno				
1+270.00	41.06 m2	0.00 m2	458.96 m3	0.00 m3	100894.16 m3	172.07 m3
1+280.00	32.05 m2	0.00 m2	365.56 m3	0.00 m3	101259.72 m3	172.07 m3
1+290.00	26.46 m2	0.00 m2	292.55 m3	0.00 m3	101552.27 m3	172.07 m3
1+300.00	19.783 m2	0.000 m2	231.19 m3	0.00 m3	101783.46 m3	172.07 m3
1+320.00	14.142 m2	0.000 m2	339.25 m3	0.00 m3	102122.71 m3	172.07 m3
1+340.00	10.645 m2	0.000 m2	247.87 m3	0.00 m3	102370.58 m3	172.07 m3
1+350.00	8.352 m2	0.000 m2	94.99 m3	0.00 m3	102465.56 m3	172.07 m3
1+360.00	8.784 m2	0.000 m2	85.68 m3	0.00 m3	102551.24 m3	172.07 m3
1+380.00	29.273 m2	0.000 m2	380.57 m3	0.00 m3	102931.81 m3	172.07 m3
1+390.00	49.078 m2	0.000 m2	391.76 m3	0.00 m3	103323.57 m3	172.07 m3
1+400.00	52.255 m2	0.000 m2	506.67 m3	0.00 m3	103830.23 m3	172.07 m3
1+420.00	26.279 m2	0.000 m2	785.34 m3	0.00 m3	104615.57 m3	172.07 m3
1+430.00	7.746 m2	0.048 m2	170.13 m3	0.24 m3	104785.70 m3	172.31 m3
1+440.00	0.375 m2	14.991 m2	40.61 m3	75.20 m3	104826.30 m3	247.50 m3
1+460.00	0.000 m2	26.584 m2	3.75 m3	415.75 m3	104830.05 m3	663.25 m3
1+480.00	0.000 m2	11.037 m2	0.00 m3	376.21 m3	104830.05 m3	1039.46 m3
1+500.00	7.877 m2	0.000 m2	78.77 m3	110.37 m3	104908.82 m3	1149.83 m3
1+520.00	48.172 m2	0.000 m2	560.49 m3	0.00 m3	105469.31 m3	1149.83 m3
1+530.00	46.091 m2	0.000 m2	471.32 m3	0.00 m3	105940.63 m3	1149.83 m3
1+540.00	34.352 m2	0.000 m2	402.22 m3	0.00 m3	106342.84 m3	1149.83 m3
1+560.00	8.505 m2	0.288 m2	428.57 m3	2.88 m3	106771.41 m3	1152.71 m3
1+580.00	8.526 m2	0.112 m2	170.31 m3	4.00 m3	106941.72 m3	1156.71 m3
1+600.00	13.524 m2	0.000 m2	220.50 m3	1.12 m3	107162.22 m3	1157.83 m3
1+610.00	12.386 m2	0.000 m2	129.55 m3	0.00 m3	107291.77 m3	1157.83 m3
1+620.00	14.479 m2	0.000 m2	134.33 m3	0.00 m3	107426.10 m3	1157.83 m3
1+640.00	17.893 m2	0.000 m2	323.72 m3	0.00 m3	107749.82 m3	1157.83 m3
1+660.00	13.091 m2	0.000 m2	309.84 m3	0.00 m3	108059.66 m3	1157.83 m3
1+680.00	12.055 m2	3.115 m2	251.46 m3	31.15 m3	108311.12 m3	1188.98 m3
1+700.00	17.526 m2	0.000 m2	295.81 m3	31.15 m3	108606.93 m3	1220.13 m3
1+710.00	15.457 m2	0.000 m2	164.92 m3	0.00 m3	108771.84 m3	1220.13 m3
1+720.00	16.501 m2	0.000 m2	159.79 m3	0.00 m3	108931.63 m3	1220.13 m3
1+730.00	18.783 m2	0.000 m2	176.42 m3	0.00 m3	109108.05 m3	1220.13 m3
1+740.00	13.719 m2	0.000 m2	162.51 m3	0.00 m3	109270.56 m3	1220.13 m3
1+750.00	12.072 m2	0.000 m2	128.96 m3	0.00 m3	109399.52 m3	1220.13 m3
1+760.00	15.850 m2	0.000 m2	139.61 m3	0.00 m3	109539.13 m3	1220.13 m3
1+770.00	9.050 m2	0.000 m2	124.50 m3	0.00 m3	109663.63 m3	1220.13 m3
1+780.00	2.757 m2	0.000 m2	59.04 m3	0.00 m3	109722.66 m3	1220.13 m3
1+800.00	0.000 m2	7.821 m2	27.57 m3	78.21 m3	109750.23 m3	1298.34 m3
1+820.00	0.000 m2	18.499 m2	0.00 m3	263.20 m3	109750.23 m3	1561.54 m3
1+840.00	0.000 m2	26.369 m2	0.00 m3	448.68 m3	109750.23 m3	2010.22 m3
1+860.00	14.858 m2	0.000 m2	148.58 m3	263.69 m3	109898.81 m3	2273.91 m3
1+880.00	43.870 m2	0.000 m2	587.28 m3	0.00 m3	110486.09 m3	2273.91 m3
1+900.00	71.568 m2	0.000 m2	1154.38 m3	0.00 m3	111640.47 m3	2273.91 m3
1+910.00	119.293 m2	0.000 m2	954.31 m3	0.00 m3	112594.78 m3	2273.91 m3
1+920.00	143.638 m2	0.000 m2	1314.66 m3	0.00 m3	113909.43 m3	2273.91 m3
1+930.00	140.089 m2	0.000 m2	1418.64 m3	0.00 m3	115328.07 m3	2273.91 m3

Volumen total						
Abscisa	Área		Vol. Corte	Vol. Relleno	Vol. Corte acumulado	Vol. Relleno acumulado
	Corte	Relleno				
1+940.00	132.257 m2	0.000 m2	1361.73 m3	0.00 m3	116689.80 m3	2273.91 m3
1+950.00	127.535 m2	0.000 m2	1298.96 m3	0.00 m3	117988.76 m3	2273.91 m3
1+960.00	127.342 m2	0.000 m2	1274.39 m3	0.00 m3	119263.14 m3	2273.91 m3
1+980.00	126.104 m2	0.000 m2	2534.46 m3	0.00 m3	121797.60 m3	2273.91 m3
1+990.00	91.263 m2	0.000 m2	1086.84 m3	0.00 m3	122884.44 m3	2273.91 m3
2+000.00	56.244 m2	0.000 m2	737.54 m3	0.00 m3	123621.97 m3	2273.91 m3
2+010.00	34.931 m2	0.000 m2	455.88 m3	0.00 m3	124077.85 m3	2273.91 m3
2+020.00	19.012 m2	0.000 m2	269.72 m3	0.00 m3	124347.56 m3	2273.91 m3
2+030.00	12.816 m2	0.006 m2	159.14 m3	0.03 m3	124506.70 m3	2273.94 m3
2+040.00	12.454 m2	0.000 m2	126.35 m3	0.03 m3	124633.05 m3	2273.97 m3
2+060.00	8.131 m2	0.098 m2	205.85 m3	0.98 m3	124838.90 m3	2274.95 m3
2+080.00	20.159 m2	0.000 m2	282.90 m3	0.98 m3	125121.80 m3	2275.93 m3
2+100.00	34.791 m2	0.000 m2	549.50 m3	0.00 m3	125671.30 m3	2275.93 m3
2+120.00	2.265 m2	0.019 m2	370.56 m3	0.19 m3	126041.86 m3	2276.12 m3
2+140.00	0.000 m2	8.106 m2	22.65 m3	81.25 m3	126064.51 m3	2357.37 m3
2+160.00	0.000 m2	0.000 m2	0.00 m3	81.06 m3	126064.51 m3	2438.43 m3
2+180.00	2.139 m2	0.000 m2	21.39 m3	0.00 m3	126085.90 m3	2438.43 m3
2+190.00	0.000 m2	0.220 m2	10.70 m3	1.10 m3	126096.60 m3	2439.53 m3
2+200.00	0.000 m2	3.669 m2	0.00 m3	19.45 m3	126096.60 m3	2458.98 m3
2+210.00	2.497 m2	0.294 m2	12.49 m3	19.82 m3	126109.08 m3	2478.79 m3
2+220.00	7.633 m2	0.000 m2	50.65 m3	1.47 m3	126159.73 m3	2480.26 m3
2+230.00	13.529 m2	0.000 m2	105.81 m3	0.00 m3	126265.54 m3	2480.26 m3
2+240.00	39.048 m2	0.000 m2	262.89 m3	0.00 m3	126528.43 m3	2480.26 m3
2+260.00	23.478 m2	0.000 m2	625.26 m3	0.00 m3	127153.69 m3	2480.26 m3
2+280.00	27.719 m2	0.000 m2	511.97 m3	0.00 m3	127665.66 m3	2480.26 m3
2+290.00	43.767 m2	0.000 m2	357.43 m3	0.00 m3	128023.09 m3	2480.26 m3
2+300.00	60.128 m2	0.000 m2	519.48 m3	0.00 m3	128542.56 m3	2480.26 m3
2+310.00	73.414 m2	0.000 m2	667.71 m3	0.00 m3	129210.27 m3	2480.26 m3
2+320.00	83.163 m2	0.000 m2	782.89 m3	0.00 m3	129993.16 m3	2480.26 m3
2+330.00	76.286 m2	0.000 m2	797.25 m3	0.00 m3	130790.40 m3	2480.26 m3
2+340.00	79.448 m2	0.000 m2	778.67 m3	0.00 m3	131569.07 m3	2480.26 m3
2+360.00	66.992 m2	0.000 m2	1464.40 m3	0.00 m3	133033.47 m3	2480.26 m3
2+380.00	55.538 m2	0.000 m2	1225.30 m3	0.00 m3	134258.77 m3	2480.26 m3
2+400.00	34.656 m2	0.000 m2	901.94 m3	0.00 m3	135160.71 m3	2480.26 m3
2+410.00	29.909 m2	0.000 m2	322.83 m3	0.00 m3	135483.54 m3	2480.26 m3
2+420.00	26.359 m2	0.000 m2	281.34 m3	0.00 m3	135764.88 m3	2480.26 m3
2+430.00	18.175 m2	0.000 m2	222.67 m3	0.00 m3	135987.55 m3	2480.26 m3
2+440.00	9.680 m2	0.000 m2	139.28 m3	0.00 m3	136126.82 m3	2480.26 m3
2+450.00	5.560 m2	0.000 m2	76.20 m3	0.00 m3	136203.02 m3	2480.26 m3
2+460.00	3.413 m2	0.000 m2	44.87 m3	0.00 m3	136247.89 m3	2480.26 m3
2+480.00	0.289 m2	4.498 m2	37.02 m3	44.98 m3	136284.91 m3	2525.24 m3
2+500.00	13.660 m2	0.000 m2	139.49 m3	44.98 m3	136424.40 m3	2570.22 m3
2+520.00	7.145 m2	0.000 m2	208.05 m3	0.00 m3	136632.45 m3	2570.22 m3
2+540.00	28.296 m2	0.000 m2	354.41 m3	0.00 m3	136986.86 m3	2570.22 m3

