



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL DESDE  
LA ABCISA 0+000 A 1+000 EN LA “COMUNIDAD DE CIELO VERDE”, UBICADA  
EN EL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Civil

AUTOR: Marcos Andrés Guamaní Ambuludí

TUTOR: Hugo Patricio Carrión Latorre

Quito – Ecuador

2022

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Marcos Andrés Guamaní Ambuludi con documento de identificación N° 1723488621 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 03 de agosto del 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink that reads "Marcos Guamaní". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

---

Marcos Andrés Guamaní Ambuludi

1723488621

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Marcos Andrés Guamaní Ambuludi con documento de identificación N° 1723488621, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño preliminar para la apertura del Tramo de Vía Rural desde la abscisa 0+000 a 1+000 en la “Comunidad de Cielo Verde”, ubicada en el Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 03 de agosto del 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, reading "Marcos Guamaní", with a horizontal line drawn through it.

---

Marcos Andrés Guamaní Ambuludi

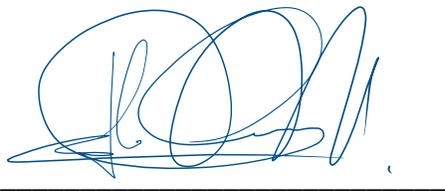
1723488621

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo Hugo Patricio Carrión Latorre con documento de identificación N° 0603015728, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL DESDE LA ABSCISA 0+000 A 1+000 EN LA “COMUNIDAD DE CIELO VERDE”, UBICADA EN EL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA, realizado por Marcos Andrés Guamaní Ambuludí con documento de identificación N° 1723488621, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 03 de agosto del 2022

Atentamente,



Ing. Hugo Patricio Carrión Latorre, MSc.

0603015728

## **DEDICATORIA**

A Dios, por bríndame sabiduría y salud durante todo este tiempo de estudio.

A mi Madre Mónica, por su apoyo incondicional, amor, comprensión, consejos y mucho más que eso, me ayudo a superarme en esta etapa de mi vida.

A mi padre Marco, por jamás dejarme vencer y apoyarme en cada momentos y días críticos que se pasa a veces. ¡Este logro es de ustedes padres amados!

A mis abuelos, por siempre aconsejarme y brindar sus conocimientos de vida, necesario en este tiempo de estudio.

A mis tíos, por su apoyo y consejos para continuar con mis estudios, y en especial a mis tíos Fabian y Gustavo, que me apoyaron en la realización de este proyecto.

A mi hermana, por ser mi compañera en todos los momentos difíciles de esta carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, por permitirme forjarme profesionalmente, y poder cumplir mi sueño de ser un Ingeniero civil, de igual forma agradecer a todos los docentes que conforman la carrera de Ingeniería Civil, los cuales siempre estuvieron dispuestos a cultivar conocimientos tanto morales como técnicos.

Al mi tutor Ing. Hugo Carrión, quien me brindó apoyo y tutela en la elaboración de este proyecto.

## **RESUMEN**

En este proyecto final se describe todo el análisis y cálculos realizados, el levantamiento topográfico fue realizado por el autor. Se obtuvo en función de tráfico la clase de vía y su función. En el diseño horizontal el diseño horizontal se obtuvo 8 curvas simples. En el diseño vertical se cumplió con los valores mínimos del coeficiente K, distancias entre curvas, y se concluyó con 3 curvas verticales. Todos estos cálculos fueron realizados en el software Civil Cad 2020. Se obtiene el tipo de terreno en el cual se va a trabajar y en base a eso se determina los espesores del pavimento flexible. Luego de realizar estas resoluciones se analiza los impactos ambientales, y se determina el presupuesto referencial y cronograma valorado. El análisis económico determinó que el proyecto es viable para su realización.

Palabras clave: Análisis, Levantamiento, Topografía, Software, Flexible

## **ABSTRACT**

In this final project, all the analysis and calculations carried out are described, the topographical survey was carried out by the author. The road class and its function were obtained based on traffic. In the horizontal design the horizontal design was obtained 8 simple curves. In the vertical design, the minimum values of the K coefficient, distances between curves, were met, and it was concluded with 3 vertical curves. All these experiments were carried out in the Civil Cad 2020 software. The type of terrain in which it is going to work is obtained and based on that, the thickness of the flexible pavement is determined. After making these resolutions, the environmental impacts are analyzed, and the reference budget and valued schedule are determined. The economic analysis determines that the project is viable for its realization.

Keywords: Analysis, Survey, Topography, Software, Flexible

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES</b> .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Importancia y alcance .....	1
1.3. Delimitación.....	2
1.4. Justificación .....	3
1.5. Objetivos .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Tráfico.....	5
2.2. Determinación del tpda .....	5
2.3. Tráfico futuro .....	5
2.4. Topografía.....	5
2.5. Curvas de nivel.....	6
2.6. Sistemas de coordenadas UTM.....	6
2.7. Estudio geológico.....	7
2.8. Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico .....	7
2.9. Normas de diseño.....	8
2.10. Velocidad de diseño .....	9
2.11. Alineamiento horizontal.....	9
2.12. Curvas circulares.....	10
2.13. Radio mínimo de curvatura.....	10
2.14. Tangentes .....	11
<b>CAPÍTULO III</b> .....	12
<b>METODOLOGÍA</b> .....	12
3.1. Tipo de investigación .....	12
3.2. Método de investigación .....	12
3.3. Técnica para recolectar información.....	13
3.4. Proceso técnico de ingeniería civil.....	13

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	16
<b>EVALUACIÓN DE RUTAS</b> .....	16
4.1. Ubicación .....	16
4.2. Selección de ruta .....	18
4.3. Evaluación de rutas .....	22
<b>CAPÍTULO V</b> .....	25
<b>ESTUDIO DE TRÁFICO</b> .....	25
5.1. Antecedentes .....	25
5.2. Alcance .....	25
5.3. Estación de conteo .....	25
5.4. Tráfico promedio diario anual (TPDA).....	27
5.5. Proyección del tráfico actual.....	30
5.6. Determinación de la clase de vía de acuerdo al tráfico .....	34
5.7. Cálculo de los ejes equivalentes.....	35
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	40
<b>TOPOGRAFÍA</b> .....	40
6.1. Antecedentes .....	40
6.2. Tipo de terreno .....	40
6.3. Sistema de Coordenadas .....	41
6.4. Ubicación del proyecto .....	42
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	44
<b>ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO</b> .....	44
7.1. Localización del proyecto .....	44
7.2. Riesgos naturales.....	45
7.3. Tectónica y estructura geológica.....	47
7.4. Propiedades físicas de la sub-rasante .....	48
7.5. Análisis de fuentes del material pétreo .....	59
<b>CAPÍTULO VIII</b> .....	67
<b>DISEÑO DE PAVIMENTO</b> .....	67
8.1. Generalidades.....	67
8.2. Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 1993 .....	68
<b>CAPÍTULO IX</b> .....	85
<b>DISEÑO GEOMÉTRICO</b> .....	85

9.1.	Criterios de diseño .....	85
9.2.	Normas de diseño.....	85
9.3.	Sección típica adoptada.....	86
9.4.	Estudios topográficos.....	86
9.5.	Alineamiento horizontal y vertical.....	87
9.6.	Movimiento de tierras .....	89
<b>CAPÍTULO X.....</b>		<b>92</b>
<b>DISEÑO HIDRAULICO.....</b>		<b>92</b>
10.1.	Alcance .....	92
10.2.	Trazado de la cuenca de drenaje .....	92
10.3.	Drenaje longitudinal.....	94
10.4.	Drenaje transversal.....	94
10.5.	Diseño de obras de drenaje .....	94
<b>CAPÍTULO XI.....</b>		<b>110</b>
<b>EVALUACIÓN AMBIENTAL.....</b>		<b>110</b>
11.1.	Antecedentes .....	110
11.2.	Diagnóstico de la situación .....	110
11.3.	Caracterización ambiental.....	111
11.4.	Identificación de impactos ambientales .....	113
11.5.	Plan de manejo ambiental .....	113
11.6.	Costos ambientales.....	115
<b>CAPÍTULO XII .....</b>		<b>116</b>
<b>ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO .....</b>		<b>116</b>
12.1.	Análisis de precios unitarios .....	116
12.2.	Presupuesto de obra .....	116
12.3.	Cronograma valorado de ejecución.....	117
12.4.	Evaluación económica financiero .....	120
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>124</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>126</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>127</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	17
Tabla 2 .....	22
Tabla 3 .....	23
Tabla 4 .....	26
Tabla 5 .....	29
Tabla 6 .....	29
Tabla 7 .....	31
Tabla 8 .....	32
Tabla 9 .....	33
Tabla 10 .....	34
Tabla 11 .....	35
Tabla 12 .....	36
Tabla 13 .....	37
Tabla 14 .....	37
Tabla 15 .....	38
Tabla 16 .....	38
Tabla 17 .....	39
Tabla 18 .....	43
Tabla 19 .....	49
Tabla 20 .....	49
Tabla 21 .....	55
Tabla 22 .....	58
Tabla 23 .....	58
Tabla 24 .....	60
Tabla 25 .....	62
Tabla 26 .....	62
Tabla 27 .....	63
Tabla 28 .....	64
Tabla 29 .....	65
Tabla 30 .....	82

Tabla 31 .....	83
Tabla 32 .....	88
Tabla 33 .....	88
Tabla 34 .....	90
Tabla 35 .....	102
Tabla 36 .....	106
Tabla 37 .....	109
Tabla 38 .....	114
Tabla 39 .....	114
Tabla 40 .....	114
Tabla 41 .....	115
Tabla 42 .....	115
Tabla 43 .....	117
Tabla 44 .....	119
Tabla 45 .....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	2
Figura 2 .....	7
Figura 3 .....	8
Figura 4 .....	16
Figura 5 .....	17
Figura 6 .....	17
Figura 11 .....	26
Figura 12 .....	42
Figura 13 .....	43
Figura 12 .....	44
Figura 13 .....	45
Figura 14 .....	46
Figura 15 .....	47
Figura 16 .....	48
Figura 17 .....	50
Figura 18 .....	54
Figura 19 .....	56
Figura 20 .....	57
Figura 21 .....	61
Figura 22 .....	63
Figura 23 .....	65
Figura 24 .....	68
Figura 25 .....	70
Figura 26 .....	71
Figura 27 .....	71
Figura 28 .....	72
Figura 29 .....	73
Figura 30 .....	74
Figura 31 .....	76
Figura 32 .....	78

Figura 33 .....	79
Figura 34 .....	80
Figura 35 .....	81
Figura 36 .....	83
Figura 37 .....	83
Figura 38 .....	85
Figura 39 .....	86
Figura 40 .....	91
Figura 41 .....	93
Figura 42 .....	95
Figura 43 .....	95
Figura 44 .....	97
Figura 45 .....	98
Figura 46 .....	101
Figura 47 .....	101
Figura 48 .....	102
Figura 49 .....	103
Figura 50 .....	104
Figura 51 .....	104
Figura 52 .....	107
Figura 54 .....	108
Figura 55 .....	111
Figura 56 .....	112

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes

Existe el proyecto “Apertura y rectificación de la Carretera Sahuangal - Las Golondrinas de 64.02 km”, que unirá varias comunidades en el sector de Intag, ubicado en la provincia de Imbabura, que inicia desde la comunidad de Magdalena y termina en Las Golondrinas. Este proyecto tiene el objetivo de facilitar a los ciudadanos de Imbabura trasladarse de una manera más óptima y conveniente a la costa del país, ya que antes debían transportarse ya sea por Esmeraldas o bien por la Pichincha.

Lo interesante de este proyecto vial es que pasa por zonas donde se podrá observar espacios naturales no descubiertos, solo los residentes de las comunidades aledañas son los privilegiados. Por tal motivo, esta investigación tiene la finalidad de hacer el estudio y diseño preliminar para la apertura de un tramo de vía desde la abscisa 0+000 al 1+000 ubicada a 3 km de la comunidad Cielo Verde. Al final de este tramo podremos llegar a un mirador donde se podrá observar la unión de dos ríos imponentes de la zona como son el río Guayllabamba y Manduriacu.

### 1.2. Importancia y alcance

Es importante resaltar que, con la construcción de nuevas vías en el país, se abren a los turistas nuevos lugares y oportunidades para explorarlos, ayudando a promover y fomentar el bienestar y desarrollo integral de los comuneros de la zona. Este proyecto no solamente busca crear una vía de acceso, si no también, promover una atracción que en un futuro logre ser el destino preferido por los turistas. Actualmente el proyecto principal se encuentra en ejecución y al final

de este, se espera un aumento en el tráfico por esta vía, por tal motivo una atracción turística en todo este tramo vial mejorará la calidad socioeconómica de comuneros residentes en el sector.