Volumen total						
Abscisa	Área		Vol. Corte	Vol. Relleno	Vol. Corte acumulado	Vol. Relleno acumulado
	Corte	Relleno				
3+200.00	0.000 m2	122.514 m2	0.00 m3	2922.63 m3	159856.18 m3	12392.96 m3
3+210.00	0.000 m2	72.269 m2	0.00 m3	973.92 m3	159856.18 m3	13366.88 m3
3+220.00	0.000 m2	33.710 m2	0.00 m3	529.90 m3	159856.18 m3	13896.77 m3
3+240.00	18.747 m2	0.000 m2	187.47 m3	337.10 m3	160043.65 m3	14233.87 m3
3+260.00	50.264 m2	0.000 m2	690.11 m3	0.00 m3	160733.76 m3	14233.87 m3
3+270.00	50.463 m2	0.000 m2	503.64 m3	0.00 m3	161237.39 m3	14233.87 m3
3+280.00	54.389 m2	0.000 m2	524.26 m3	0.00 m3	161761.65 m3	14233.87 m3
3+300.00	75.883 m2	0.000 m2	1302.72 m3	0.00 m3	163064.37 m3	14233.87 m3
3+310.00	84.407 m2	0.000 m2	801.45 m3	0.00 m3	163865.82 m3	14233.87 m3
3+320.00	92.875 m2	0.000 m2	886.41 m3	0.00 m3	164752.23 m3	14233.87 m3
3+340.00	110.171 m2	0.000 m2	2030.46 m3	0.00 m3	166782.69 m3	14233.87 m3
3+260,00	50,264 m2	0,000 m2	690,11 m3	0,00 m3	160733,76 m3	14233,87 m3
3+270,00	50,463 m2	0,000 m2	503,64 m3	0,00 m3	161237,39 m3	14233,87 m3
3+280,00	54,389 m2	0,000 m2	524,26 m3	0,00 m3	161761,65 m3	14233,87 m3
3+300,00	75,883 m2	0,000 m2	1302,72 m3	0,00 m3	163064,37 m3	14233,87 m3
3+310,00	84,407 m2	0,000 m2	801,45 m3	0,00 m3	163865,82 m3	14233,87 m3
3+320,00	92,875 m2	0,000 m2	886,41 m3	0,00 m3	164752,23 m3	14233,87 m3
3+340,00	110,171 m2	0,000 m2	2030,46 m3	0,00 m3	166782,69 m3	14233,87 m3
3+360.00	114.583 m2	0.000 m2	2247.54 m3	0.00 m3	169030.23 m3	14233.87 m3
3+370.00	139.408 m2	0.000 m2	1269.96 m3	0.00 m3	170300.19 m3	14233.87 m3
3+380.00	166.849 m2	0.000 m2	1531.29 m3	0.00 m3	171831.47 m3	14233.87 m3
3+390.00	185.887 m2	0.000 m2	1763.68 m3	0.00 m3	173595.15 m3	14233.87 m3
3+400.00	196.690 m2	0.000 m2	1912.89 m3	0.00 m3	175508.04 m3	14233.87 m3
3+410.00	175.053 m2	0.000 m2	1858.72 m3	0.00 m3	177366.75 m3	14233.87 m3
3+420.00	106.644 m2	0.000 m2	1408.49 m3	0.00 m3	178775.24 m3	14233.87 m3
3+430.00	51.093 m2	0.000 m2	788.69 m3	0.00 m3	179563.92 m3	14233.87 m3
3+440.00	35.283 m2	0.000 m2	431.88 m3	0.00 m3	179995.80 m3	14233.87 m3
3+450.00	41.596 m2	0.000 m2	384.40 m3	0.00 m3	180380.20 m3	14233.87 m3
3+460.00	27.548 m2	0.000 m2	345.72 m3	0.00 m3	180725.92 m3	14233.87 m3
3+480.00	3.304 m2	0.000 m2	308.52 m3	0.00 m3	181034.44 m3	14233.87 m3
3+490.00	18.594 m2	0.000 m2	109.49 m3	0.00 m3	181143.93 m3	14233.87 m3
3+500.00	35.065 m2	0.000 m2	268.30 m3	0.00 m3	181412.22 m3	14233.87 m3
3+510.00	54.929 m2	0.000 m2	449.97 m3	0.00 m3	181862.19 m3	14233.87 m3
3+520.00	39.808 m2	0.000 m2	473.69 m3	0.00 m3	182335.88 m3	14233.87 m3
3+530.00	35.336 m2	0.000 m2	375.72 m3	0.00 m3	182711.60 m3	14233.87 m3
3+540.00	41.870 m2	0.000 m2	386.03 m3	0.00 m3	183097.63 m3	14233.87 m3
3+560.00	56.714 m2	0.000 m2	985.84 m3	0.00 m3	184083.47 m3	14233.87 m3
3+570.00	55.178 m2	0.000 m2	559.46 m3	0.00 m3	184642.93 m3	14233.87 m3
3+580.00	48.169 m2	0.000 m2	516.74 m3	0.00 m3	185159.66 m3	14233.87 m3
3+600.00	49.336 m2	0.000 m2	975.05 m3	0.00 m3	186134.71 m3	14233.87 m3
3+610.00	53.498 m2	0.000 m2	514.17 m3	0.00 m3	186648.88 m3	14233.87 m3
3+620.00	48.922 m2	0.000 m2	512.10 m3	0.00 m3	187160.98 m3	14233.87 m3
3+630.00	22.463 m2	0.000 m2	356.93 m3	0.00 m3	187517.91 m3	14233.87 m3

Volumen total						
Abscisa	Área		Vol. Corte	Vol. Relleno	Vol. Corte acumulado	Vol. Relleno acumulado
	Corte	Relleno				
3+640.00	30.416 m2	0.000 m2	264.40 m3	0.00 m3	187782.30 m3	14233.87 m3
3+660.00	41.034 m2	0.000 m2	714.50 m3	0.00 m3	188496.80 m3	14233.87 m3
3+670.00	37.938 m2	0.000 m2	394.86 m3	0.00 m3	188891.66 m3	14233.87 m3
3+680.00	27.322 m2	0.000 m2	326.30 m3	0.00 m3	189217.96 m3	14233.87 m3
3+690.00	14.639 m2	0.020 m2	209.81 m3	0.10 m3	189427.77 m3	14233.97 m3
3+700.00	9.648 m2	0.594 m2	121.44 m3	3.07 m3	189549.20 m3	14237.04 m3
3+720.00	0.000 m2	16.875 m2	96.48 m3	174.69 m3	189645.68 m3	14411.73 m3
3+740.00	3.156 m2	14.625 m2	31.56 m3	315.00 m3	189677.24 m3	14726.73 m3
3+750.00	23.738 m2	0.000 m2	134.47 m3	73.13 m3	189811.71 m3	14799.86 m3
3+760.00	43.184 m2	0.000 m2	334.61 m3	0.00 m3	190146.32 m3	14799.86 m3
3+780.00	18.606 m2	0.000 m2	617.90 m3	0.00 m3	190764.22 m3	14799.86 m3
3+790.00	12.856 m2	0.000 m2	157.31 m3	0.00 m3	190921.53 m3	14799.86 m3
3+800.00	24.420 m2	0.000 m2	186.38 m3	0.00 m3	191107.91 m3	14799.86 m3
3+810.00	36.140 m2	0.000 m2	302.80 m3	0.00 m3	191410.71 m3	14799.86 m3
3+820.00	46.391 m2	0.000 m2	412.66 m3	0.00 m3	191823.37 m3	14799.86 m3
3+840.00	7.270 m2	0.000 m2	536.61 m3	0.00 m3	192359.98 m3	14799.86 m3
3+860.00	0.000 m2	22.851 m2	72.70 m3	228.51 m3	192432.68 m3	15028.37 m3
3+880.00	0.000 m2	73.542 m2	0.00 m3	963.93 m3	192432.68 m3	15992.30 m3
3+900.00	0.000 m2	61.720 m2	0.00 m3	1352.62 m3	192432.68 m3	17344.92 m3
3+920.00	0.000 m2	36.979 m2	0.00 m3	986.99 m3	192432.68 m3	18331.91 m3
3+940.00	0.000 m2	17.973 m2	0.00 m3	549.52 m3	192432.68 m3	18881.43 m3
3+945.12	0.000 m2	13.364 m2	0.00 m3	80.22 m3	192432.68 m3	18961.65 m3

Anexo 10: Presupuesto del proyecto.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL- TRES QUEBRADAS, ABCISAS 0+000 A 4+000.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA OBRA

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	P. TOTAL
PRELIMINARES					5 911.97
1	REPLANTEO	KM	4.00	494.21	1 976.84
2	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA. Desbroce, desbosque y limpieza de terreno	Ha	15.38	255.86	3 935.13
MOVIMIENTO DE TIERRAS					449 618.49
3	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA PLATAFORMA. Es la excavación para construcción de plataforma	m ³	192 432.68	2.03	390 638.34
4	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCAVADO (> 500). Transporte de materiales excavados	m ³	173 471.03	0.34	58 980.15
CALZADA					53 840.00
5	MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON SUELO SELECCIONADO, S/T. Mejoramiento de la sub-rasante utilizando suelo seleccionado	m ³	4 000.00	4.96	19 840.00
6	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE. Transporte de materiales	m ³ *Km	100 000.00	0.34	34 000.00
DRENAJE					90 072.81
7	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE ESTRUCTURAS. Excavación y relleno para la construcción de estructuras menores.	m ³	208.00	5.30	1 106.64
8	EXCAVACIÓN A MANO PARA CUNETAS. Es la excavación para construcción de cunetas y encauzamientos.	m ³	560.00	7.45	4 172.00
9	HORMIGÓN ESTRUCTURAL CLASE B, FC=210KG/CM2. INCLUIDO CURADOR, I/E. Concreto ligero de alta calidad, densidad y fuerza, para alcantarillas.	m ³	70.76	186.72	13 212.31
10	ACERO DE REFUERZO fy = 4200 kg/cm2	Kg	8 151.90	2.10	17 118.99
11	TUBERIA DE ALCANTARILLADO PVC NOVAFORT=400MM. Tubería diámetro interno 400 mm, tramos de 6 metros.	m	261.00	208.67	54 462.87
	SON:	A.- OBRA CIVIL			599 443.27
	Seiscientos veinte y nueve mil cuatrocientos quince	B.- REAJUSTE DE PRECIOS (5% A)			29 972.16
	con cuarenta y tres centavos , más IVA.	PRECIO TOTAL DEL PROYECTO (A+B)			629 415.43

Loja, octubre 2016.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD:		KM
Replanteo					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Equipo topográfico	1.00	10.00	10.00	12.5000	125.00
Herramienta menor (5% MO)					8.27
				SUBTOTAL	133.27
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Cadenero	3.00	3.22	9.66	12.5000	120.75
Topógrafo	1.00	3.57	3.57	12.5000	44.63
				SUBTOTAL	165.38
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Estacas, varios.	global	60.00	0.22	13.20	
Mojón	U	10.00	10.00	100.00	
				SUBTOTAL	113.20
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					411.85
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					82.37
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					494.21
VALOR OFERTADO					494.21
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD: Ha		
Desbroce, desbosque y limpieza de terreno					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Tractor oruga 185hp	1.00	50.00	50.00	2.50	125.00
Motosierra	4.00	2.00	8.00	2.50	20.00
Herramienta menor (5% MO)					3.25
				SUBTOTAL	148.25
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	2.00	3.18	6.36	2.50	15.90
Operador de equipo liviano	4.00	3.22	12.88	2.50	32.20
Operador de tractor	1.00	3.57	3.57	2.50	8.93
Ayudante de operador de equipo	1.00	3.18	3.18	2.50	7.95
				SUBTOTAL	64.98
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					213.23
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					42.65
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					255.87
VALOR OFERTADO					255.87
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD: M3		
Excavación de suelo para plataforma.					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Excavadora de orugas	1.00	45.00	45.00	0.0286	1.29
Herramienta menor (5% MO)					0.02
				SUBTOTAL	1.31
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	2.00	3.18	6.36	0.0286	0.18
Inspector de obra	0.10	3.38	0.34	0.0286	0.01
Operador de excavadora	1.00	3.57	3.57	0.0286	0.10
Ayudante de maquinaria	1.00	3.22	3.22	0.0286	0.09
				SUBTOTAL	0.39
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					1.69
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.34
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.03
VALOR OFERTADO					2.03
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD: M3		
Transporte de material excavado					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Volquete de 6 m3	1.00	20.00	20.00	0.0100	0.20
Herramienta menor (5% MO)					0.01
				SUBTOTAL	0.21
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Chofer de volqueta	1.00	4.67	4.67	0.0100	0.05
Ayudante de maquinaria	1.00	3.22	3.22	0.0100	0.03
				SUBTOTAL	0.08
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					0.29
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.06
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.35
VALOR OFERTADO					0.35
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD:		M3
Mejoramiento de la sub-rasante con suelo seleccionado, S/T.					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Motoniveladora	1.00	40.00	40.00	0.0182	0.73
Rodillo vibratorio liso	1.00	35.00	35.00	0.0182	0.64
Camión cisterna	1.00	16.00	16.00	0.0182	0.29
Herramienta menor (5% MO)					0.02
				SUBTOTAL	1.67
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Operador de cargadora frontal	3.00	3.22	9.66	0.0182	0.18
Ayudante de maquinaria	1.00	3.57	3.57	0.0182	0.06
Chofer de volqueta	1.00	3.39	3.39	0.0182	0.06
Chofer de volqueta	1.00	4.67	4.67	0.0182	0.08
				SUBTOTAL	0.39
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Material de mejoramiento	m3	1.00	2.00	2.00	
Agua	lt	50.00	0.00	0.07	
				SUBTOTAL	2.07
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					4.13
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.83
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4.96
VALOR OFERTADO					4.96
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

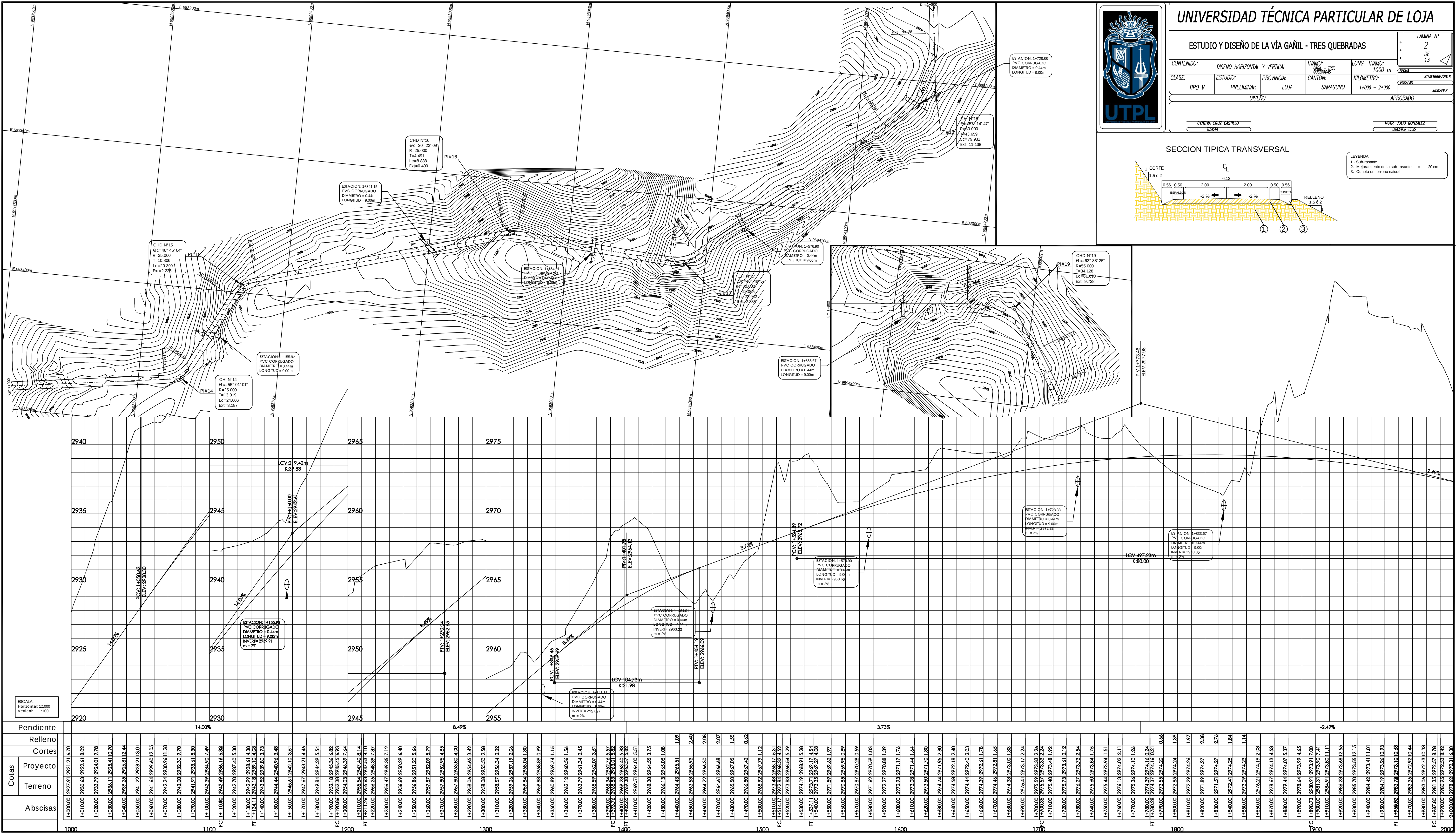
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD: M3*KM		
Transporte de material para mejoramiento de la subrasante					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Volquete de 6 m3	1.00	20.00	20.00	0.0100	0.20
Herramienta menor (5% MO)					0.01
				SUBTOTAL	0.21
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Chofer de volqueta	1.00	4.67	4.67	0.0100	0.05
Ayudante de maquinaria	1.00	3.22	3.22	0.0100	0.03
				SUBTOTAL	0.08
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					0.29
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.06
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.35
VALOR OFERTADO					0.35
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD: M3		
Excavación y relleno de estructuras menores.					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Retroexcavadora	1.00	20.00	20.00	0.1000	2.00
Herramienta menor (5% MO)					0.12
				SUBTOTAL	2.12
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	6.00	3.18	19.08	0.1000	1.91
Operador de excavadora	0.20	3.57	0.71	0.1000	0.07
Ayudante de maquinaria	1.00	3.22	3.22	0.1000	0.32
				SUBTOTAL	2.30
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					4.42
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					0.88
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5.31
VALOR OFERTADO					5.31
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD: M3		
Excavación a mano para cunetas.					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Retroexcavadora	1.00	20.00	20.00	0.1818	3.64
Herramienta menor (5% MO)					0.13
				SUBTOTAL	3.77
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	2.00	3.18	6.36	0.1818	1.16
Inspector de obra	0.10	3.38	0.34	0.1818	0.06
Operador de excavadora	1.00	3.57	3.57	0.1818	0.65
Ayudante de maquinaria	1.00	3.22	3.22	0.1818	0.59
				SUBTOTAL	2.45
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					6.22
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					1.24
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7.46
VALOR OFERTADO					7.46
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:			UNIDAD:		M3*KM
Tubería de alcantarillado PVC NOVAFORT D=440MM, tramo de 6M					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor (5% MO)					0.04
				SUBTOTAL	0.04
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Plomero	1.00	3.22	3.22	0.1000	0.32
Ayudante de plomero	1.00	3.18	3.18	0.1000	0.32
				SUBTOTAL	0.64
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Tubería de alcantarillado PVC NOVAFORT D=440MM, tramo de 6M	m	1.01	7.40	7.47	
				SUBTOTAL	7.47
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				SUBTOTAL	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					8.15
INDIRECTOS Y UTILIDADES 20%					1.63
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9.78
VALOR OFERTADO					9.78
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
Loja, noviembre de 2016					

Anexo 11: Planos del diseño en planta y perfil.





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

CONTENIDO: DISEÑO HORIZONTAL Y VERTICAL

CLASE: TIPO V

ESTUDIO: PRELIMINAR

PROVINCIA: LOJA

CANTON: SARAGURO

LONG. TRAMO: 1000 m

KILOMETRO: 1+000 - 2+000

FECHA: NOVIEMBRE 2016

INDICADOR

APROBADO

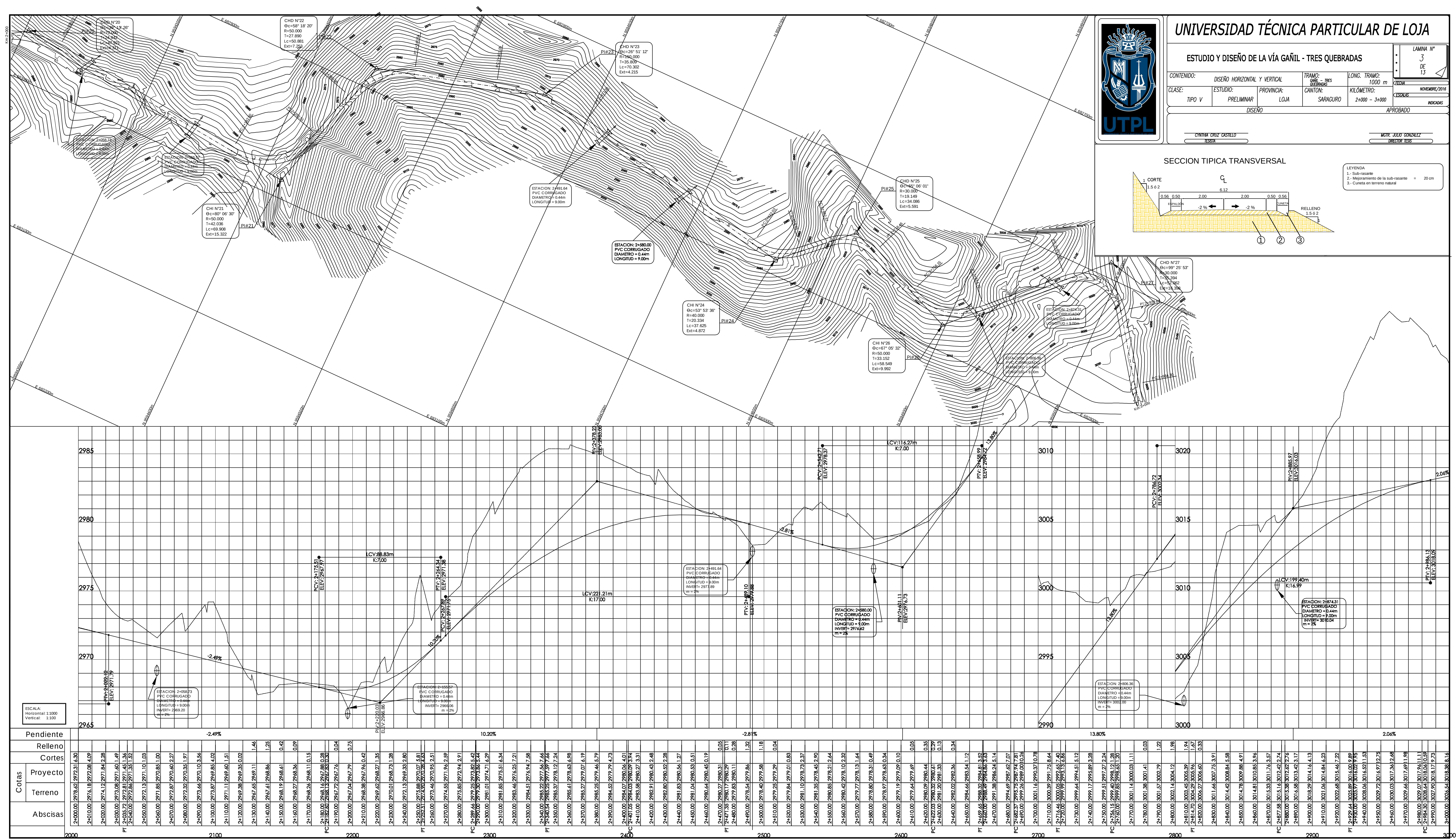
CINTIA CRUZ CASTILLO

MTC JULIO GONZALEZ

SECCION TIPICA TRANSVERSAL

LEYENDA

- 1 - Sub-rasante
- 2 - Mejoramiento de la sub-rasante
- 3 - Cuseta en terreno natural



Anexo 12: Planos de secciones transversales.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

LAMINA N°
5
DE
13

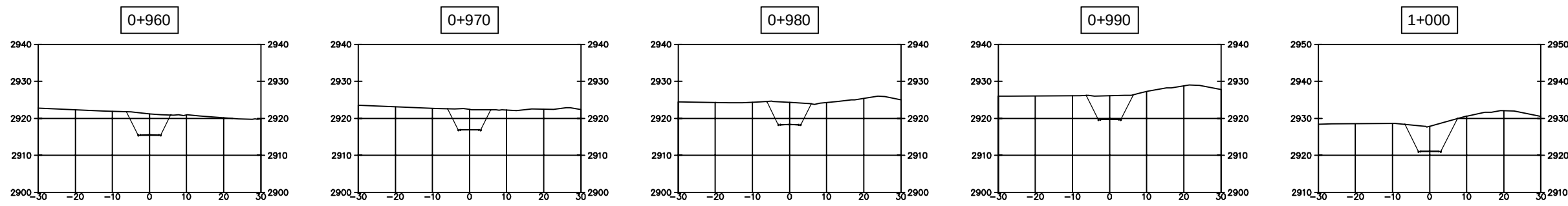
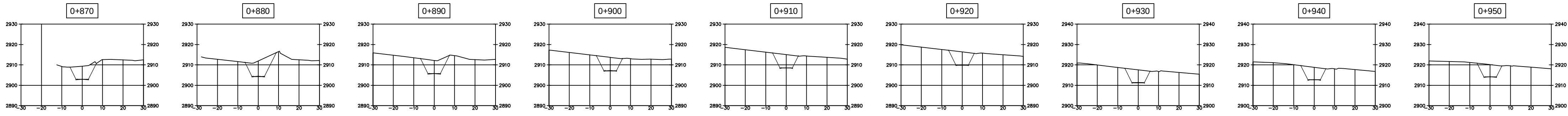
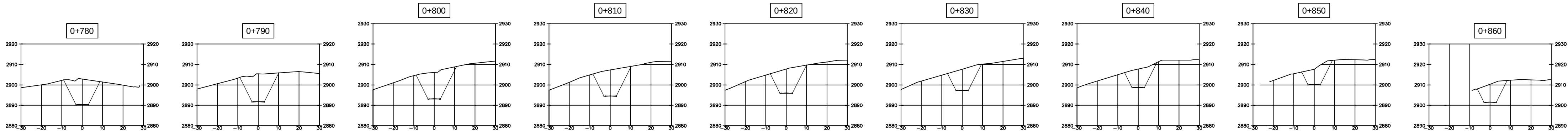
FECHA
NOVIEMBRE/2016

INDICADORES

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES		TRAMO: GÑIL - TRES QUEBRADAS	LONG. TRAMO: 770 m
CLASE: TIPO V	ESTUDIO: PRELIMINAR	PROVINCIA: LOJA	CANTON: SARAGURO
DISEÑO		APROBADO	
CINTIA CRUZ CASTILLO TESORERO		MCTE JULIO GONZALEZ DIRECTOR TESIS	