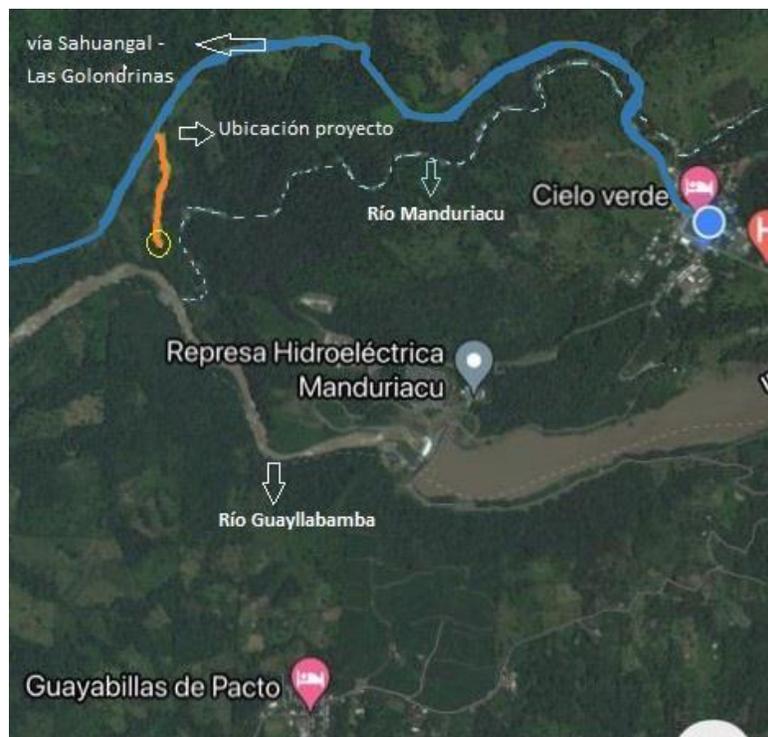
### 1.3. Delimitación

La comunidad “Cielo Verde” pertenece a la parroquia Cotacachi, ubicada en la provincia de Imbabura.

El proyecto consta de un tramo de vía el cual estará ubicado a 3 km de la comunidad mencionada.

#### Figura 1

*Ubicación del proyecto - S/E*



*Nota.* Localización del proyecto en estudio, cercano a la comunidad Cielo Verde, Cotacachi, Imbabura. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth (2022)

#### **1.4. Justificación**

El progreso de comunidades en el sector de Intag se basa en la producción de plátano, yuca, guanábana, tilapia y pitahaya. Pero con el pasar del tiempo se prevé tener una sobreproducción lo cual afectara a muchos comuneros de la zona, por tal motivo el dueño del terreno a estudiar ha gestionado la ejecución de esta obra calificada, como prioritaria para que, turistas lleguen a sus predios y generar nuevos ingresos y no depender de la agricultura solamente. Pero además de considerar que la construcción de este tramo vial brindara acceso a nuevos servicios básicos y facilidades de transportar los productos, ya que antes debían ser embarcados y trasladados en lomo de caballo.

Lo fundamental es entregar un diseño óptimo de vía, con periodos de vida útil que cumplan con normas y especificaciones, logrando una mejor movilidad y circulación durante este tiempo, sin causar inconvenientes a los usuarios.

#### **1.5. Objetivos**

Este proyecto se enfocará en generar una entrada vial a un espacio único en la zona, por este motivo se generará la visita de turistas, generando nuevos ingresos económicos en el sector.

Se espera que con la finalización de esta obra beneficie específicamente al dueño del terreno, y además a la comunidad aledaña la cual es Cielo verde.

##### **1.5.1. Objetivo general**

Diseñar la apertura del tramo de vía desde la abscisa 0+000 a 1+000 en la “comunidad de Cielo verde”, ubicada en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, mediante un análisis de estudios en campo, con el fin de contar con un proyecto técnicamente realizable, logrando de esta manera, mejorar la condición socioeconómica de los habitantes del sector.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Realizar el estudio topográfico de la zona de influencia, mediante el uso de la estación total R15, para obtener información detallada.

Realizar el estudio de tránsito con base en el año 2022 mediante conteos manuales, con el fin de determinar las proyecciones a 10 y 20 años.

Realizar el diseño geométrico horizontal y vertical del proyecto mediante el software CIVIL 3D, con el fin de cumplir las normas ecuatorianas vigentes.

Realizar estudio de suelos mediante la extracción de muestras para poder realizar el diseño estructural del pavimento.

Realizar el análisis y diseño hidráulico de obras de drenaje que se requieren para su buen funcionamiento vial, por la alta pluviosidad que existe en la zona de influencia.

Determinar una evaluación de impactos ambientales y seguridad, para precautelar la integridad de los usuarios y accidentes de tránsito.

Realizar una evaluación financiera del proyecto, mediante el análisis del V.AN y el T.I.R con el fin de establecer la viabilidad de este diseño.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Tráfico**

Para el diseño de un tramo de vía se utiliza datos sobre el tráfico, para compararlo con la capacidad o el volumen máximo de vehículos que soportara este tramo vial.

El tráfico, en consecuencia, determina el daño que este puede lograr directamente con las características del diseño geométrico.

#### **2.2. Determinación del tpda**

La unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual cuya abreviación es el TPDA.

Para determinar el TPDA, debemos analizar los movimientos que se producen en la vía, para lo que necesitamos de un conteo vehicular en un determinado periodo de tiempo. Se lo realiza mediante observaciones de campo que permiten conocer el tráfico existente. (ORTEGA, 2014, pág. 24)

#### **2.3. Tráfico futuro**

Representa el tráfico que se generará en un futuro, y se define de la siguiente manera:

Se basa en la predicción de vehículos de 15 o 20 años y el crecimiento normal del tráfico. Su uso es para la clasificación de las carreteras, además influye para determinar la velocidad de diseño y demás datos geométricos del proyecto (MTOP, 2003)

#### **2.4. Topografía**

Para realizar los diseños geométricos de la vía, se necesitará información topográfica la misma conlleva lo siguiente:

Es un factor principal de la localización física de la vía, afecta el alineamiento horizontal, pendientes, distancia de visibilidad y secciones transversales. (Castillo, 2017)

Según la norma (MTO, 2003), al establecer las características geométricas de una vía, se lo hace en función de las características topográficas del terreno: llano, ondulado y montañoso.

## **2.5. Curvas de nivel**

Es el resultado de la intersección del terreno con una serie de planos horizontales y equidistantes. Esta intersección genera una serie de líneas planas, generalmente curvas.

Todos los puntos pertenecientes a una de estas curvas tienen la misma cota, ya que han sido generadas por intersección con un plano horizontal, que por definición tiene una cota constante. Las curvas de nivel también reciben el nombre de isohipsas. (León-Bonillo, 2016)

## **2.6. Sistemas de coordenadas UTM**

Es importante este concepto, ya que servirá de referencia para obtener los puntos topográficos del terreno, entonces se tiene al sistema de coordenadas como:

Las magnitudes en el sistema UTM se expresan únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia. Esta proyección conserva los ángulos y casi no distorsiona las formas, pero inevitablemente si lo hace con distancias y áreas. El sistema UTM implica el uso de escalas no lineales para las coordenadas X e Y (Longitud y latitud geográficas) para asegurar que el mapa proyectado resulte conforme. (Sayago, 2008)

## 2.7. Estudio geológico

Mediante el estudio geológico, se puede determinar las características físicas del terreno donde se va a trabajar, por esta razón al estudio geológico lo determina de la siguiente manera:

Son de importancia en el diseño vial ya que inciden directamente en la localización de rutas y dimensionamientos de los diferentes parámetros de diseño y en la identificación de posibles problemas relacionados con el drenaje, la expansión de suelos, fallas geológicas en la estabilidad de los taludes del terreno, etc. Y para lo cual se darán las recomendaciones de las posibles soluciones más adecuadas desde el punto de vista técnico y económico (MTO, 2003)

## 2.8. Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico

Para el diseño de carreteras en el país, se recomienda la clasificación en función del pronóstico de tráfico para un periodo de 15 o 20 años (MTO, 2003)

### Figura 2

*Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado*

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

\* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

*Nota.* Normas de diseño geométrico de carreteras 2003. Fuente: MTO (2003)

## 2.9. Normas de diseño

Para este proyecto técnico se utilizarán básicamente las normas que constan en el Manual de carreteras MTOP.

**Figura 3**

*Normas de diseño geométrico de carreteras*

	República del Ecuador MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS												VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN																		
	<b>NORMAS</b>		CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE III 300 – 1 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE IV 100 – 300 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE V MENOS DE 100 TPDA <sup>(1)</sup>				
	RECOMENDABLE		ABSOLUTA		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA						
Velocidad de diseño (K.P.H.)	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M				
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 <sup>(2)</sup>	
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25	
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110	
Peralte	MÁXIMO = 10%																														
Coefficiente "K" para: <sup>(2)</sup>	10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2	
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	
Gradiente longitudinal <sup>(3)</sup> máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14	
Gradiente longitudinal <sup>(4)</sup> mínima (%)	0,5%																														
Ancho de pavimento (m)	7,3						7,0						6,70						6,00						6,00						
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado						
Ancho de espaldones <sup>(5)</sup> estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---						
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0						
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 <sup>(6)</sup> - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---						
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																														
Puentes	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																														
Carga de diseño	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																														
Ancho de la calzada (m)	0,50 m mínimo a cada lado																														
Ancho de Aceras <sup>(7)</sup>	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																														
Mínimo derecho de vía (m)	LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																														

- El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 – 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno – Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- Longitud de las curvas verticales:  $L = K A$ , en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales:  $L_{\min} = 0,60 V$ , en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- En longitudes cortas menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
- Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsese dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
- Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar  $V_0 = 20$  Km/h y  $R = 15$  m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

**NOTA:** Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

*Nota.* Normas de diseño geométrico de carreteras 2003 del MTOP.

Las normas de diseño se enfocan en los siguientes elementos

- Valores de diseño (velocidad, radios mínimos, pendientes longitudinales, pendientes transversales, etc.)
- Alineamiento Horizontal
- Alineamiento vertical

## **2.10. Velocidad de diseño**

Es aquella velocidad seleccionada para el diseño de la vía, la cual se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, tratando de que este valor sea el máximo permisible que trabaje con la seguridad vial.

Con esta velocidad podremos conocer algunos cálculos elementales para el diseño geométrico de la vía, para su alineamiento horizontal y vertical.

Debemos tomar en cuenta para determinar la velocidad de diseño los siguientes factores:

- Orden de vía
- Tipo de terreno
- Volumen de tráfico

## **2.11. Alineamiento horizontal**

Constituye la proyección de la vía sobre un plano horizontal, las cuales están compuestas por las tangentes y curvas ya sean circulares o de transición. La proyección de vía en tramos rectos, define la tangente y la concatenación de dos tangentes consecutivas de rumbos diferentes se procede por medio de una curva.

Para definir un alineamiento horizontal debemos tener en cuenta que depende de:

- La topografía
- Características hidrológicas
- Condiciones de drenaje
- Características técnicas de la subrasante
- Potencial de los materiales locales

## 2.12. Curvas circulares

Son utilizadas para unir dos tangentes consecutivas y estas pueden ser simples o compuestas. Dependen de dos elementos característicos:

### 2.4.1. Grado de curvatura

Este valor permite circular con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño.

### 2.4.2. Radio de curvatura

Es el radio de curva circular y está en función del grado de curvatura.

$$G_c = \frac{1145.92}{R}$$

$$R = \frac{1145.92}{G_c}$$

*Donde:*

$G_c$  : Grado de curvatura

$R$  : Radio de curvatura

## 2.13. Radio mínimo de curvatura

Representa el valor más bajo que permite la circulación con seguridad a una velocidad de diseño que estará en función del máximo peralte asumido y el coeficiente de fricción lateral. Por tal motivo este valor es importante en el diseño del alineamiento, el radio mínimo puede calcularse con la siguiente fórmula.

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde:

R = Radio mínimo de curvatura horizontal (m)

$V$  = velocidad de diseño (Km/h)

$F$  = coeficiente de fricción lateral

$e$  = peralte de la curva (m/m, metro por ancho de la calzada)

Es importante resaltar que para establecer el radio mínimo se debe tener en cuenta ciertos criterios como cuando la topografía del terreno es montañosa, en las aproximaciones a los cruces de accidentes orográficos e hidrográficos, en intersecciones entre caminos entre sí y en vidas urbanas.

#### **2.14. Tangentes**

Este valor representa la distancia que hay entre curvas y se lo define a continuación:

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de dos tangentes se la llama PI y el ángulo formado entre las mismas se define como alfa  $\alpha$ . Las tangentes demasiado largas no son recomendables, pues producen en el conductor sueño y esto puede ser el origen de varios accidentes, en lugar de esto es recomendable diseñar tramos curvos de mayor dimensión (MTOP, 2003)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Para realizar este trabajo de titulación se realizará la investigación de campo. Según el autor Santa Paella y Filiberto Martins (2010):

La investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables, el investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (pág. 114)

Este tipo de investigación será muy importante en este proyecto, ya que, ayudará a recolectar los datos mediante levantamiento topográfico, recolección de muestras in situ, para posteriormente realizar los respectivos diseños planteados.

#### **3.2. Método de investigación**

##### **3.2.1. Método descriptivo**

Para establecer el método descriptivo se optará por lo que Según Fideas Arias (2006):

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (pág. 58)

Con este método se tomará como base para captar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos que llegan afectar un correcto desarrollo de variables necesarios en este proyecto.

### **3.2.2. Método analítico**

Este método según Herrera Vázquez (2010) consiste: “En la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarles y examinarlas por separado, para ver, por ejemplo, las relaciones entre estas” (pág. 63). Para este caso se referirán a los resultados que se obtendrán en los estudios de campo y de laboratorio que mediante el análisis permitirá ampliar los detalles del lugar de estudio, para la obtención de un correcto diseño vial.

### **3.3. Técnica para recolectar información**

Este proyecto tendrá una fase de obtención de datos. Será una investigación en campo, por lo que se necesita la recolección de datos, que se los obtendrá mediante un levantamiento topográfico lo cual nos permitirá tener información real del espacio a desarrollar este proyecto, además se recolectará muestras in situ para posteriormente llevar cuidadosamente sin alterar las muestras al laboratorio y realizar los respectivos ensayos necesarios para un correcto diseño vial, el estudio de tráfico será necesario para varios parámetros necesarios en el diseño, este se lo realizará mediante conteo manual tanto al inicio y al final del proyecto.

### **3.4. Proceso técnico de ingeniería civil**

#### **3.4.1. Estudios previos**

Para realizar el presente proyecto, se iniciará con investigaciones previas del sector, buscando información en el GAD parroquial de Cotacachi, que van a facilitar los estudios existentes, que sean pertinentes para el desarrollo del presente trabajo.