SECCION TIPICA TRANSVERSAL

LEYENDA
1.- Subrasante
2.- Mejoramiento de la sub-rasante = 20 cm
3.- Cusqueta en terreno natural



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

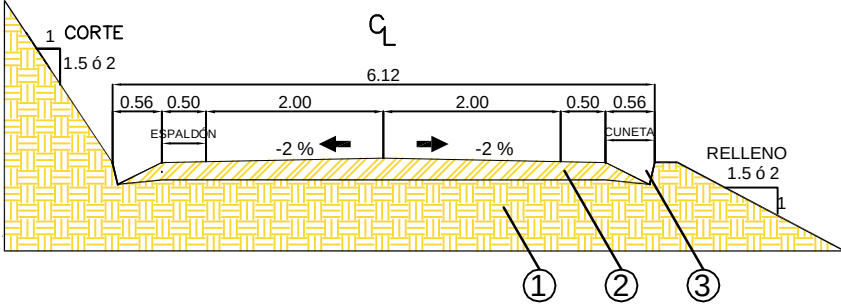
ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

CONTENIDO:		SECCIONES TRANSVERSALES	TRAMO: GÑIL - TRES QUEBRADAS	LONG. TRAMO: 220 m	LAMINA N° 6 DE 13
CLASE: TIPO V	ESTUDIO: PRELIMINAR	PROVINCIA: LOJA	CANTON: SARAGURO	KILOMETRO: 0+780 - 1+000	FECHA: NOVIEMBRE/2016
DISEÑO				APROBADO	INDICADOS

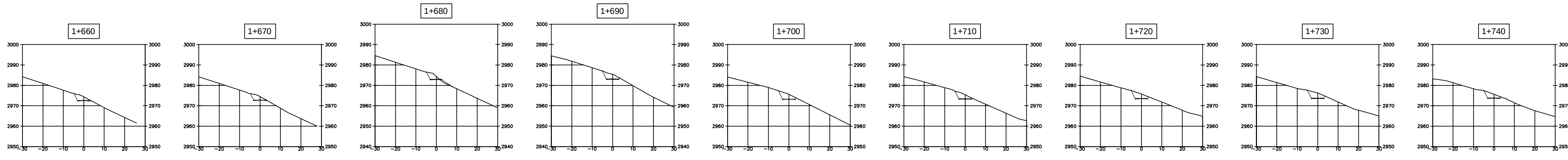
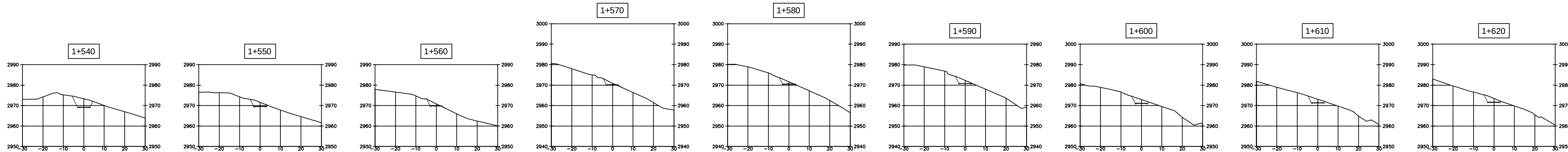
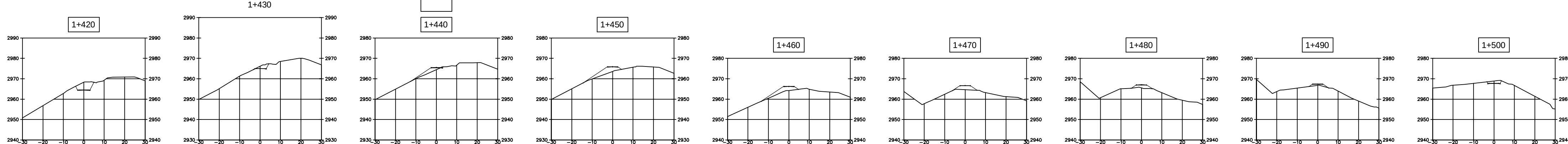
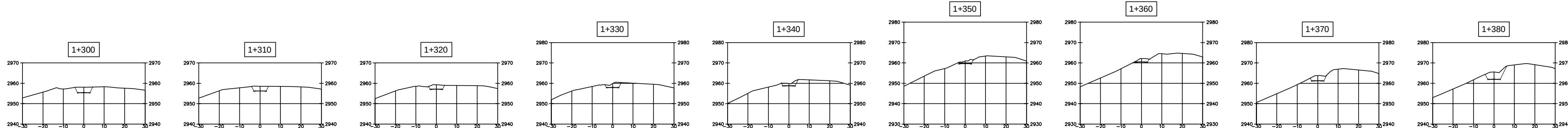
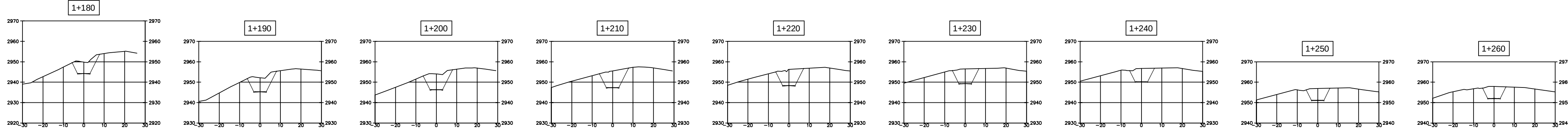
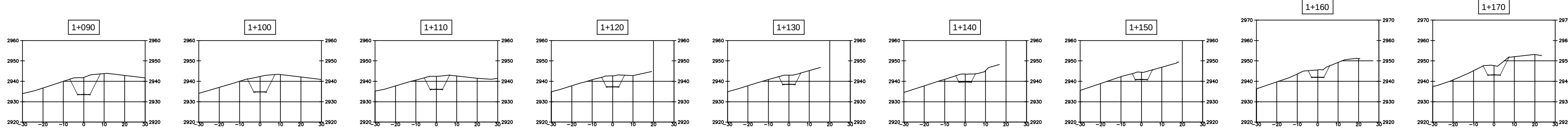
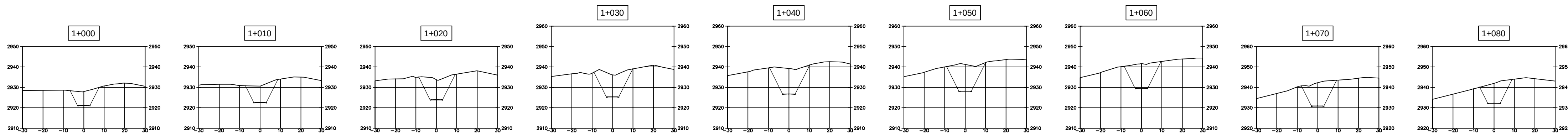
CINTIA CRUZ CASTILLO
TITULO

MGR. JULIO GONZALEZ
TITULO

SECCION TIPICA TRANSVERSAL



- LEYENDA
- 1 - Subrasante
 - 2 - Mejoramiento de la sub-rasante = 20 cm
 - 3 - Cuneta en terreno natural





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

CLASE: TIPO V

TRAMO: GÑIL - TRES QUEBRADAS

ESTUDIO: PRELIMINAR

LONG. TRAMO: 770 m

PROVINCIA: LOJA

CANTON: SARAGURO

KILOMETRO: 1+000 - 1+770

FECHA: NOVIEMBRE/2016

INDICADOR

DISEÑO

APROBADO

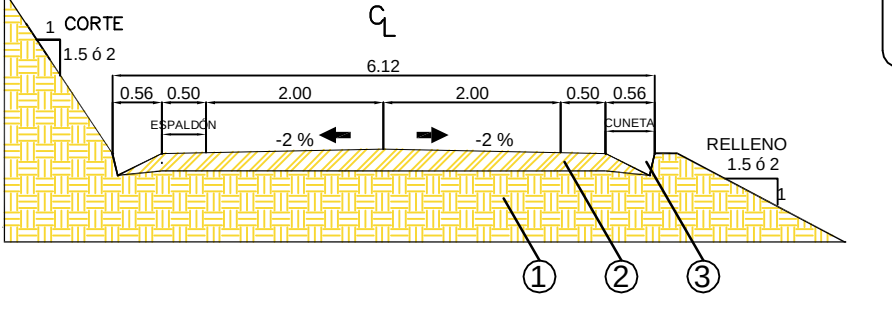
CINTIA CRUZ CASTILLO

INGENIERA DE CIVIL

MGR. JULIO GONZALEZ

INGENIERO DE CIVIL

SECCION TIPICA TRANSVERSAL



LEYENDA

1 - Subrasante

2 - Mejoramiento de la sub-rasante

3 - Cuseta en terreno natural

1.5 ó 2

0.50

0.50

2.00

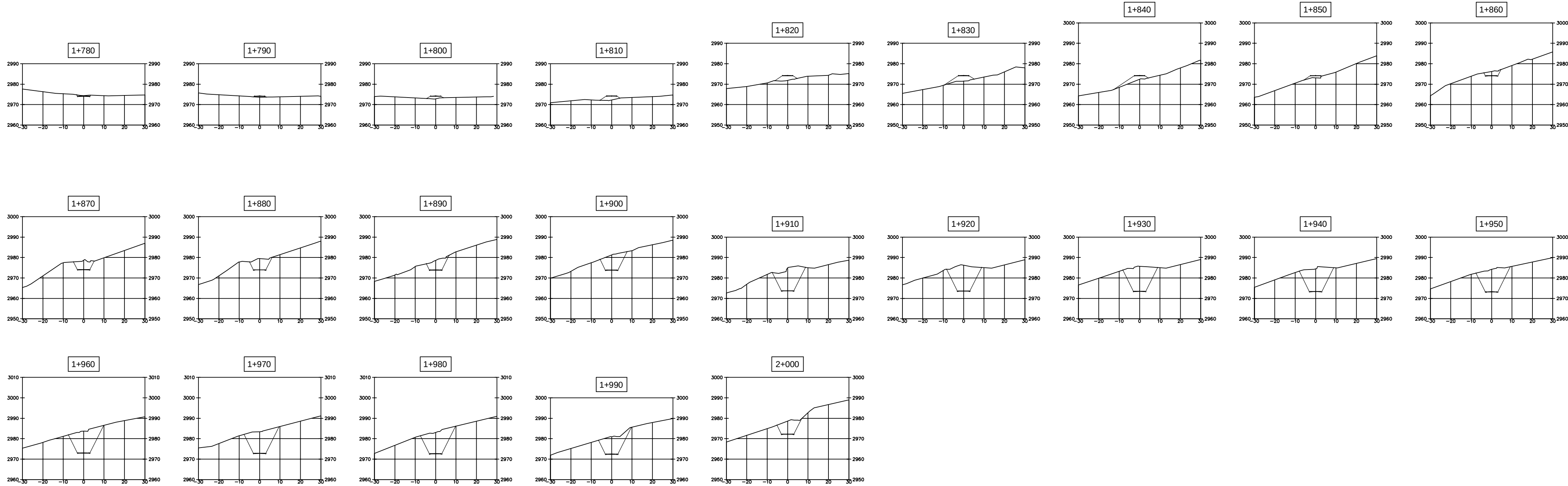
6.12

2.00

0.50

0.50

1.5 ó 2



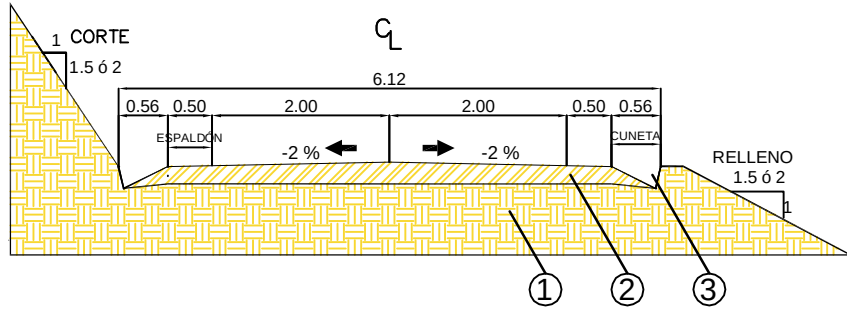
UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

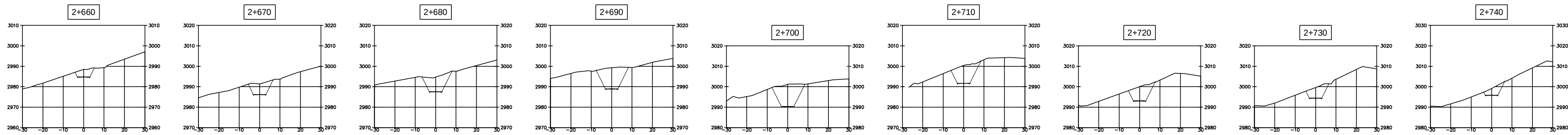
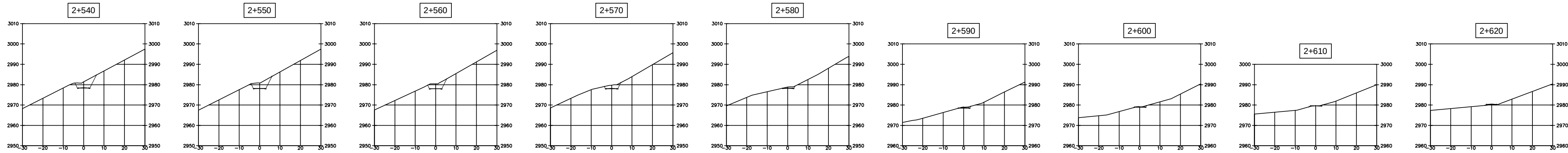
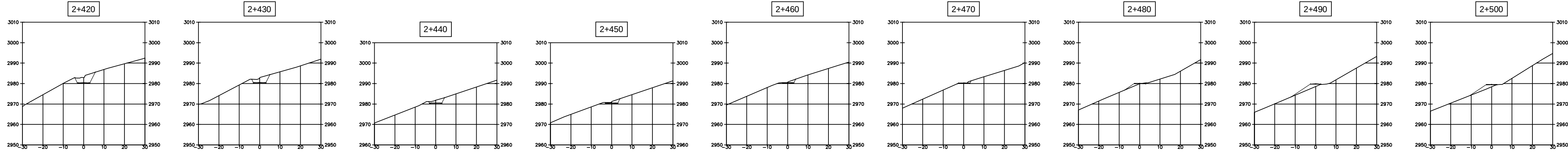
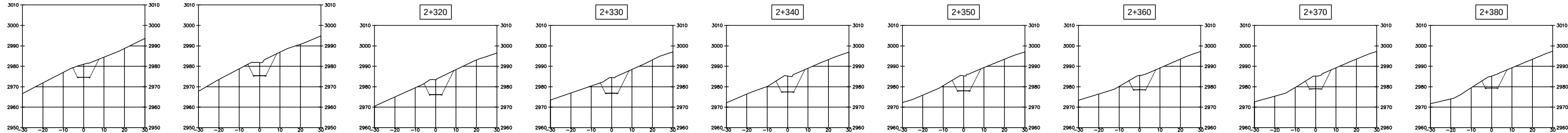
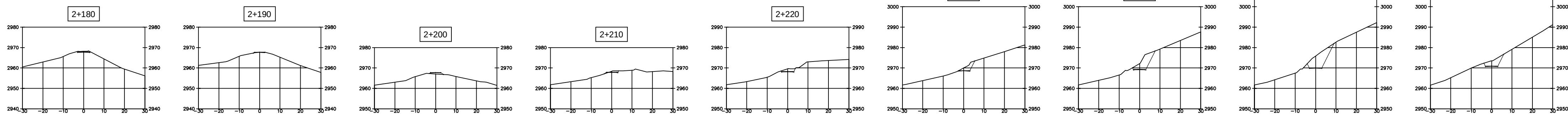
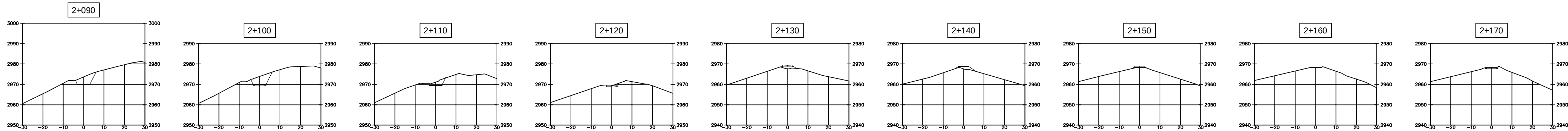
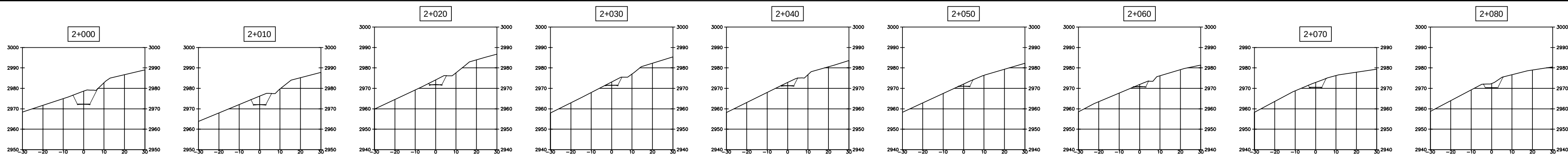
CONTENIDO:		SECCIONES TRANSVERSALES	TRAMO: GÑIL - TRES QUEBRADAS	LONG. TRAMO: 220 m	LAMINA N° 8 DE 13
CLASE:	ESTUDIO:	PROVINCIA:	CANTON:	KILOMETRO:	FECHA: NOVIEMBRE/2016
TIPO V	PRELIMINAR	LOJA	SARAGURO	1+780 - 2+000	INDICADOS

DISEÑO		APROBADO
CINTIA CRUZ CASTILLO TESORERA		MGR. JULIO GONZALEZ DIRECTOR TESIS

SECCION TIPICA TRANSVERSAL



- LEYENDA
- 1 - Subrasante
 - 2 - Mejoramiento de la sub-rasante = 20 cm
 - 3 - Cuneta en terreno natural





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

CLASE: TIPO V

TRAMO: GÑIL - TRES QUEBRADAS

ESTUDIO: PRELIMINAR

LONG. TRAMO: 770 m

CANTON: SARAGURO

FECHA: NOVIEMBRE/2016

INDICADOR

PROVINCIA: LOJA

KILOMETRO: 2+000 - 2+770

DISEÑO

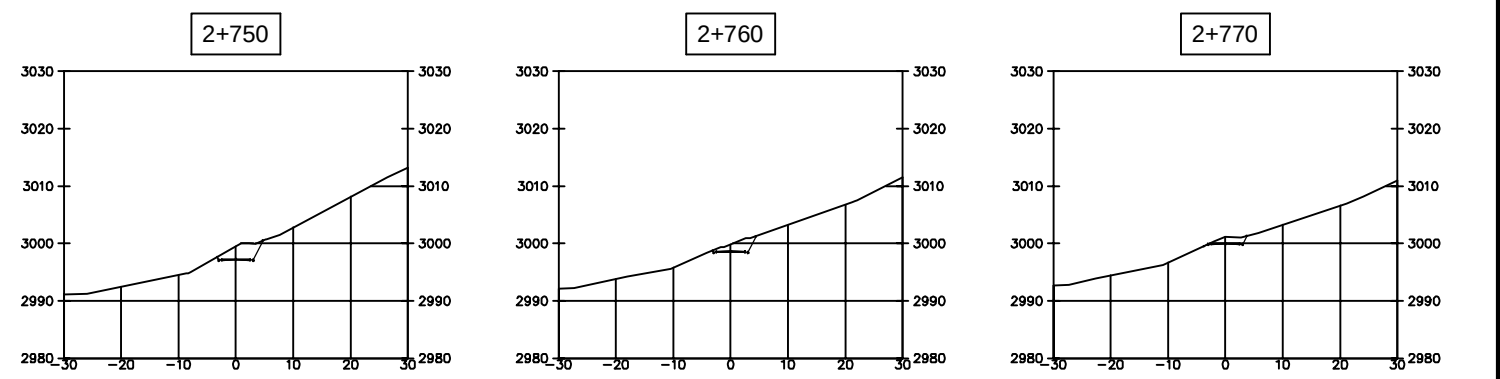
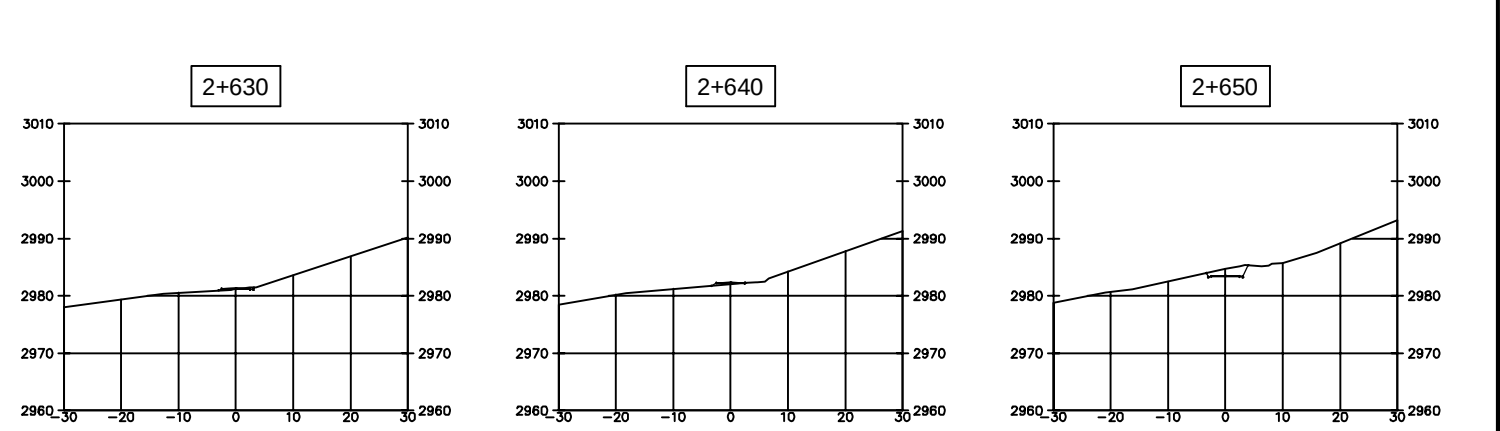
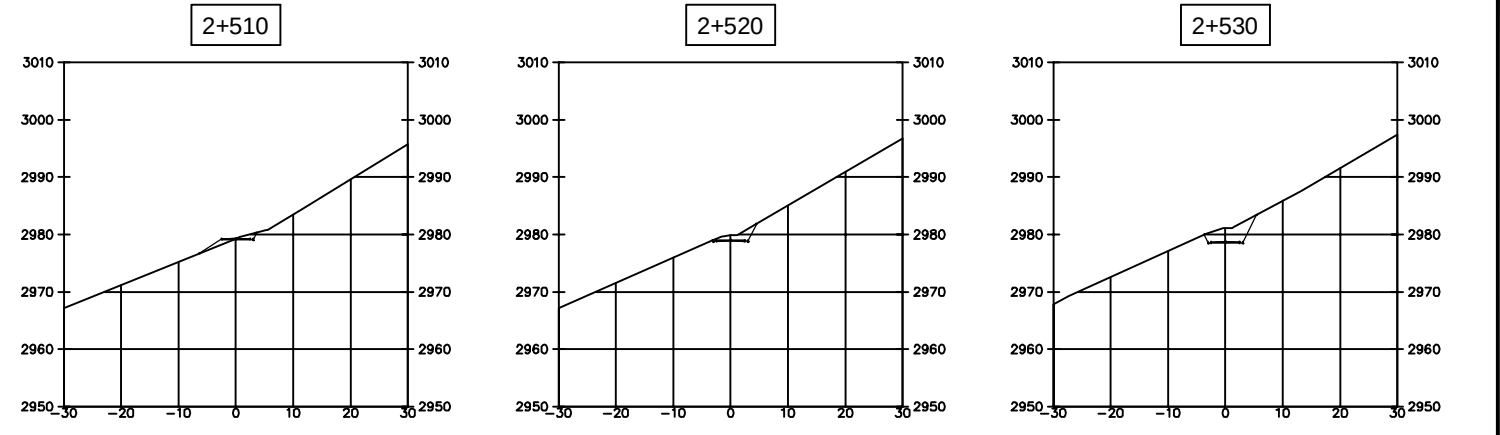
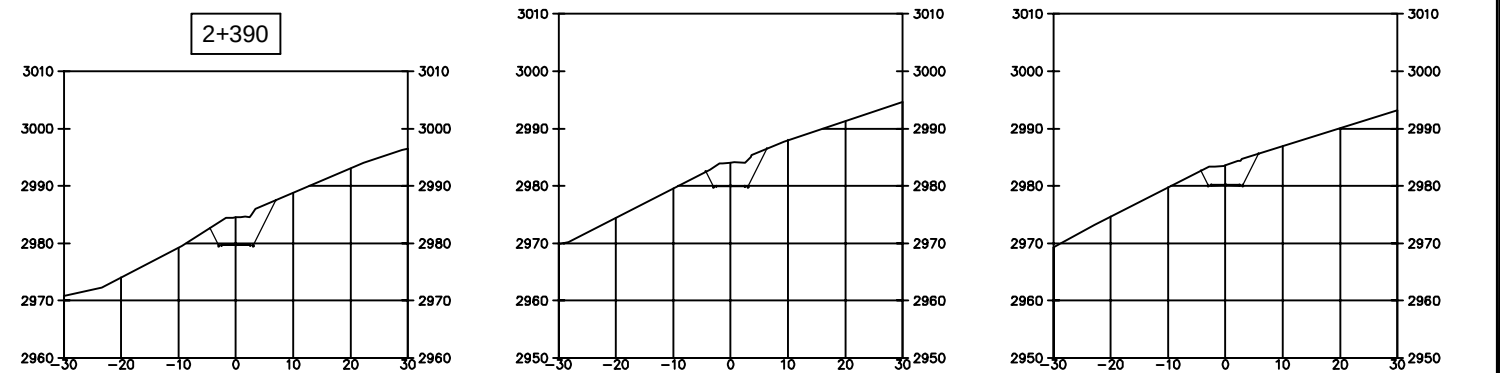
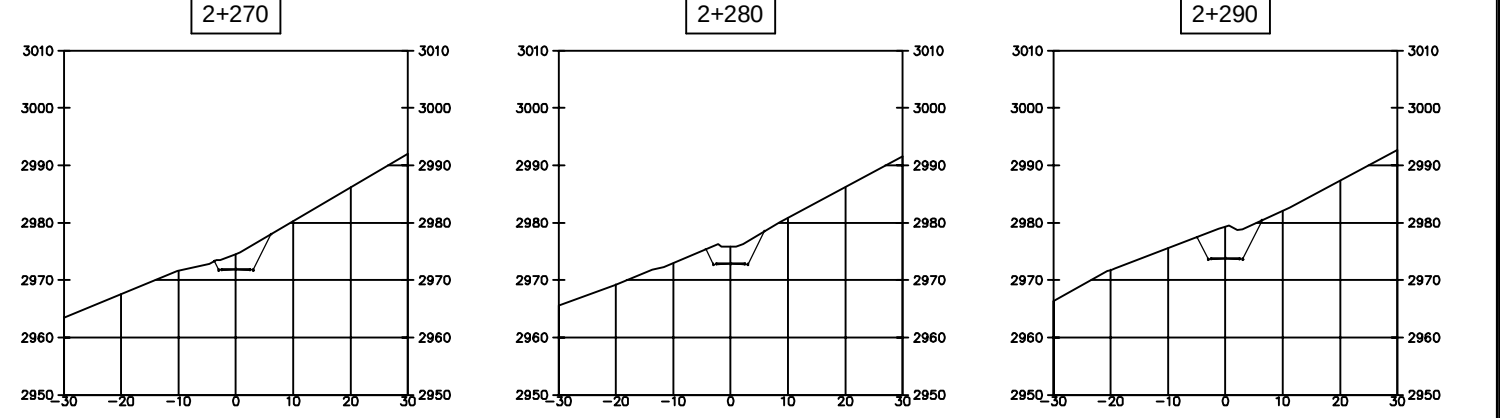
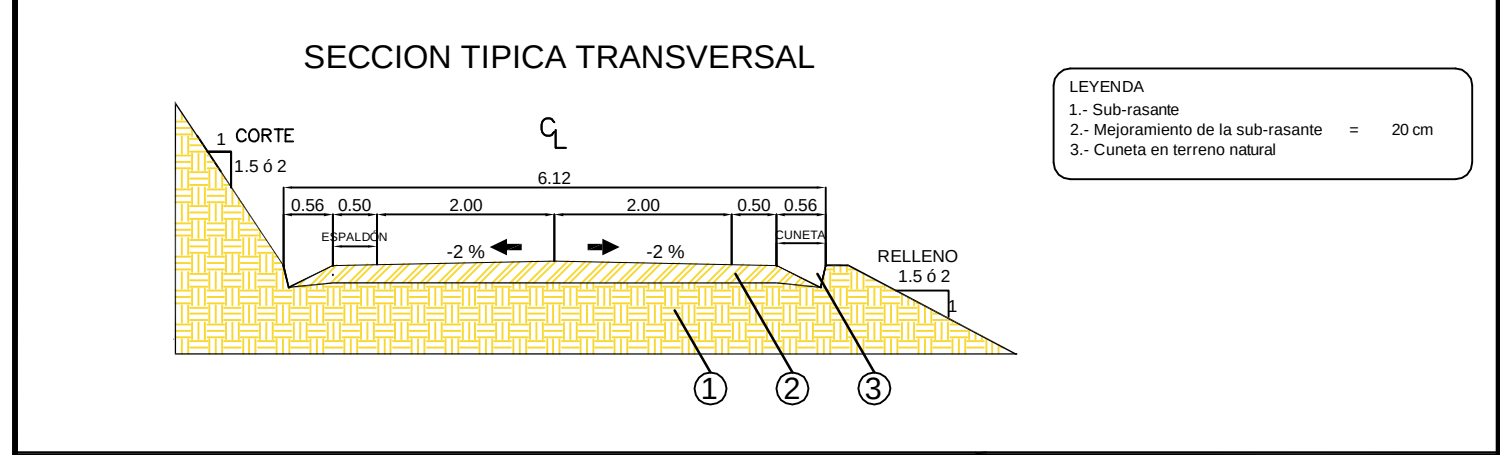
APROBADO