#### **3.4.2. Obtención datos de campo**

Para un correcto diseño vial será necesario realizar un levantamiento topográfico del sector a ser evaluado donde obtendremos datos de planimetría y altimetría, para después realizar estudio de tráfico, donde se realizará conteos manuales que se llevará a cabo la cuantificación y

clasificación del flujo vehicular existentes en la vía de estudio, mediante un formulario detallado específico para el proyecto.

Posterior, se realizarán estudios geológicos, para lo que se necesitará recolectar muestras in situ las cuales deberán ser etiquetadas y transportadas al laboratorio sin alterar su estado natural, para luego realizar los ensayos necesarios para determinar valores de CBR y su respectiva clasificación SUCS Y AASHTO, estos parámetros son necesarios para el diseño estructural del pavimento.

### **3.4.3. Trabajo de gabinete**

Luego de obtener los datos y parámetros necesarios, posteriormente se realizará el diseño de pavimento, con el objetivo de encontrar el espesor de cada una de las capas que conformaran la superficie de rodamiento, cumpliendo una correcta distribución y transmisión de cargas vehiculares.

Luego se procederá con el diseño geométrico el cual está conformado por el conjunto de 2 alineamientos: horizontal y vertical. Este diseño debe garantizar el cumplimiento de Normas Ecuatorianas vigentes, para este caso será MOP 2003. Luego de estos diseños se obtendrán los perfiles que pueden ser de corte, terraplén o distintas combinaciones entre ellos, las cuales están compuestas de dos partes: terreno y rasante, para así poder obtener un diagrama de masas.

A continuación, se procederá con el diseño hidráulico la cual se necesitará información hidrológica del sector, como es la intensidad de precipitación para un periodo de retorno, la intensidad de lluvias (curvas i-d-f), coeficiente de escorrentía; con esta información se determinará los caudales para posterior realizar los diseños de cunetas y alcantarillas.

### **3.4.4. Análisis ambiental y económico**

Como una parte importante de este proyecto se tomará en cuenta el estudio de impacto ambiental, con la finalidad de disipar cada uno de los efectos que conlleva la ejecución del proyecto vial, evaluando el área posiblemente afectada y así disponer con un diagnóstico ambiental.

Posteriormente se realizará un análisis de costos y presupuestos, esto permite determinar la viabilidad del proyecto tomando en cuenta los egresos como beneficios a futuro de la obra. Además, se analizará contar con un mantenimiento vial en periodos a mediano plazo con la finalidad de mantener la condición inicial del proyecto.

# CAPÍTULO IV

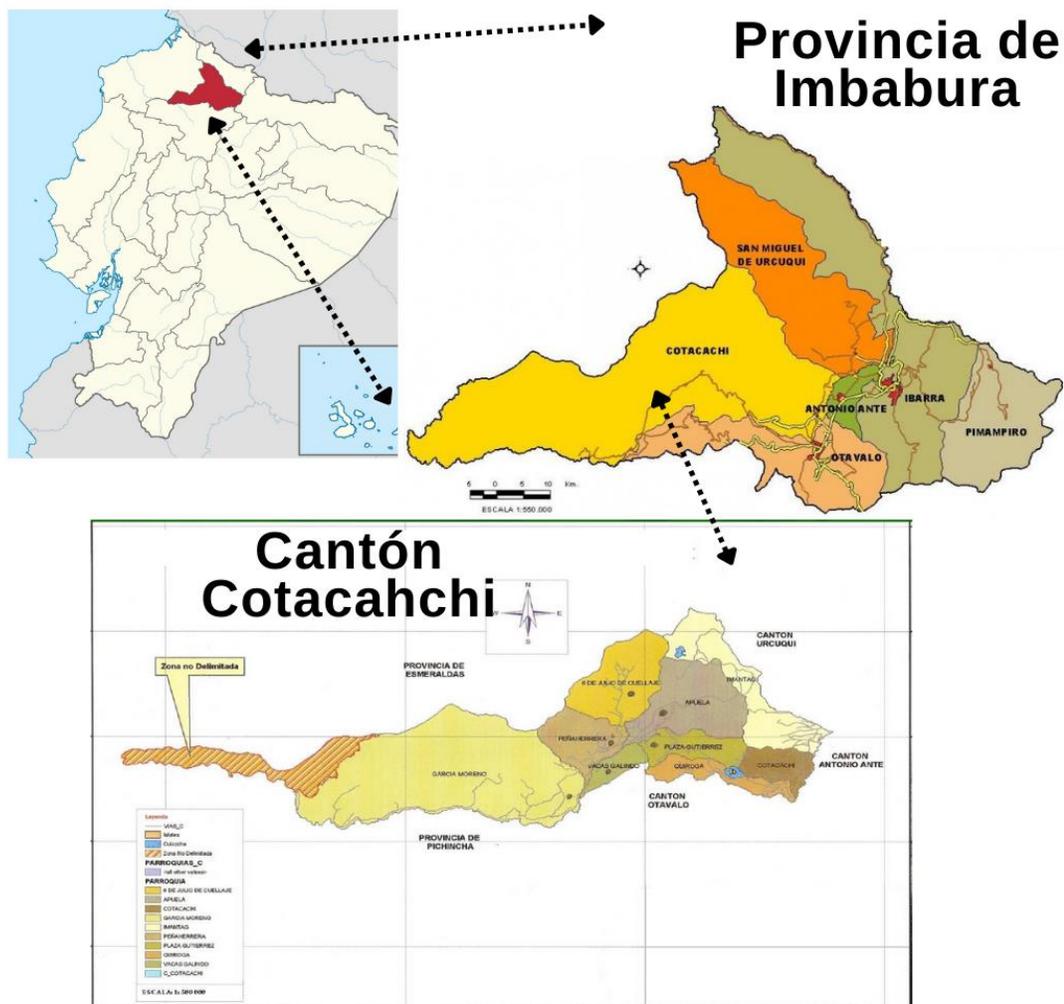
## EVALUACIÓN DE RUTAS

### 4.1. Ubicación

El proyecto está ubicado en el cantón Cotacachi, provincia de Pichincha, entre los sectores de la Comunidad Cielo Verde y el Tortugo.

**Figura 4**

Ubicación - S/E



*Nota.* Ubicación geográfica del proyecto. Elaborado por: El autor, a través de Plan de desarrollo territorial del cantón Cotacachi (2015)

**Figura 5**

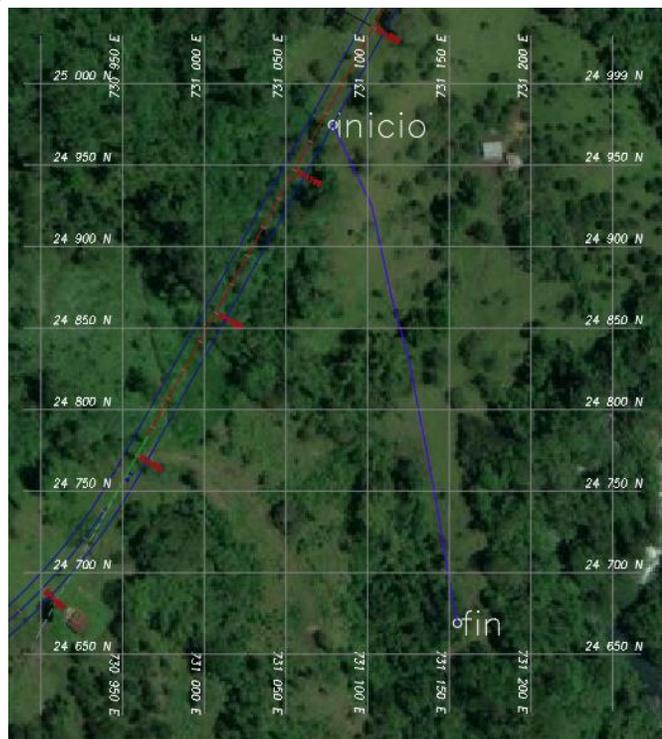
*Ubicación de proyecto – S/E*



Elaborado por: El autor, a través de Google Earth (2022)

**Figura 6**

*Georreferencia del proyecto – S/E*



Elaborado por: El autor, a través de Google Earth (2022)

**Tabla 1**

*Coordenadas de la ubicación del proyecto – UTM Zona 17 N*

<b>SECTOR</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>ALTITUD</b>
<b>INICIO</b>	24987.95	731074.76	547 m
<b>FIN</b>	24663.04	731058.54	509 m

Elaborado por: El autor

## **4.2. Selección de ruta**

Para realizar la selección de ruta se debe tener en cuenta lo siguiente:

La selección de ruta engloba todo el proceso preliminar de recogida de información de datos, estudio de planos, reconocimiento y localización de las poligonales de estudio. Del análisis y evaluación de las diferentes rutas posibles, surgirá las de mejores cualidades y sobre la cual se realizarán los estudios detallados que conducen al proyecto (UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, 2010)

### **4.2.1. Recolección de información en cartas topográficas**

En cuestión de la recolección de información se considera:

La generación de base de datos cartográficos para el proyecto del trazado de una obra lineal pretende llevar a cabo todos los procesos necesarios para obtener la base de datos cartográficos con el fin de su explotación numérica a través de un software de ingeniería civil (UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, 2010)

Se obtuvo la carta topográfica RIO GUAYLLABAMBA a escala 1:50000 y mediante procesos digitales se exporto los datos al software Civil Cad 2020, para escoger entre dos rutas a la que mejor se ajuste a los requerimientos de seguridad, costo y estética.

### **4.2.2. Línea de pendientes o línea de ceros**

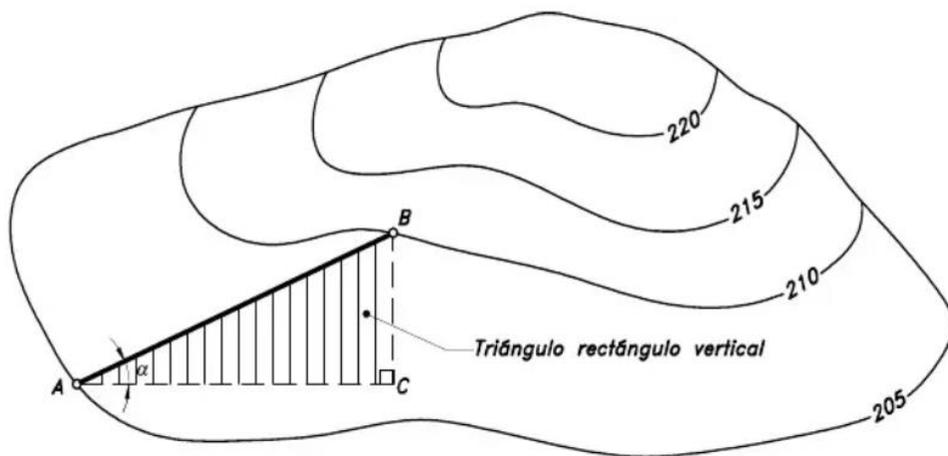
Se consideró una pendiente mínima de 10% con curvas de nivel cada 25m las principales y cada 5m las secundarias.

La línea de pendiente es aquella que va a ras del terreno natural, y que pasa por los puntos obligados del terreno, conservando la pendiente uniforme especificada. Si la línea de ceros coincide con el eje de la vía, significaría un mínimo movimiento de tierras por lo que el trazado resultara más económico. (Grisales, 2002)

Para el trazo de la línea de ceros se desarrollaron los cálculos que en encuentran en las tablas de la sección de Anexo A

### Figura 6

*Trazo de línea de pendientes o línea de ceros*



Fuente: (Grisales, 2002)

Con las curvas de nivel cada 5m, como muestra el gráfico de ejemplo, se aplicó la siguiente fórmula:

$$AC = \frac{BC}{\tan(\alpha)}$$

$$a = \frac{\text{Equidistancia de las curvas de nivel}}{p}$$

Donde:

Equidistancia de las curvas de nivel: 5m

a = Abertura de compás

p = Pendiente uniforme impuesta: 10%

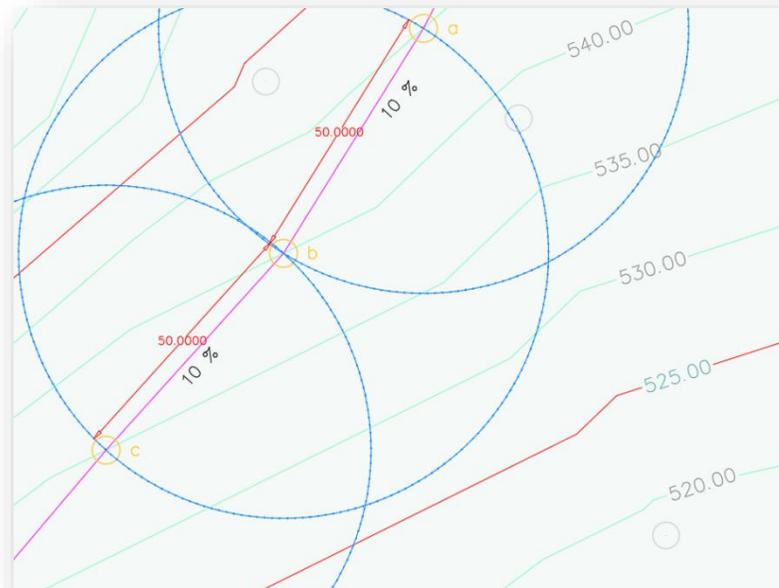
Entonces:

$$a = \frac{5m}{0.1} = 50 m \text{ (apertura de compás)}$$

Para el caso de este Proyecto, se realizó en un archivo digital DWG en AutoCAD Civil 3D 2020. Con el dato de apertura de compas se realizó círculos sucesivos con radio de 50 m para pendientes de 10%.

### Figura 7

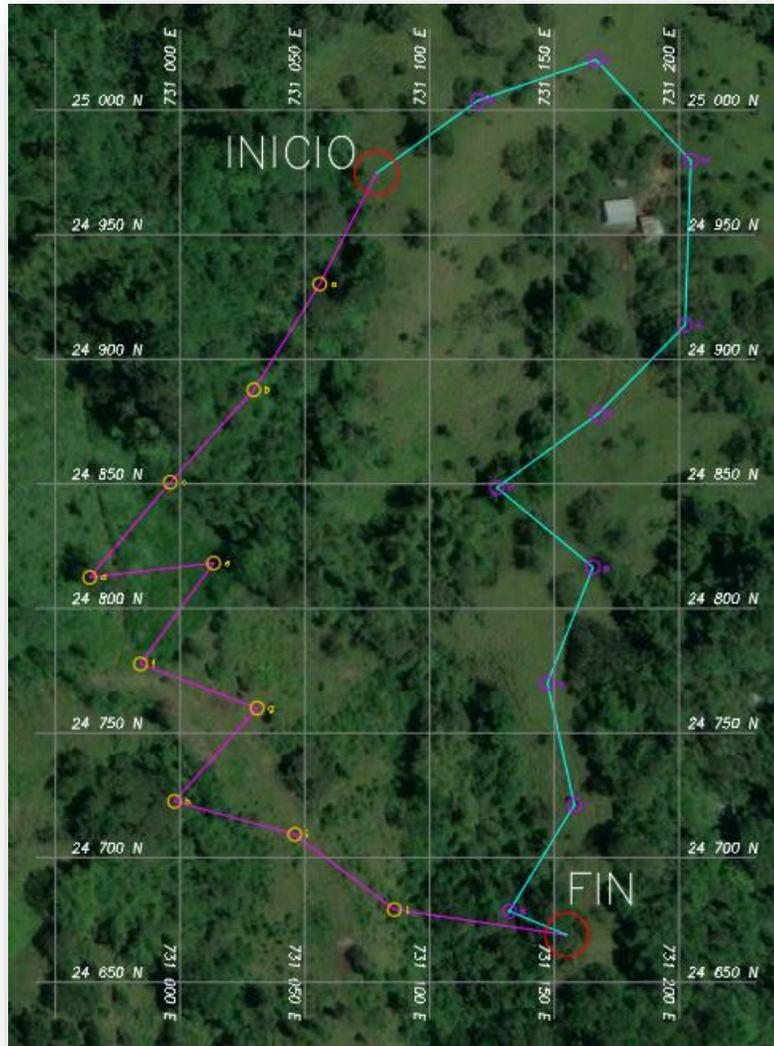
*Trazo de línea de ceros*



Nota. Cálculo del trazo de rutas alternas. Elaborado por: El autor

**Figura 8**

*Rutas*



*Nota.* Rutas 1 y ruta 2, alternas. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth (2022)

### 4.3. Evaluación de rutas

#### 4.3.1. Método de Bruce

A partir del método de Bruce, basado en el concepto de longitud virtual que compara cada ruta, sus longitudes, sus pendientes y sus desniveles tomando en cuenta el aumento de longitud correspondiente al esfuerzo de tracción en las pendientes, se expresa de la siguiente manera: (Grisales, 2002)

$$Lv = Lr + k\Sigma y$$

Donde:

Lv: Longitud resistente (m)

Lr: Longitud real total de la ruta (m)

K: Inverso del coeficiente de tracción

$\Sigma y$ : Sumatoria de las diferencias del nivel ascendente (m)

#### Tabla 2

*Valores de K para los distintos tipos de superficie de rodadura*

<b>Superficie de rodadura</b>	<b>K</b>
Carretera en tierra	21
Macadam	32
Pavimento asfáltico	35
Pavimento Rígido	44

Fuente: (James Cárdenas Grisales, 2004. Pág. 131)

La siguiente tabla se representan las rutas con sus abscisas y cotas:

**Tabla 3**

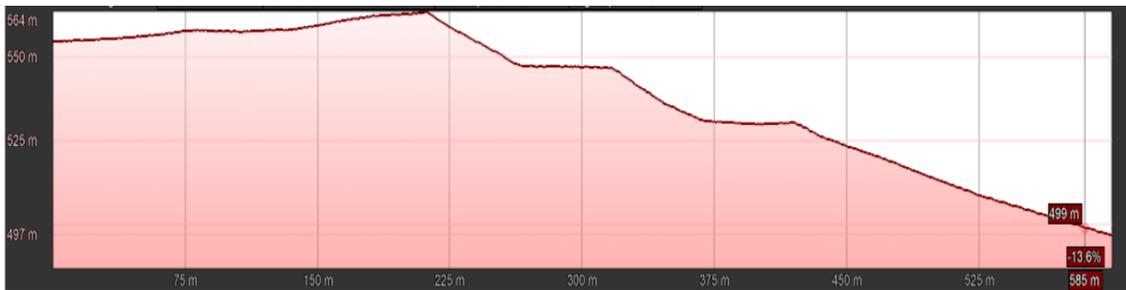
*Cálculo de la longitud resistente*

RUTA	$\Sigma y$ : Sumatoria de las diferencias de nivel descendente	K: Inverso del coeficiente de tracción	Lr: Longitud real total de la ruta (m)	Lv: Longitud resistente (m) $L_v = L_r + k \Sigma y$
Ruta 1	5+5+5+5+5+5+5+5+5+3= 53	21	km 0+570	1683
Ruta 2	5+5+5+5+5+5+5+5+5+3= 53	21	km 0+546	1659

Elaborado por: El autor

**Figura 9**

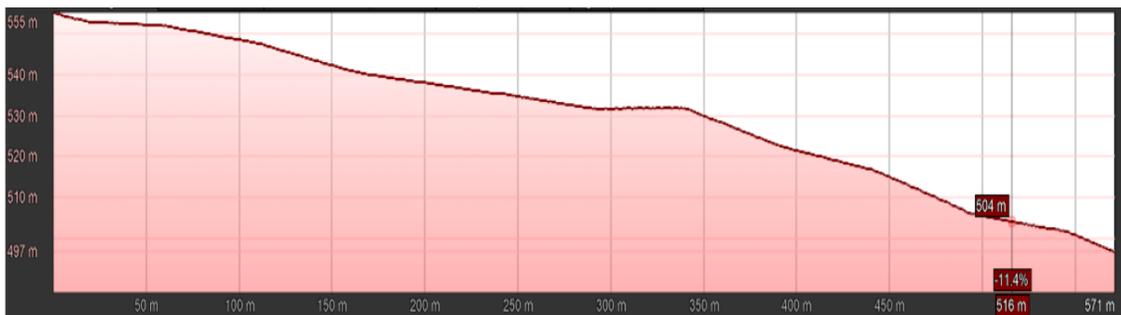
*Perfil de elevación – Ruta 1*



Nota. Se puede observar una pendiente altamente ondulada, Elaborado por: El autor, a través de Google Earth (2022)

**Figura 10**

*Perfil de elevación – Ruta 2*



Nota. Se observa una pendiente uniforme. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth (2022)

Según este método de selección, la Ruta 2 sería la más conveniente a realizar, pero debemos considerar muchos más factores que podrían cambiar la elección hacia otra alternativa, como son

los perfiles de elevación, pero estos además afirman lo anteriormente mencionado, por su estética y pendientes reafirman lo del método de Bruce.

Pero además “la mejor ruta a elegir será la que este dentro de los parámetros topográficos, geológicos, hidrológicos y de drenaje que ofrezcan el menor costo con el mayor índice de utilidad, económica social y estética” (J. ArgotyY, 2016).

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO DE TRÁFICO**

#### **5.1. Antecedentes**

Para el diseño vial es fundamental realizar un estudio de tráfico, el cual permite tener información sobre la cantidad del flujo vehicular al que se someterá la vía en estudio.

Este estudio de tráfico permite determinar el tráfico actual, para lo cual se cuantifica la cantidad y tipos de vehículos que circulan por la vía, con esto se podrá encontrar la respectiva proyección a futuro del tráfico lo que nos permite determinar la clase de carretera según lo presentado en la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 del Ministerio de Obras Públicas.

La vía en estudio se conecta con una red vial provincial que permite la comunicación directa entre las provincias de Imbabura y Esmeraldas, la cual es principalmente fundamental para el desarrollo económico tanto agrícola como turístico de las dos provincias.

#### **5.2. Alcance**

En este estudio de tráfico se determinará los datos del volumen de tránsito vehicular, el cual se lo realizará mediante el método de conteo manual a cargo del autor de este estudio.

Posteriormente los datos recolectados en campo serán proyectados para dos periodos uno de 10 años y otro de 20 años, de esta manera se obtendrá un valor de tráfico promedio diario anual (TPDA), estos valores son necesarios para la clasificación de la vía en estudio según la normativa vigente del Diseño geométrico de Carreteras MOP, 2003.

#### **5.3. Estación de conteo**

La Norma de diseño Geométrico de Carreteras (2003) señala “Para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales” (pág. 13).

Por tal motivo para este estudio se realizó un conteo manual en una estación, con lo cual contamos con un lugar estratégico para su realización, durante un periodo de 12 horas por 7 días, en un horario de 6:00 am – 18: 00 pm, ubicado en el centro poblado “Cielo Verde” donde se interceptan la vía km 104 – Cielo Verde y Sahuangal – Las Golondrinas, además dicha estación de conteo se encuentra a 3 km de la vía en estudio.

En el Anexo B se muestra, el conteo de tráfico por día, lo cual se realizó en la estación ya indicada con la elaboración de las tablas por el autor, se registraron los vehículos de ida y vuelta

**Tabla 4**

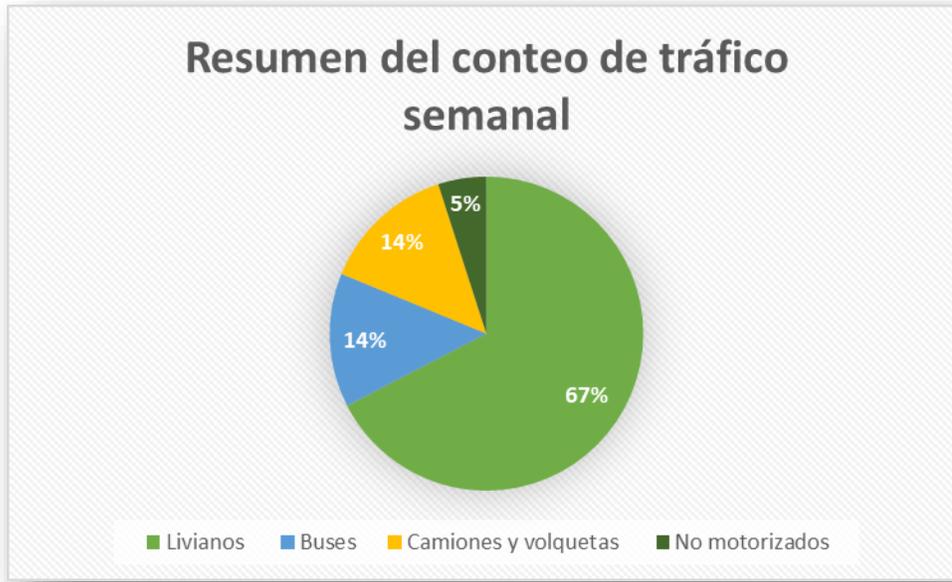
*Tráfico diario semanal estación 1 - Comunidad Cielo Verde*

TRÁFICO DIARIO SEMANAL ESTACIÓN 1 - COMUNIDAD CIELO VERDE								
Tipo de vehiculo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
Livianos	17	21	14	22	16	18	14	17
Buses	3	3	6	4	3	3	3	4
Camiones y volquetas	3	4	5	3	3	4	3	4
No motorizados	1	3	2	1	0	1	1	1
Tráfico diario	24	31	27	30	22	26	21	26

Elaborado por: El autor

**Figura 11**

## Resumen de conteo de tráfico semanal



Elaborado por: El autor

### 5.4. Tráfico promedio diario anual (TPDA)

El TPDA, es el número de vehículos diarios observados diariamente durante 7 días y el promedio de estos es un volumen de tráfico promedio diario anual.

Según lo indicado en la Norma de Diseño de Carreteras MOP-2022, para poder calcular el TPDA, se debe realizar ajustes en función de ciertos factores como: Tráfico promedio diario observado ( $T_o$ ), Factor diario ( $F_d$ ), Factor semanal ( $F_s$ ), Factor Mensual ( $F_m$ ), donde tenemos la siguiente ecuación:

$$TPD = T_o * F_d * F_s * F_m$$

Donde:

$T_o$ : Trafico Promedio Diario Observado

$F_d$ : Factor Diario

Fs: Factor semanal

Fm: Factor mensual

- **Tráfico Promedio Diario Semanal**

El TPDS es la cantidad promediada de vehículos que durante una semana transitan en un día. Debido al no considerar dentro del conteo manual el resto de horas diarias por parte del aforador, se debe realizar un ajuste mediante el factor diario (Fd), el cual se calcula mediante la división de el mayor número de vehículos que transitan en un día y el total de vehículos registrados al final de la semana.

$$Fd: \frac{\text{Mayor número de vehículos que transitan en un día}}{\text{Total de vehículos registrados al final de la semana}}$$

$$Fd = \frac{31}{181} = 1.7$$

Al no contar con un registro nocturno de tránsito el valor de Fd es mayor a uno, por lo que tomaremos con un valor igual a 1.

$$TPDS: To * Fd$$

$$TPDS: 26 * 1 = 26$$

- **Tráfico Promedio Diario Mensual**

Para este cálculo en función del tránsito existente, se determina un factor de ajuste semanal igual a 1, donde se muestra a continuación:

$$TPDM: TPDS * Fs$$

$$TPDM: 26 * 1 = 26$$

- **Tráfico Promedio Diario Anual**

Para la obtención del TPDA es fundamental determinar el factor mensual, en donde para este estudio se encontró en función al consumo de combustible de la Provincia de Imbabura, en la base de datos de la Agencia Regional de Control de Hidrocarburos del año 2019, tomando como referencia el mes de marzo en el cual se realizó el conteo manual de los vehículos.