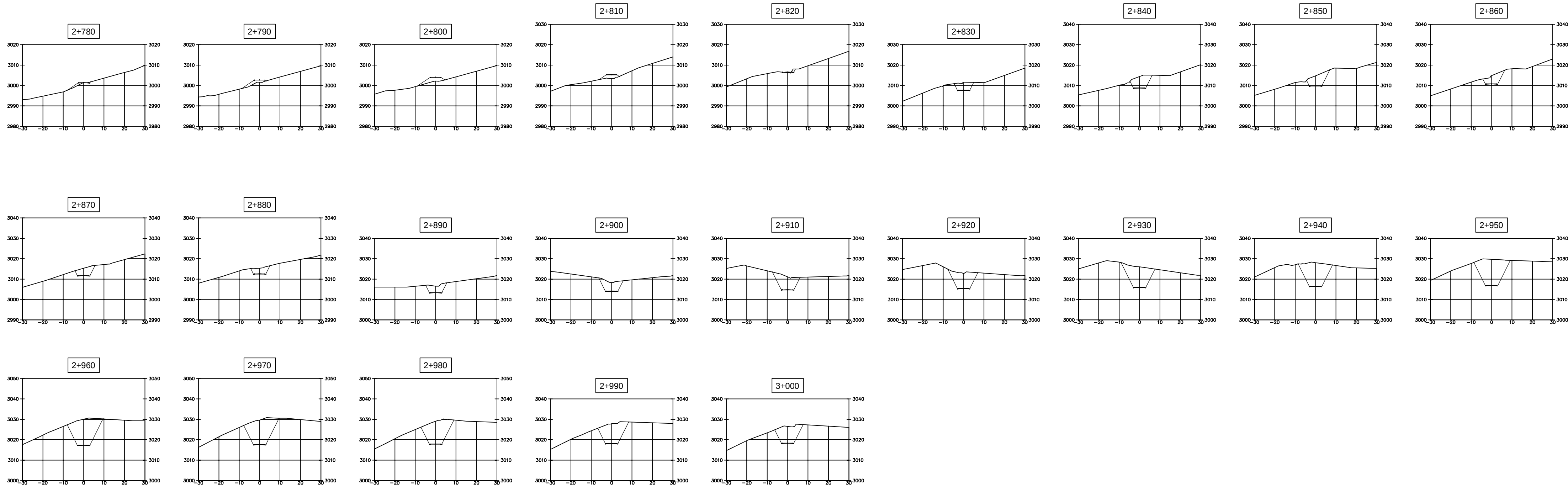
CINTIA CRUZ CASTILLO

INGENIERA

MCTR. JULIO GONZALEZ

PROFESOR TITULAR





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

CONTENIDO:		SECCIONES TRANSVERSALES	TRAMO: GÑIL - TRES QUEBRADAS	LONG. TRAMO: 220 m	LAMINA N° 10 DE 13
CLASE:	ESTUDIO:	PROVINCIA:	CANTON:	KILOMETRO:	FECHA: NOVIEMBRE/2016
TIPO V	PRELIMINAR	LOJA	SARAGURO	2+780 - 3+000	INDICADOS