**Tabla 5**

*Consumo de combustible de la Provincia de Imbabura*

Mes	Gasolina	Diesel	Días
Enero	665000	856000	31
Febrero	780000	784000	28
<b>Marzo</b>	<b>725840</b>	<b>685000</b>	<b>31</b>
Abril	620000	825400	30
Mayo	756800	746500	31
Junio	650000	854600	30
Julio	645200	748600	31
Agosto	785600	865200	31
Septiembre	712500	765400	30
Octube	685400	684800	31
Noviembre	745600	825400	30
Diciembre	758600	768420	31
<b>TOTAL</b>	<b>710878</b>	<b>784110</b>	<b>365</b>

*Nota.* mes de referencia – Marzo. A través de Agencia Regional de Control de Hidrocarburos “Centro Oriente”, (2015)

A continuación, se prosigue a determinar el Factor mensual promedio de gasolina y diésel, el cual es 0.99 tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 6**

### Factor de ajuste mensual del proyecto

Mes	Gasolina	Diesel	Días	Fm Gasolina	Fm Diesel	Fm Promedio
Enero	665000	856000	31	0.94	1.20	1.07
Febrero	780000	784000	28	1.10	1.10	1.10
Marzo	725840	685000	31	1.02	0.96	0.99
Abril	620000	825400	30	0.87	1.16	1.02
Mayo	756800	746500	31	1.06	1.05	1.06
Junio	650000	854600	30	0.91	1.20	1.06
Julio	645200	748600	31	0.91	1.05	0.98
Agosto	785600	865200	31	1.11	1.22	1.16
Septiembre	712500	765400	30	1.00	1.08	1.04
Octubre	685400	684800	31	0.96	0.96	0.96
Noviembre	745600	825400	30	1.05	1.16	1.10
Diciembre	758600	768420	31	1.07	1.08	1.07
TOTAL	710878	784110	365			

Elaborado por: El autor

Para el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual, resulta del factor entre el TPDS y EL Factor de ajuste mensual.

$$TPDA = TPDS * fm$$

$$TPDA = 26 * 1 = 26$$

### 5.5. Proyección del tráfico actual

Para realizar un buen diseño se debe considerar que “La proyección de tráfico es una parte integral del proceso de diseño de carreteras, a fin de conseguir menores tasas, hasta el desarrollo de planes de trabajos a futuro” (PÉREZ, 2018, pág. 26). En consecuencia, este valor es importante para considerar las variables a futuro que pueden presentarse en la vía.

- **Tráfico futuro**

Es el TPDA proyectado al número de años de vida útil de la vía, para este estudio se estimará un valor para 10 y 20 años. Entonces con un estudio de tráfico realizado se consigue estimar el tráfico futuro.

$$TPDA Futuro = TPDA * (1 + u)^n$$

Donde:

u = índice de crecimiento anual

n = vida útil de la vía (número de años)

**Tabla 7**

*Tasa de crecimiento vehicular para Imbabura*

<b>TASA DE CRECIMIENTO POR TIPOS</b>			
<b>PERIODO</b>	<b>LIVIANOS</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>
2001-2008	4.95	3.24	3.5
2008-2010	4.12	2.96	2.4
2010-2015	4.05	2.34	1.54
2015-2020	3.68	1.86	1.24
2020-2030	2.67	1.58	1.04

A través de Unidad Administrativa de Imbabura ANT Agencia Nacional de tránsito (2017)

Luego de realizar la respectiva proyección del tráfico promedio diario anual para el periodo de 10 y 20 años, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Tráfico Desviado**

Es el tráfico desviado y varía del 10% al 30% del TPDA, proviene de vías existentes alrededor del proyecto con el objetivo de reducir gastos de operación, para este estudio aplicaremos un 30%.

$$TPDA \text{ Desviado} = TPDA * 30\%$$

$$TPDA \text{ Desviado} = 26 * 30\% = 7.8$$

- **Tráfico desarrollado**

Se produce por la incorporación de nuevas áreas de producción, varía entre 5% al 7% del tráfico de los vehículos. Y como para este sector que se dedican a la agricultura y ganadería se estima que tendrá un crecimiento económico y esto generará un incremento de vehículos en la vía.

Se asumirá un valor entre 5% - 10% del TPDA, lo cual indica la norma vigente MOP 2002.

**Tabla 8**

*Tráfico por desarrollo del proyecto*

AÑO	TPDA FUTURO	TRÁFICO DESARROLLADO (8.5%)
2022	24.6	2.1
2023	25.1	2.1
2024	25.7	2.2
2025	26.3	2.2
2026	27.0	2.3
2027	27.6	2.3
2028	28.3	2.4
2029	28.9	2.5
2030	29.6	2.5
2031	30.3	2.6
2032	31.0	2.6
2033	31.8	2.7
2034	32.5	2.8
2035	33.3	2.8
2036	34.1	2.9
2037	34.9	3.0
2038	35.7	3.0
2039	36.6	3.1
2040	37.5	3.2
2041	38.4	3.3
2042	39.3	3.3

*Nota.* Se muestran los valores de tráfico desarrollado para 10 y 20 años de diseño. Elaborado por: El autor

- **Tráfico Generado**

Es la cantidad de viajes o tráfico que generaría este proyecto tiempo después de su elaboración, de ninguna manera supera el 20% del TPDA. Este se produce después de dos años de la terminación de mejoras o construcción vial.

$$TPDA_{Generado} = TPDA * 20\%$$

$$TPDA_{Generado} = 26 * 20\% = 5.2$$

- **Asignación de tráfico**

Para obtener el tráfico de diseño, mediante la siguiente ecuación y con los parámetros ya calculados anteriormente, se determina el tráfico de diseño para diferentes periodos de diseño establecidos para el proyecto.

$$TPDA_{final} = TPDA_{futuro} + TPDA_{desarrollado} + TPDA_{desviado} + TPDA_{generado}$$

## **Tabla 9**

*Tráfico Promedia Diario Anual total par diferentes periodos*

AÑO	TPDA FUTURO	TRÁFICO DESVIADO (30 %)	TRÁFICO DESARROLLADO (8.5 %)	TRÁFICO GENERADO (20 %)	TPDA TOTAL
2022	25	7	2	5	39
2023	25	8	2	5	40
2024	26	8	2	5	41
2025	26	8	2	5	42
2026	27	8	2	5	43
2027	28	8	2	6	44
2028	28	8	2	6	45
2029	29	9	2	6	46
2030	30	9	3	6	47
2031	30	9	3	6	48
2032	31	9	3	6	49
2033	32	10	3	6	50
2034	33	10	3	7	52
2035	33	10	3	7	53
2036	34	10	3	7	54
2037	35	10	3	7	55
2038	36	11	3	7	57
2039	37	11	3	7	58
2040	37	11	3	7	59
2041	38	12	3	8	61
2042	39	12	3	8	62

*Nota.* se muestran los valores de tráfico diario anual para 10 y 20 años de diseño. Elaborado por: El autor

**5.6. Determinación de la clase de vía de acuerdo al tráfico**

Después de un análisis, desde la obtención y cálculos de la información del flujo vehicular se determina lo siguiente: un TPDA de la vía de 49 vehículos para un periodo de 10 años y 62 vehículos para un periodo de 20 años.

En consecuencia, según las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (2003), para un TPDA entre 49 – 62 vehículos, se determina que para el proyecto en estudio una clase de carretera TIPO V de función VECINAL, en referencia a las tablas a continuación.

**Tabla 10**

*Clasificación de carretera en función al tráfico proyectado*

<b>CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO</b>	
<b>Clase de carretera</b>	<b>Tráfico proyectado TPDA *</b>
RI - R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
<b>V</b>	<b>Menos de 100</b>

*Nota.* Se define como vía Tipo V. a través de Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003

**Tabla 11**

*Clasificación funcional de la vía del proyecto*

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CLASE DE CARRETERA (según MOP)</b>	<b>TPDA (AÑO FINAL DE DISEÑO)</b>
<b>CORREDOR ARTERIAL</b>	RI - R - II	Más de 8000
	I	De 3000 a 8000
	II	De 1000 a 3000
<b>COLECTORA</b>	I	De 3000 a 8000
	II	De 1000 a 3000
	II	De 300 a 1000
<b>VECINAL</b>	IV	De 100 a 300
	<b>V</b>	<b>Menos de 100</b>

*Nota.* la vía tendrá su función como vecinal. A través de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, (2003)

**5.7. Cálculo de los ejes equivalentes**

Para determinar las sollicitaciones que tendrá la vía a lo largo de su vida se determinan los ejes equivalentes o comúnmente conocidos como ESAL'S (Equivalent Estándar Axel Load – Carga estándar por eje equivalente), estos son mencionados en las normas AASHTO.

Con la siguiente ecuación se calculó el número de ejes equivalentes establecidos por la American Association of State Highway and Transportation Officials. (ASSHTO 93).

$$Nt = N * Fc * Fd * 365 * \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Donde:

N: Numero de ejes equivalentes al inicio del periodo de diseño

Fc: Factor Carril

Fd: Factor dirección

i: tasa de crecimiento

n: número de años a proyectarse

Nt: Numero de ejes equivalentes

- **Factor carril (Fc)**

Para la vía en estudio se tiene planificado dos carriles, por tal motivo el valor determinado para el factor carril es de 0.9, lo cual es mencionado en la siguiente tabla:

## **Tabla 12**

### *Factor carril*

FACTOR CARRIL	
N° Carril	Fc
1	1
2	0.9
3	0.75
4	0.5

*Nota.* Factor carril en función del número de carriles. A través de (AASHTO, 93)

- **Factor dirección (Fd)**

Luego del análisis del flujo vehicular en sus direcciones en la vía de estudio, se adoptó un valor de 0.5 para el Factor dirección ya que la circulación vehicular en los dos sentidos son valores equivalentes y se encuentra en el rango de (40 – 60) % señalados en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

### *Factor dirección*

FACTOR DIRECCIÓN	
Porcentaje	Fd
40-60 %	0.5
70 - 30 %	0.7
100%	1

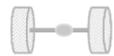
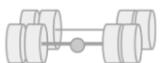
*Nota.* Factor dirección en función de los sentidos de vía. A través de (AASHTO, 93)

- **Factores equivalentes de carga (F.E.C)**

Mediante el método de AASHTO SIMPLIFICADO, en el cual consta de diferentes ecuaciones en función de las cargas de cada tipo de vehículo en el conteo vehicular, que se muestra a continuación:

**Tabla 14**

*Fórmulas simplificadas para el cálculo del factor de equivalencia de carga por tipo*

TIPO DE EJE	CONFIGURACIÓN	FÓRMULA
SIMPLE RUEDA SIMPLE		$F.C.E = \left(\frac{P}{6.66}\right)^4$
SIMPLE RUEDA DOBLE		$F.C.E = \left(\frac{P}{8.20}\right)^4$
TÁNDEM		$F.C.E = \left(\frac{P}{15.45}\right)^4$

*Nota.:* Formulas para el cálculo de factores equivalentes de carga por tipo. A través de  
(AASHTO, 93)

**Tabla 15**

*Valores de factores de carga equivalente*

TIPO DE VEHÍCULO	EJE SIMPLE - RUEDA SIMPLE		EJE SIMPLE - RUEDA DOBLE		EJE TÁNDEM - RUEDA DOBLE	
	Peso	F.C.E	Peso	F.C.E	Peso	F.C.E
LIVIANOS	1.0	0.0005				
	1.0	0.0005				
CAMIONETA	1.0	0.0005				
	2.0	0.0081	6.0	0.287		
BUS	6.0	0.6587	11.0	3.238		
	7.0	1.2204	12.0	4.586	20.0	2.808
CAMIÓN	2D	1.2204				
	3A	1.2204			20.0	2.808

Elaborado por: El autor

**Tabla 16**

*Valores de factores de carga equivalente*

TIPO DE VEHÍCULO	F.C.E	
LIVIANOS	0.001	
CAMIONETA	0.295	
BUS	3.897	
CAMIÓN	2D	8.615
	3A	4.028

Elaborado por: El autor

**Tabla 17***Número de ejes equivalentes para su periodo de diseño*

TIPO DE VEHÍCULO	F.C.E	PERIODOS DE DISEÑO			
		10		20	
		TPDA	ESAL's	TPDA	ESAL's
LIVIANOS	0.001	26	44105.4	35	66882.7
CAMIONETA	0.295	16	27035.8	24	45862.4
BUS	3.897	4	7059.0	7	13376.5
CAMIÓN	2D	2	3886.4	5	9554.7
	3A	2	3548.4	5	9554.7
			85635	<b>TOTAL</b>	145231

*Nota.* Ejes equivalentes para 10 años – 85635 y 20 años – 145231. Elaborado por: El autor

## **CAPÍTULO VI**

### **TOPOGRAFÍA**

#### **6.1. Antecedentes**

Norman Thomas (1920) definió la topografía como: “el arte de determinar la posición relativa de los distintos detalles de porciones de la superficie terrestre”.

Además, forma parte del diseño vial, pues en base a la topografía se obtiene alineamiento horizontal, sus pendientes, distancia de visibilidad y secciones transversales.

En base al estudio de rutas, es necesario conocer las condiciones topográficas de toda la trayectoria seleccionada para lo cual se levantó una faja de 30m de ancho, con 15 metros en cada margen.

El levantamiento topográfico fue ejecutado y realizado por el autor de este proyecto, utilizando el sistema de coordenadas UTM-WGS84 ZONA 17N.

#### **6.2. Tipo de terreno**

Para determinar nuestro tipo de terreno debemos considerar las pendientes longitudinales y transversales del terreno, para aquello se sabe que el terreno se clasifica en 4 tipos, en función de la pendiente longitudinal según lo indicado por (James 2013):

- Terreno plano: Las pendientes longitudinales de las vías son normalmente menores al 3% (James, 2013)
- Terreno Ondulado: Sus pendientes longitudinales se encuentran entre el 3% y 6% (James,2013)
- Terreno Montañoso: Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre el 6% y 8% (James,2013)

- Terreno Encarpado: Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores al 8% (James,2013)

Considerando estas definiciones, la información topográfica y la inspección realizada in situ, se puede concluir que el tipo de terreno en el cual se implementará la vía es de TIPO Montañoso.

### **6.3. Sistema de Coordenadas**

Dicho sistema de coordenadas permite localizar los puntos y georreferenciarlos para su precisa ubicación en un espacio geométrico.

Los equipos utilizados son de propiedad de VIETIC CIA. LTDA, empresa encargada de proporcionarme la estación total Stonex R15, los cuales utilizan el sistema de coordenadas UTM-WGS84-17N. A continuación, se indica las características físicas del equipo empleado.

## Figura 12

### Ficha Técnica Estación total Stonex R15



ANGLE MEASUREMENT	
Accuracy <sup>1</sup>	2"
Reading system	Absolute encoder
	1" /5" /10"
Display Resolution (selectable)	0.0002g/0.001g/0.002g 0.005mil/0.02mil/0.05mil
Angle Units	DEG 360°/GON 400°/MIL 6.400

TELESCOPE	
Magnification/ Field of view	30x/1°30'
Tube length	156 mm
Minimum focus distance	1.0 m (3.26 ft)
Reticle	10 brightness levels adjustable
Objective aperture	φ 45 mm
Laser pointer	Red light, coaxial

TILT SENSOR	
Type	Electronic, dual-axis
Compensation range/accuracy	± 3.0°/1"

DISTANCE MEASUREMENT RANGE <sup>2</sup>	
Standard mode prism	3.000 m <sup>3</sup>
Long mode prism	5.000 m <sup>4</sup>
Reflective sheet (6cm x 6cm)	800 m <sup>4</sup>
Reflectorless <sup>5</sup>	Up to 600 m <sup>4</sup>

DISTANCE MEASUREMENT ACCURACY <sup>6</sup>	
Standard mode prism	2 mm + 2 ppm
Long mode prism	2 mm + 2.5 ppm
Reflective sheet (6cm x 6cm)	3 mm + 2 ppm
Reflectorless	3 mm + 2 ppm

MEASUREMENT TIME	
Standard mode/Prism (Tracking/Fast/Fine)	0.4/0.6/1.0 sec
Reflectorless	1.5+5 sec

DISTANCE MEASUREMENT	
Distance Units	m/US ft/INT ft
Display Resolution (selectable)	0.0001m/0.001m 0.001ft/0.01ft

LASER PLUMMET	
Laser type	635nm semiconductor laser
Accuracy	1mm/1.5 m
Spot	± 1.5mm/1.5 m

LEVEL VIAL SENSITIVITY	
Plate level	30"/2mm
Circular level	8'/2mm

ENVIRONMENTAL CONDITIONS	
Operating Temperature	-20° C +50° C
Storage Temperature	-40° C +70° C
Waterproof/Dustproof	IP55

PHYSICAL SPECIFICATION	
Dimensions	202 x 197 x 345 mm
Weight including battery and tribrach	5.5 Kg

POWER	
Battery Voltage/Capacity	7.4V/3.400mAh Li-ion
Operating time (angle measurement)	Up to 24 hours
Operating time (distance meas. every 30 sec)	Up to 12 hours
Operating time (angle + distance meas.)	Up to 10 hours
Battery charger	110/220V, charging time 4h

OTHER SPECIFICATIONS	
Display/Keyboard	Two sides, LCD 96x160 Dots/Alphanumeric
Memory	120.000 points SD card (max 16Gb)
Interface	R5-232C/mini USB/SD card/ Bluetooth
Sensor	Temperature/Pressure

ON BOARD FIELD APPLICATION PROGRAMS	
Data recording and management, Stake out, Area, Offset, Traverse, Inverse, Point projection, MLM, REM, Resection, Line stake out, Arc stake out, Polarize, Repeat measure, Road calculation	

*Nota.* Características de estación utilizada. A través de VIETIC CIA. LTDA (2022)

## 6.4. Ubicación del proyecto

Según el siguiente detalle ubicamos al proyecto de la siguiente manera:

**Tabla 18**

*Ubicación del proyecto en coordenadas UTM*

<b>Localidad</b>			
<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Sector</b>	
Imbabura	Cotacachi	Cielo Verde	
<b>Georreferencia</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Altitud</b>
Abscisa 0+000	24987.95	731074.76	547 m
Abscisa 0+502	24663.04	731058.54	509 m

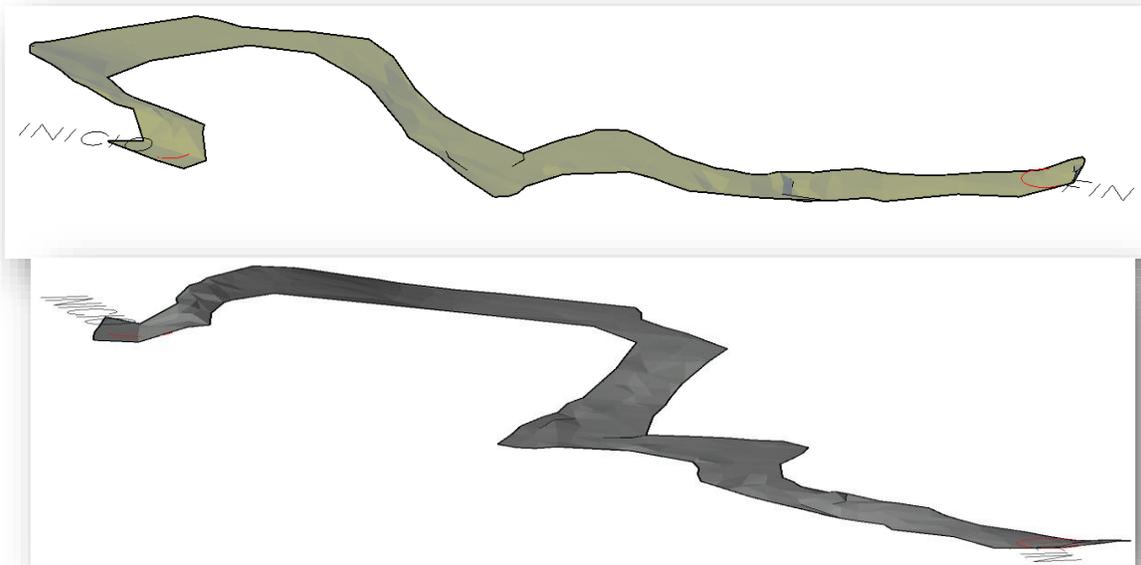
*Nota.* Puntos referenciales del proyecto. Elaborado por: El autor

Tras realizar el levantamiento topográfico, mediante el procesamiento de datos se realizó la respectiva triangulación de los puntos para finalizar con la creación de la superficie, que es lo necesario para posteriormente realizar el diseño geométrico del proyecto.

A continuación, se muestra a detalle el resultado final de lo mencionado anteriormente:

**Figura 13**

*Terreno Natural - SE*



*Nota.* Vistas de la faja topográfica. Elaborado por: El autor

# CAPÍTULO VII

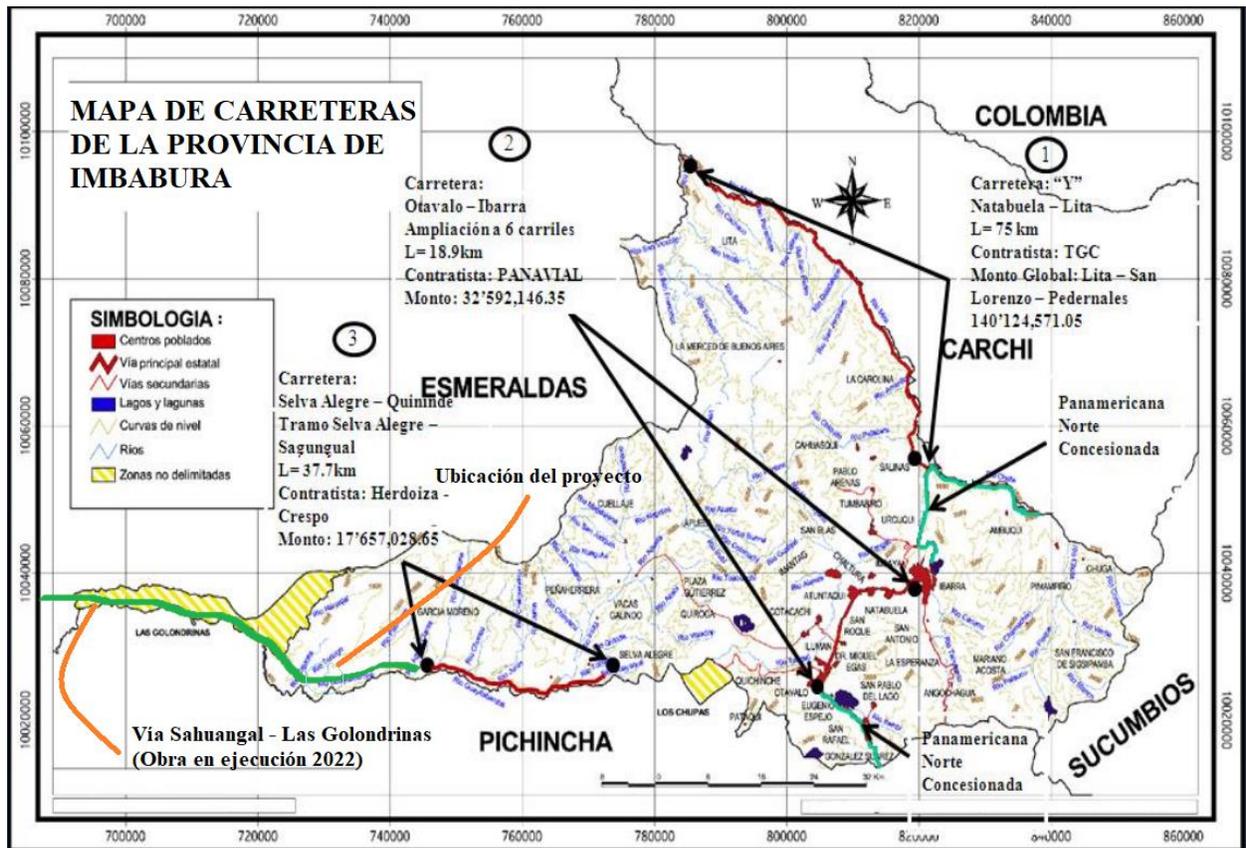
## ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

### 7.1. Localización del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en la vía que conectará Sahuangal – Las Golondrinas, un proyecto de 64 km que se encuentra en ejecución que une las provincias de Imbabura y Esmeraldas, el inicio del proyecto se encuentra en la abscisa 19+000 de dicha carretera.

**Figura 12**

*Mapa de Carreteras de la Provincia de Imbabura – S/E*



*Nota.* Ubicación de vías cercanas al proyecto, A través de Dirección Provincial de Imbabura, (2017)

## 7.2. Riesgos naturales

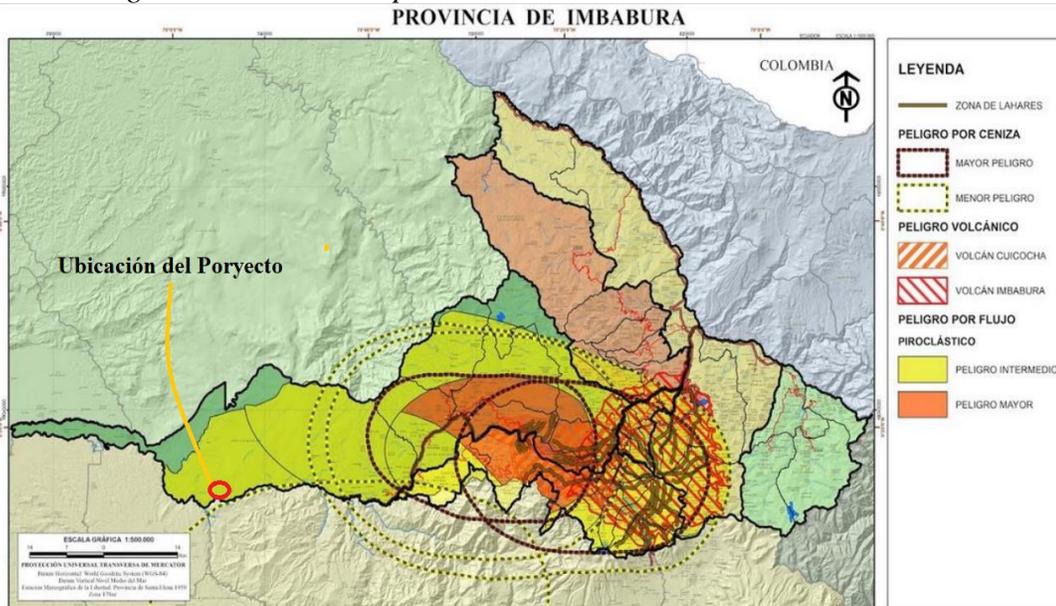
La zona de estudio está rodeada vegetación virgen y sembríos, con poca probabilidad de ser afectado esta zona por una catástrofe natural, el riesgo de un deslizamiento o asentamientos es baja, ya que la vía traspasará potreros con lo que se espera un terreno ondulado.