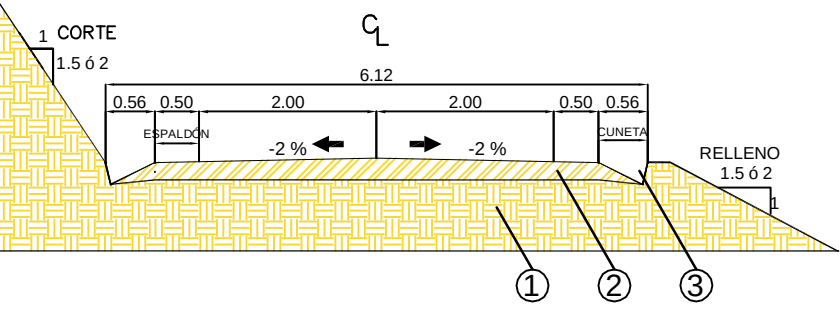
DISEÑO

APROBADO

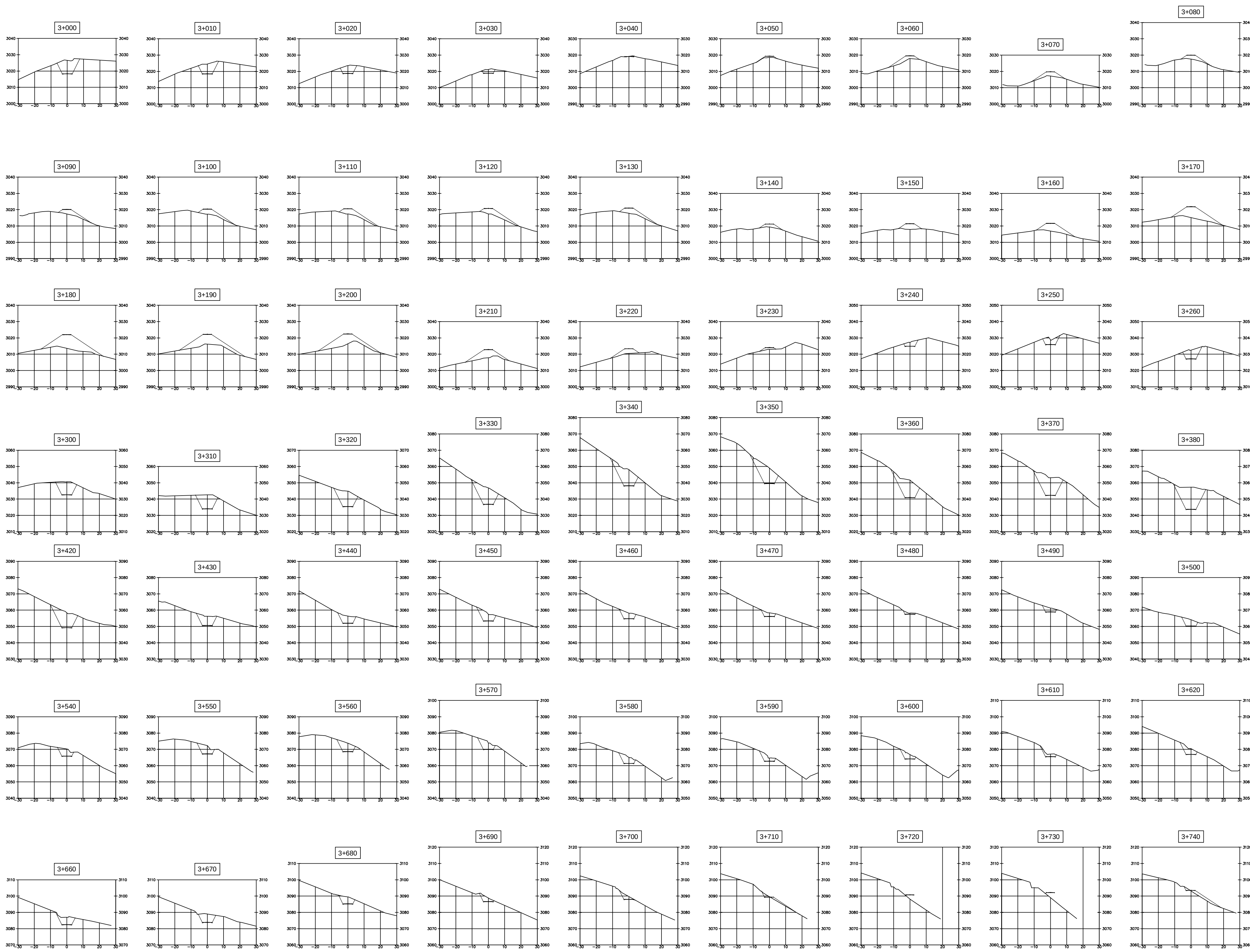
CINTIA CRUZ CASTILLO
TESORERA

MGR. JULIO GONZALEZ
DIRECTOR TESIS

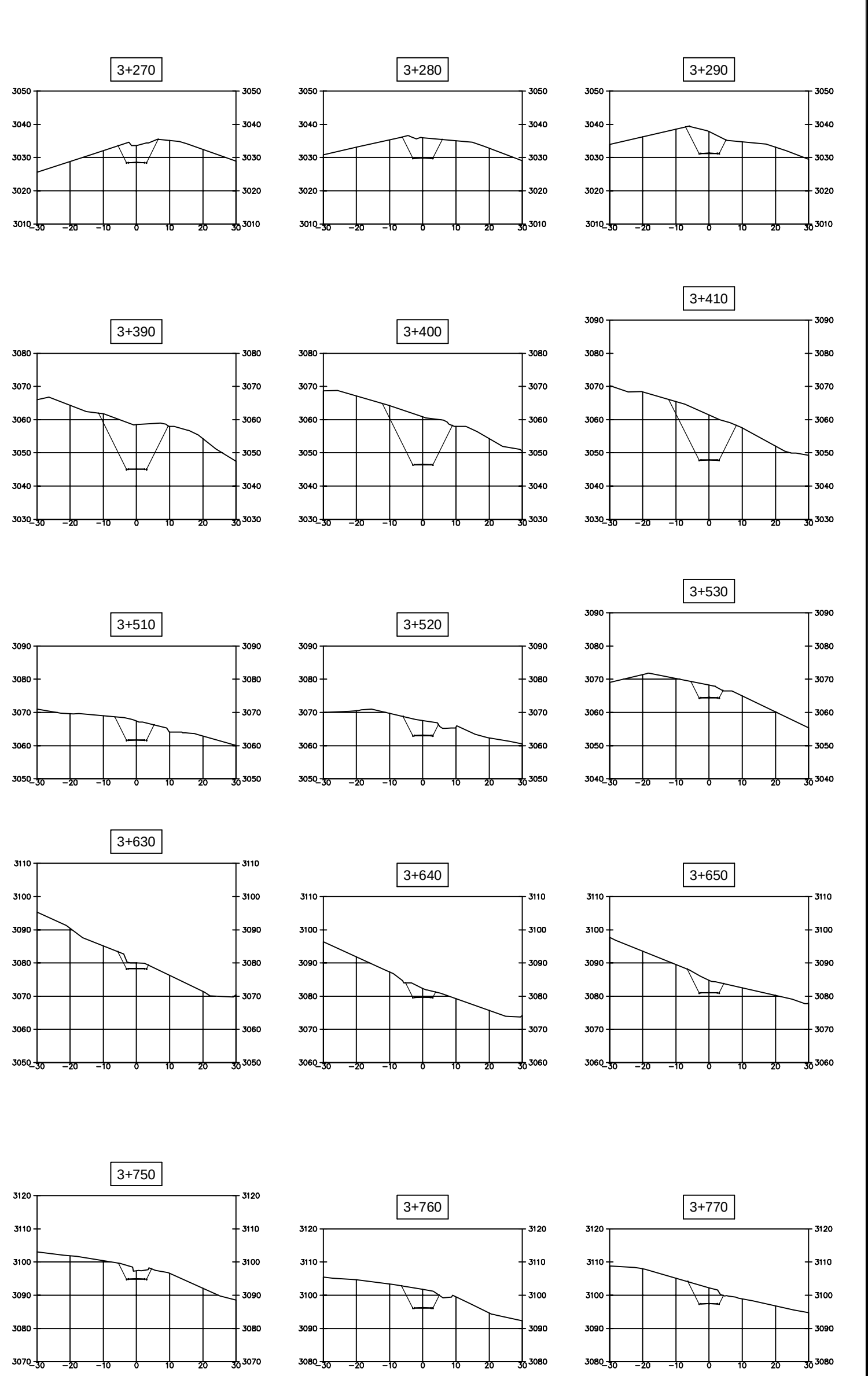
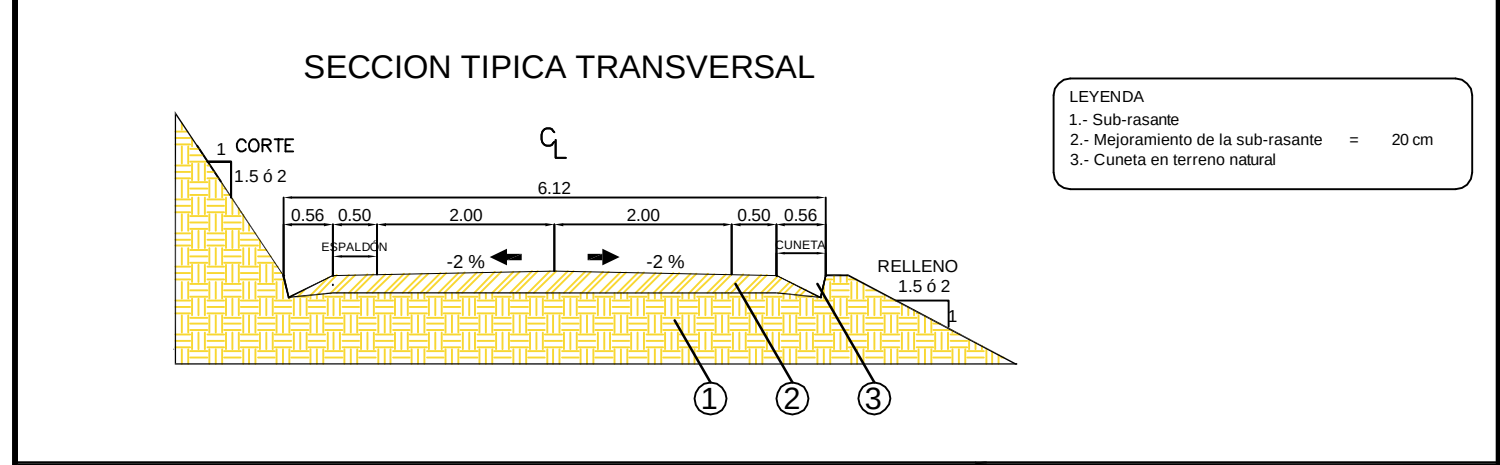
SECCION TIPICA TRANSVERSAL

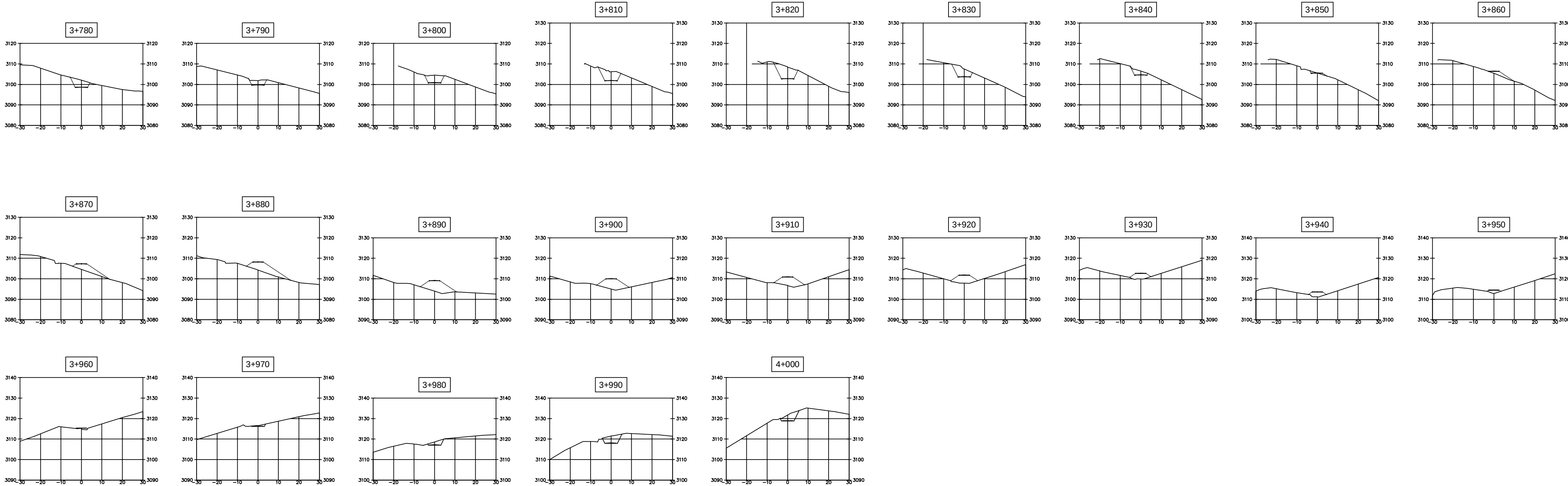


- LEYENDA
- 1 - Sub-rasante
 - 2 - Mejoramiento de la sub-rasante = 20 cm
 - 3 - Cuneta en terreno natural



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA					
ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS					
CONTENIDO:	SECCIONES TRANSVERSALES	TRAMO: 770 m	LONG. TRAMO: 770 m	LAMINA N° 11 DE 13	
CLASE: TIPO V	ESTUDIO: PRELIMINAR	PROVINCIA: LOJA	CANTON: SARAGURO	FECHA: NOVIEMBRE/2016	INDICADOR
DISEÑO				APROBADO	
CINTIA CRUZ CASTILLO				MGR. JULIO GONZALEZ	
TÉCNICO				PROFESOR TITULAR	





UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

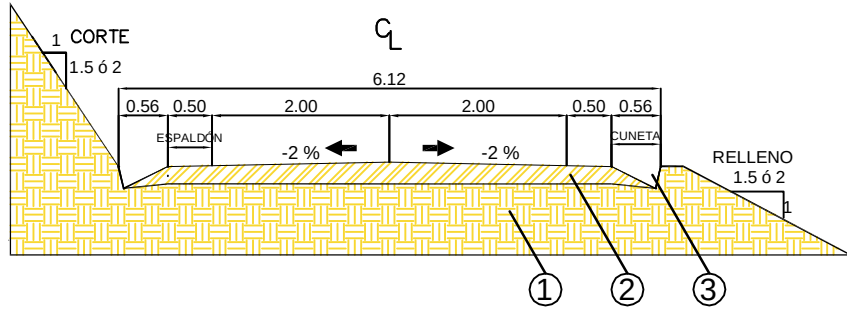
ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

CONTENIDO:		SECCIONES TRANSVERSALES	TRAMO: GÑIL - TRES QUEBRADAS	LONG. TRAMO: 220 m	LAMINA N° 12 DE 13
CLASE: TIPO V	ESTUDIO: PRELIMINAR	PROVINCIA: LOJA	CANTON: SARAGURO	KILOMETRO: 3+780 - 4+000	FECHA: NOVIEMBRE/2016
DISEÑO				APROBADO	INDICADOS

CINTIA CRUZ CASTILLO
TESORERA

MGR. JULIO GONZALEZ
DIRECTOR TESIS

SECCION TIPICA TRANSVERSAL



- LEYENDA
- 1 - Subrasante
 - 2 - Mejoramiento de la sub-rasante = 20 cm
 - 3 - Cuneta en terreno natural

Anexo 13: Planos de alcantarillas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA GAÑIL - TRES QUEBRADAS

CONTENIDO: PLANOS HIDRÁULICOS - ALCANTARILLA Q2			TRAMO: GÑIL - TRES QUEBRADAS		KILÓMETRO: 4+000		13			
CLASE: TIPO V		ESTUDIO: PRELIMINAR	PROVINCIA: LOJA		CANTÓN: SARAGURO		PARROQUIA: PARAISO DE CELÉN		NOVIEMBRE	
							FECHA:		1:25	
							CELEBRAS			