### 7.2.1. Riesgo volcánico

La ubicación geográfica del proyecto señala que esta en el final de la región Sierra, pero debemos considerar que aún se encuentra en una zona montañosa, pero recalcando la lejanía que tiene con los volcanes ubicados a su alrededor, y el volcán más cercano es el Imbabura, el cual tiene una altura de 4621 msnm, con un cráter de 16 km de diámetro y se encuentra en un estado potencialmente activo y se cree que su última actividad fue hace más de 8000 años. En la Figura 13 se puede observar el riesgo que presenta este volcán para la provincia de Imbabura, pero para este caso nos muestra que el proyecto tiene baja probabilidad de sufrir con este riesgo volcánico.

**Figura 13**

*Mapa de Riesgos volcánicos de la provincia de Imbabura*



*Nota.* Ubicación de riesgos volcánicos. A través de Plan de desarrollo y ordenamiento territorial (2015 – 2035)

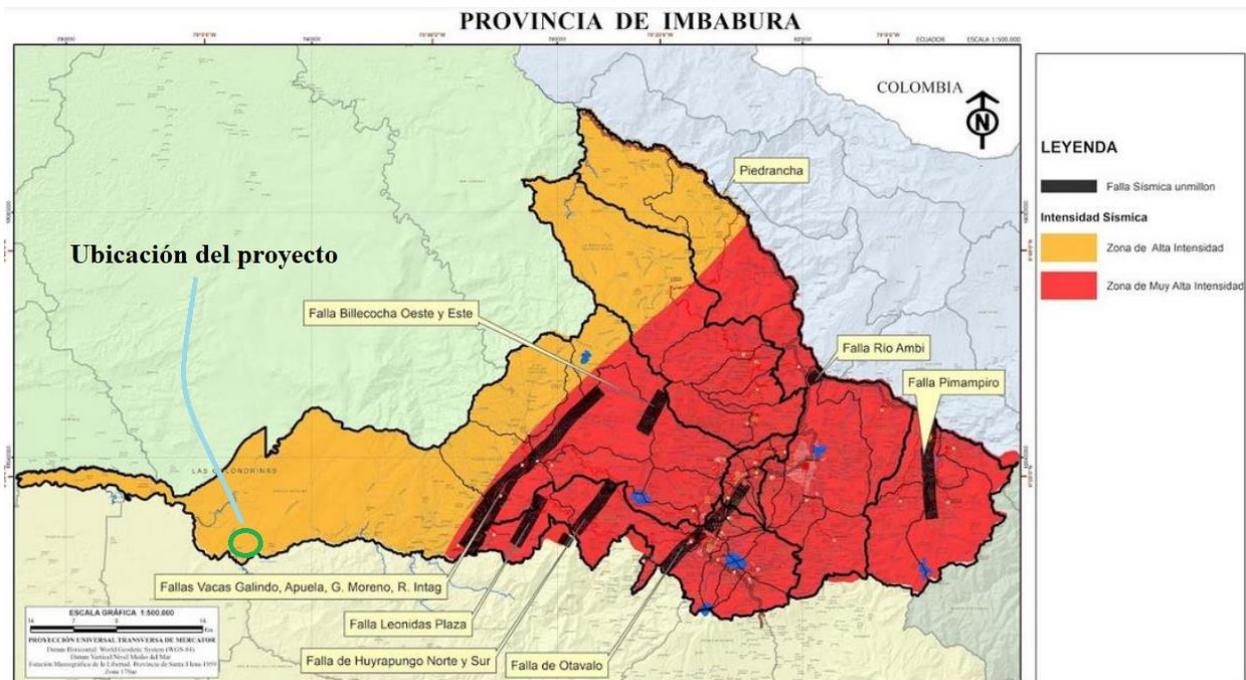
### 7.2.2. Riesgo sísmico

En la provincia de Imbabura a lo largo de la historia se han presentados pocos casos de catástrofes enfocadas en los sismos, pero hace 154 años se presentó un evento catastrófico para la provincia, con un sismo probable de 7.2, De las más de 7.200 personas que aproximadamente vivían en Ibarra, murieron 5.000, El sismo del 15 de agosto fue generado en una de las fallas del sistema El Ángel, en Carchi y el terremoto del 16 de agosto en la falla Otavalo, en Imbabura. (Gestion de reisos, 2016)

Por la lejanía del proyecto de las fallas más riesgosas en la provincia según como se observa en la Figura 14, el riesgo es bajo, por lo que no representan mayor amenaza un sismo por la zona y si llega a presentarse no se espera que llegue a considerarse un gran terremoto.

### Figura 14

Mapa de Riesgos sísmicos de la provincia de Imbabura



Nota. El proyecto se encuentra de una zona de alta intensidad. A través de Plan de desarrollo y ordenamiento territorial (2015 – 2035)

### 7.3. Tectónica y estructura geológica

La zona de estudio se encuentra dentro de la cuenca en rodea al río Guayllabamba, formada como consecuencia del levantamiento de las cordilleras cercanas a la zona, debido al proceso de subducción entre las placas Nazca y sudamericana. Como se puede observar en la Figura 14 corresponde a una zona que presenta ríos a su alrededor, por eso el motivo de este proyecto llegar al mirador donde se podrá observar la unión de los ríos Manduriacu y Guayllabamba.

**Figura 15**

*Cuencas, subcuencas y microcuencas provincia de Imbabura*



*Nota.* Ubicación de cuencas y subcuencas. A través de Plan de desarrollo y ordenamiento territorial (2015 – 2035)

Mientras que en la parte geológica como se muestra en la Figura 15 el proyecto se encuentra ubicado en la formación Zapallo (turbiditas finas), por lo que encontraremos formaciones con material fino que se creen se formó en el periodo Eoceno.

Figura 16

Mapa geológico provincia de Imbabura



Nota. Zona geológica del proyecto en estudio. A través de Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015 – 2035

#### 7.4. Propiedades físicas de la sub-rasante

El análisis del material de la sub-rasante es importante ya que la resistencia del mismo es un valor necesario al diseñar un pavimento, su comportamiento bajo cargas extremas y factores que se manifiestan es su capacidad de soporte.

Para determinar estas propiedades, tanto físicas y mecánicas de la sub-rasante se procedió con los trabajos en campo, para lo cual se recolecto muestras in situ alteradas a diferentes profundidades para posteriormente ser analizadas en laboratorio.

Según lo indicado en el libro de fundamentos de Ingeniería de cimentaciones por Braja M Das, recomienda lo siguiente:

**Tabla 19**

*Espaciamiento aproximado de las perforaciones*

TIPO DE PROYECTO	ESPACIAMIENTO
Edificio de muchos pisos	10 - 30
plantas industriales de un piso	20 - 60
<b>Carreteras</b>	<b>250 - 500</b>
Subdivisión residencial	250 - 500
Presa y diques	40 - 80

*Nota. Espaciamiento de perforaciones. A través de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones Braja M Das, 2011*

Para este estudio, al tener un tramo de 500m se optó por realizar dos perforaciones al inicio y al final, procediendo con la extracción de muestra a una profundidad de 0.5m, 1.00m y 1.50 metros.

Al ser etiquetadas y transportadas las muestras al laboratorio, las mismas serán sometidas a ensayos para determinar su valor de CBR y su respectiva clasificación SUCS Y AASHTO, datos necesarios para el diseño estructural del pavimento para el trabajo en estudio.

**Tabla 20**

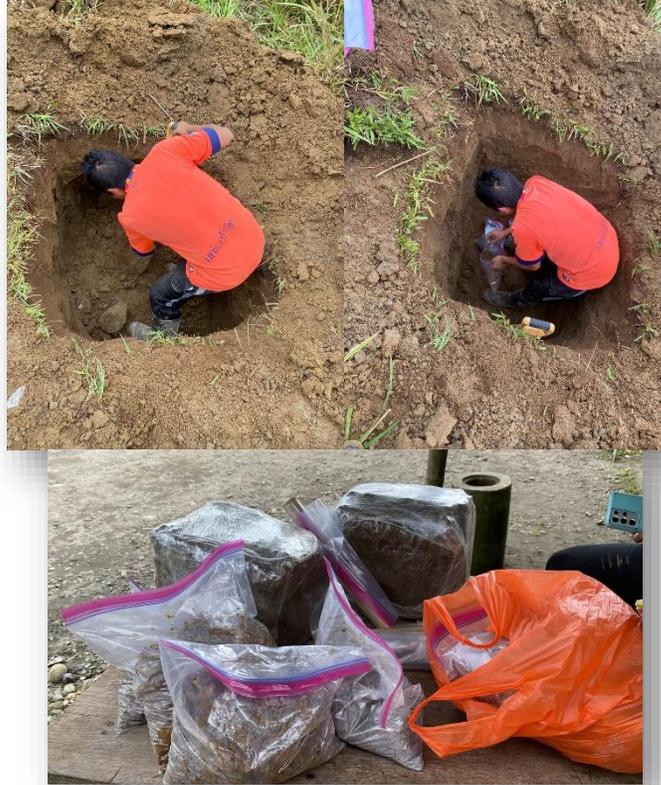
*Ubicación de Sondeos para las muestras*

Sondeo N°	Abscisa
1	0+000
2	0+500

Elaborado por: El autor

## Figura 17

*Extracción de las muestras In situ de cada uno de los sondeos*



Elaborado por: El autor

Para el trabajo en laboratorio, se me facilitó el laboratorio de suelos de la Universidad Politécnica Salesiana, donde se procedió a realizar los siguientes ensayos:

- Contenido de Humedad – Norma ASTM D 2216

Mediante este análisis se determina una característica física del terreno para lo cual se lo define:

“Este método de ensayo cubre la determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) por masa en suelos, rocas y materiales similares, donde la

reducción en masa por secado se debe a la pérdida de agua” (Norma ASTM D 2216, 1988, pág. 1).

- Límite de Consistencia – Norma ASTM D 4318

Es un valor fundamental para la clasificación de suelos y se lo determina como “El método de prueba describe la determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos” (Norma ASTM D 4318, 1984, pág. 1).

- Límite Líquido (LL)

El valor de límite líquido sirve fundamentalmente para obtener características de contenido de agua en el terreno y se lo define como:

“El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo es el arbitrariamente definido como frontera entre el estado semilíquido y plástico. El límite líquido es determinado mediante la ejecución de pruebas en la cual una porción de espécimen es extendida en una copa de bronce, dividida en dos por una herramienta de ranurado, y entonces permitir fluir juntos desde el choque causado por el golpeteo repetidamente de la copa en un dispositivo mecánico estándar” (Norma ASTM D 4318, 1984, pág. 1).

- Límite Plástico (LP):

Define la zona plástica del material a través de ensayos del laboratorio de suelos, el mismo describe:

“El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en la frontera entre el estado plástico y semisólido. El límite plástico es determinado mediante presión alternadamente junta y rodillada dentro de un diámetro de 3.2 mm (1/8 pulg.) hile

una pequeña porción de suelo plástico hasta que su contenido de agua es reducido a un punto en el cual el hilo se desmigaja y puede no alargarse al ser presionado junto y re-rodillada. El contenido de agua del suelo en este punto es reportado como el límite plástico” (Norma ASTM D 4318, 1984, pág. 1).

- Proctor Modificado – Norma ASTM D1557.

Este ensayo es necesario para el cálculo de Cbr, por tal motivo se lo define como:

“Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 a 6 pulgadas (101,6 o 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lb (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una energía de compactación de 56 000 lb-pie/pie<sup>3</sup> (2 700 KN-m/m<sup>3</sup>)” (Norma ASTM D 1557, 2006, pág. 1). 48

- C.B.R. – Norma ASTM D 1883

Para el valor de Cbr determina la resistencia que tendrá el suelo a diferentes cargas y se lo define como:

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. • Este índice se utiliza para evaluar la

capacidad de soporte de los suelos de sub rasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado. (Norma ASTM D 1883, 2006, pág. 1)

- Clasificación de Suelos (AASHTO) – Norma ASTM D 3282

Esta clase de clasificación es la más efectiva para vías y se lo determina como:

Describe un procedimiento para clasificación de suelos minerales y orgánico-minerales en siete grupos, basado en la determinación en el laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice plástico. Puede ser utilizado cuando se requiere una clasificación precisa de ingeniería, especialmente para propósito de construcción de carreteras. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo es realizada por medio de un Índice de Grupo, el cual es un valor calculado de una fórmula empírica. (Norma ASTM D 3282, 2004, pág. 1)

- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) – Norma ASTM D 2487

Con la finalidad de tener valores correctos se desarrolla esta clasificación la cual la determina como:

“Esta norma describe un sistema para clasificar suelos minerales y orgánicos-minerales para propósitos de Ingeniería basados en la determinación en el laboratorio de las características del tamaño de las partículas, limite líquido, e índice de plasticidad y deberá ser usado cuando se requiera una clasificación precisa” (Norma ASTM D 2487, 2015, pág. 1).

## Figura 18

*Ensayos realizados en Laboratorio de. Suelos de la UPS*



Elaborado por: El autor

### **7.4.1. Clasificación de suelos ASSHTO**

Al realizar los ensayos respectivos se procede con la clasificación y en función de la AAHTO, se obtiene suelos A-7-5 y A-7-6, los cuales se encuentran en el rango de Regular a malo.