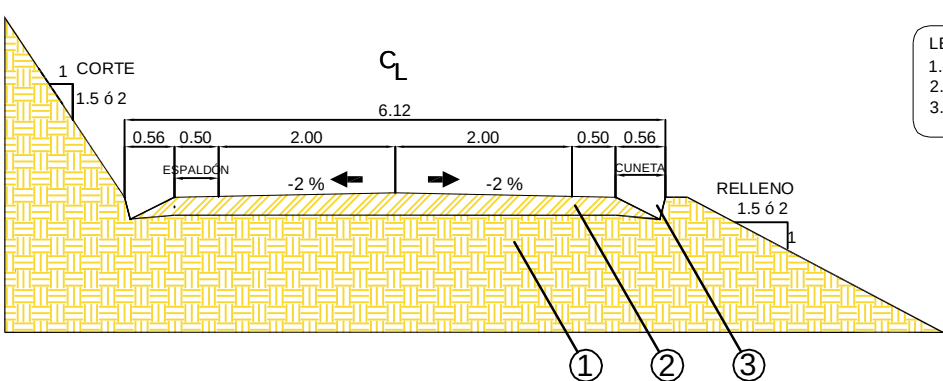
CYNTHIA CRIST CADILLO

INGENIERA

MCP: JULIO GONZALEZ

INGENIERO

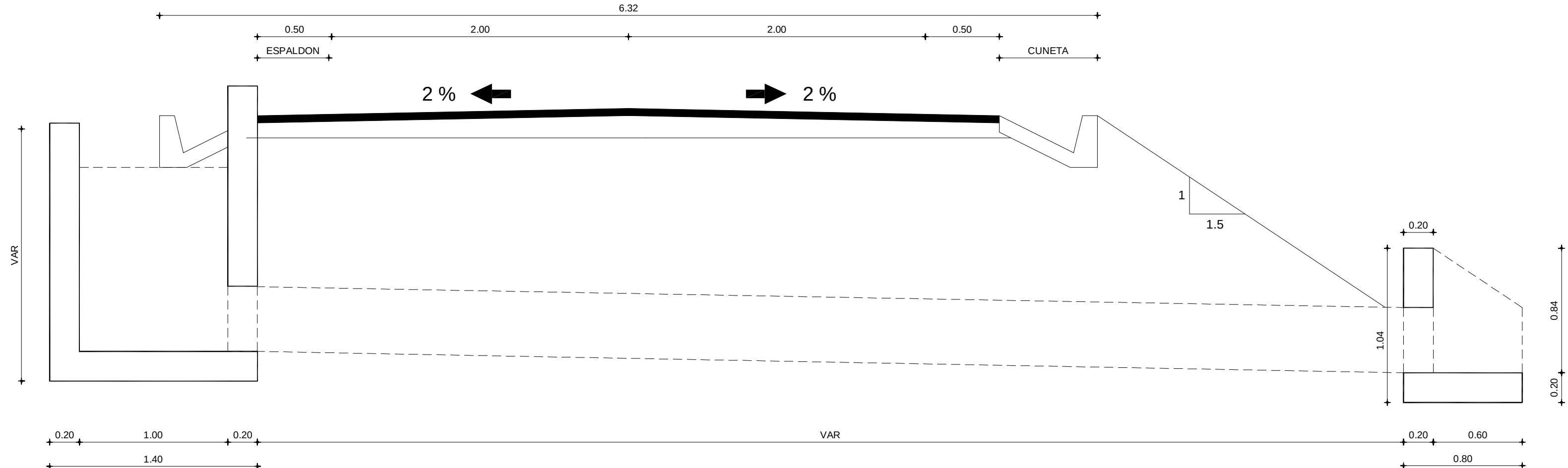
SECCIÓN TÍPICA TRANSVERSAL



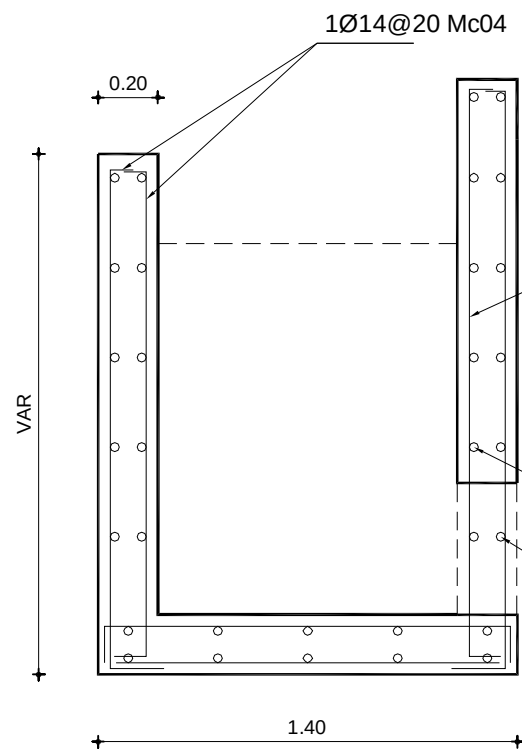
- LEYENDA
- 1- Sub-rasante
 - 2- Mejoramiento de la sub-rasante = 20 cm
 - 3- Cuneta en terreno natural



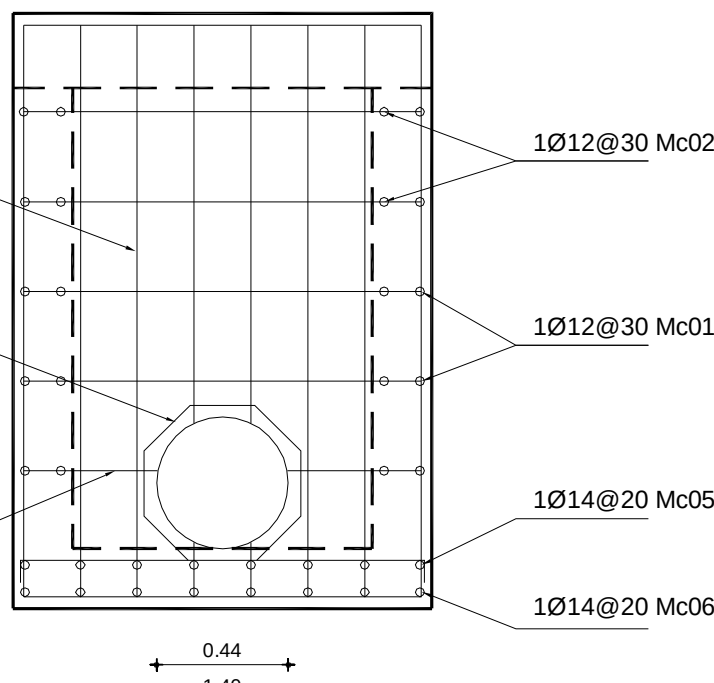
PLANTA
ALCANTARILLA PARA DESAGUE DE CUNETAS
PVC CORRUGADO Ø=440MM
Escala 1:25



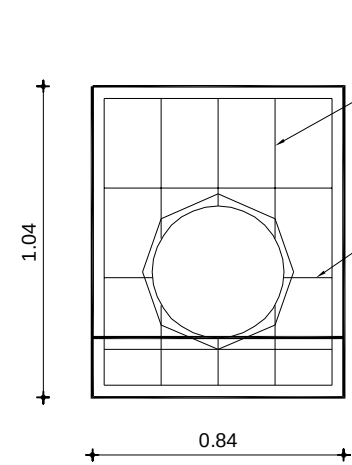
CORTE A-A
ALCANTARILLA PARA DESAGUE DE CUNETAS
PVC CORRUGADO Ø=440MM
Escala 1:25



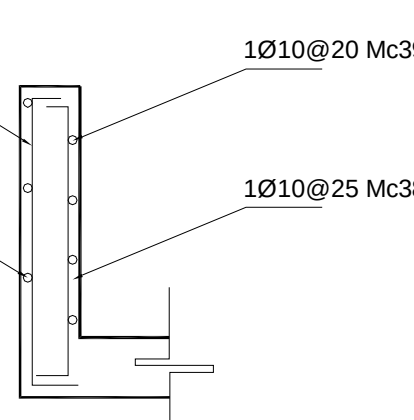
CORTE A-A
ESTRUCTURA DE ENTRADA
Escala 1:25



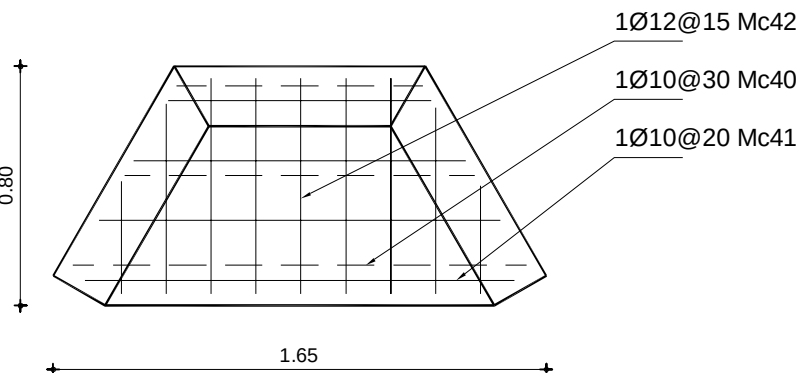
CORTE B-B
ESTRUCTURA DE ENTRADA
Escala 1:25



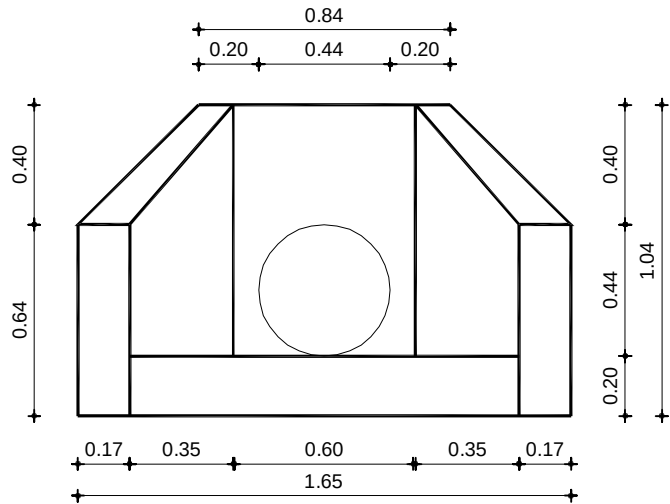
ESTRUCTURA DE ENTRADA Y
SALIDA - CABEZAL
Escala 1:25



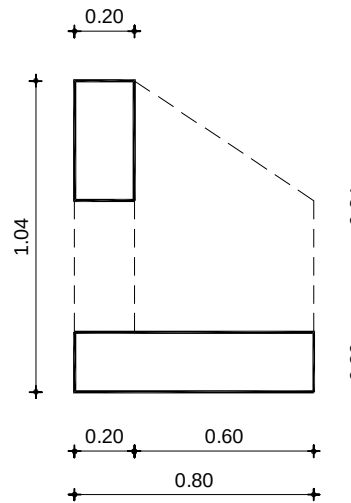
DETALLE DE ARMADO
PARA EL CABEZAL
Escala 1:25



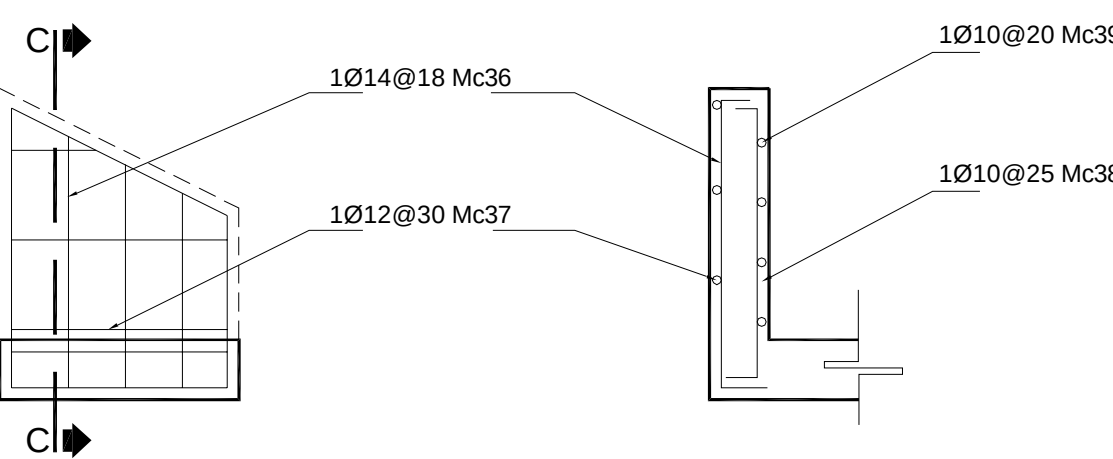
ESTRUCTURA DE SALIDA
PIE DE MURO
Escala 1:25



ESTRUCTURA DE SALIDA
ALCANTARILLA PVC
CORRUGADO Ø=0.44 M
Escala 1:25



CORTE A-A
ESTRUCTURA DE SALIDA
ALETAS
Escala 1:25



ESTRUCTURA DE ENTRADA
Y SALIDA - ALETAS
Escala 1:25

CORTE C-C
Escala 1:25

ESPECIFICACIONES TECNICAS Y CANTIDADES PARA UNA ALCANTARILLA TIPO	
ACERO DE REFUERZO	f'y = 4200 kg/cm ²
HORMIGON SIMPLE	f'c = 210 Kg/cm ²
PESO ACERO DE REFUERZO	281.41 Kg
VOLUMEN DE HORMIGON EN ESTRUCTURA DE ENTRADA	f'c= 210 Kg/cm ² 1.83 M ³
VOLUMEN DE HORMIGON EN ESTRUCTURA DE SALIDA	f'c= 210 Kg/cm ² 0.61 M ³
REPLANTILLO DE HORMIGON SIMPLE	f'c=180 Kg/cm ² 0.15 M ³
ENROCADO	3.00 M ³