### **7.4.2. Clasificación de suelos SUCS**

Lo señalado anteriormente nos indica que la clasificación SUCS es más precisa por lo cual luego de los ensayos pertinentes se determinó suelos: Arcillas CL, limos ML y limos de alta plasticidad MH.

**Tabla 21***Resumen de la clasificación AASHTO Y SUCS*

Sonde N°	Profundidad (m)	Abscisa	Granulometría				% Humedad	Límites de atterberg			Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS
			N° 4	N° 10	N° 40	N° 200		LL (%)	LP (%)	IP (%)		
1	0.5	0+000	100	99.83	99.14	69.59	65.21%	76.55%	39.03%	37.51%	A-7-6	CL
	1	0+000	100	99.96	99.06	64.80	50.47%	49.17%	33.53%	15.63%	A-7-5	ML
	1.5	0+000	99.11	98.20	94.98	71.84	69.72%	72.74%	46.43%	26.31%	A-7-5	MH
2	0.5	0+500	100.00	99.99	99.29	69.01	65.61%	74.17%	45.78%	28.40%	A-7-5	MH
	1	0+500	100.00	99.94	98.87	58.57	49.15%	48.72%	36.09%	12.63%	A-7-5	ML
	1.5	0+500	98.85	98.55	95.33	75.86	74.37%	79.82%	56.35%	23.48%	A-7-5	MH

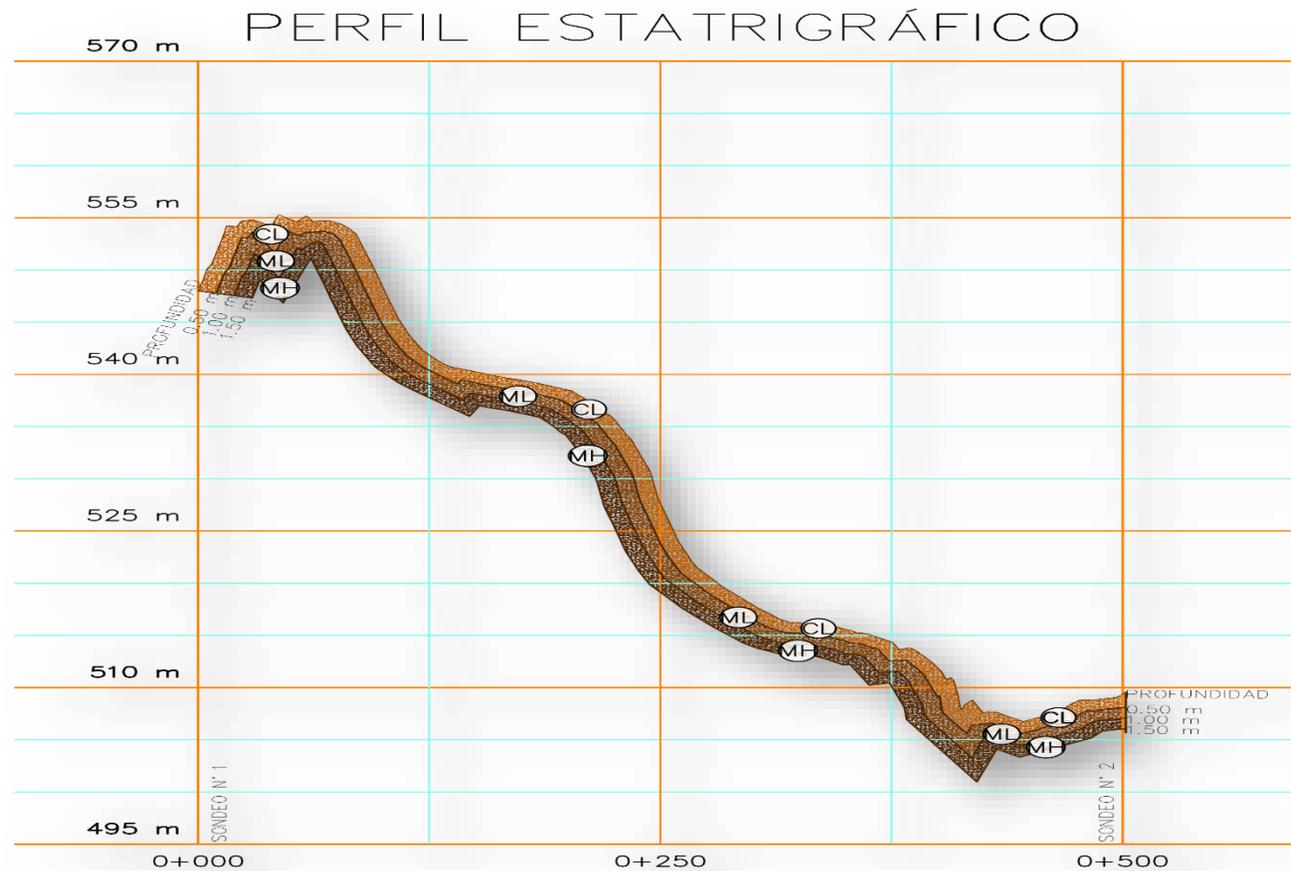
Elaborado por: El autor

### 7.4.3. Perfil estratigráfico

Tras realizar los ensayos en laboratorio y analizar la información, a continuación, el perfil estratigráfico correspondiente:

**Figura 19**

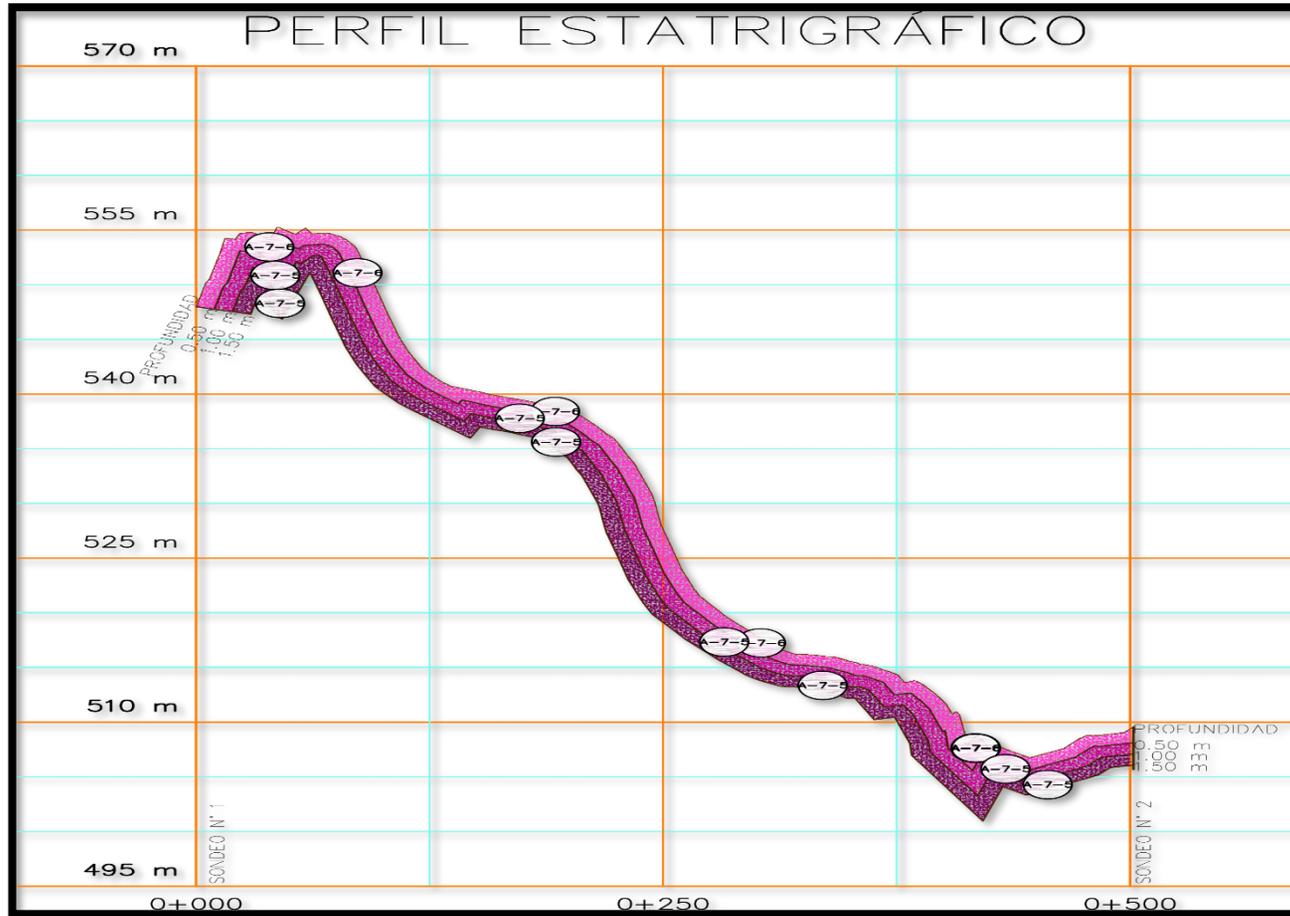
*Perfil Estratigráfico de la Clasificación SUCS – S/E*



Elaborado por: El autor, a través de laboratorio de Suelos UPS (2022)

Figura 20

Perfil Estratigráfico de la Clasificación AASHTO – S/E



Elaborado por: El autor, a través de laboratorio de Suelos UPS (2022)

#### 7.4.4. Módulo resiliente

- California Bearing Ratio (CBR)

Tras realizar el ensayo CBR en laboratorio, obtenemos un valor promedio de capacidad del suelo de 10.9% (ANEXO C), con esto se puede definir la clasificación de la subrasante de la siguiente manera:

**Tabla 22**

*Clasificación de Suelos en función del valor de CBR.*

<b>C.B.R.</b>	<b>Clasificación</b>
0 - 5	Sub rasante muy mala
5 - 10	Sub rasante mala
10 - 20	Sub rasante regular a buena
20 - 30	Sub rasante muy buena
30 - 50	Sub base buena
50 - 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

*Nota.* Clasificación de suelos en función del C.B.R. A través de ASSHTO 93

**Tabla 23**

*Resumen de valores de CBR*

<b>Sondeo N°</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Humedad Natural</b>	<b>Humedad Optima</b>	<b>Densidad Seca Máxima (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>C.B.R (90%)</b>	<b>C.B.R (90%) Diseño</b>
<b>1</b>	0+000	61.80%	71%	1.79	12.18	10.93
<b>2</b>	0+500	63.04%	76%	1.92	9.67	

Elaborado por: El autor, a través de Laboratorio de suelos UPS (2022)

- Módulo Resiliente de diseño ( $M_r$ )

Modulo resiliente está vinculado en un proceso de repetición de cargas. El Método (AASHTO, 93, p. 24) menciona que “El módulo resiliente es un parámetro que caracteriza los materiales constitutivos de la sección de una vía”.

Mediante las ecuaciones de la Norma AASHTO 93 que se muestran a continuación, se procede al cálculo del módulo resiliente:

$$CBR \leq 7.2\% \qquad M_r = 1500 * CBR [psi] \qquad Ec. 1$$

$$7.2\% < CBR \leq 20\% \qquad M_r = 3000 * CBR^{0.65} [psi] \qquad Ec. 2$$

$$CBR > 20\% \qquad M_r = 436 * \ln * CBR [psi] + 241 [psi] \qquad Ec. 3$$

Al contar con un CBR de 10.93 % se escogerá la Ec. 2, de tal manera nuestro valor de modulo resiliente es el siguiente:

$$7.2\% < CBR \leq 20\%$$

$$M_r = 3000 * CBR^{0.65} [psi]$$

$$M_r = 3000 * 10.93^{0.65}$$

$$M_r = 14197 psi$$

### **7.5. Análisis de fuentes del material pétreo**

Al realizar las visitas técnicas se puedo observar varias minas de material pétreo cerca del centro de gravedad el proyecto, además tuve la oportunidad de consultar a los ingenieros que trabajan en el proyecto vial que se desarrolla cerca del proyecto y me ayudaron con algunas referencias que podría usar como minas, bajo estas circunstancias se seleccionó la mejor opción

de mina para la extracción de materiales que serán utilizados en la sub base de la estructura del pavimento.

Se debe resaltar que al contar con minas recién encontradas debido a la construcción vial que se realiza en el sector, estas minas no se consideran lugares dedicados al negocio de estos, de lo contrario, si se desea utilizar este material en un futuro se debe mocionar los permisos con el dueño de los terrenos de dicha ubicación, por tal motivo se bautiza esta mina como ‘‘Mina Manduriacu’’, en relación a su cercanía con dicho río.

#### **7.5.1. Localización de la mina**

La mina seleccionada para este proyecto se encuentra a 1km, en donde a continuación se describe su ubicación:

**Tabla 24**

*Localización de mina para el proyecto*

<b>Nombre de Mina</b>	<b>Estado</b>	<b>Coordenadas</b>		<b>Distancia al centro de gravedad del proyecto</b>
		<b>Norte</b>	<b>Este</b>	
Mina Manduriacu	No inscrita	730360.51	24266.0233	1 Km

*Nota.* El sistema de coordenadas utilizado es UTM WGS84 - 17N. Elaborado por: El autor

## Figura 21

*Ubicación de mina seleccionada para el proyecto*



*Nota.* Referencia de la distancia de la mina con el proyecto. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth (2022)

### 7.5.2. Clasificación de los materiales de la mina

Al ser una vía Clase V la estructura del pavimento se considerará con tres capas (sub -base, base y pavimento), por tal razón los materiales correspondientes a la ‘ ‘ Mina Manduriacu ‘ ‘ deben ser sometidos a los ensayos indicados en la norma ASTM tanto de granulometría como de abrasión, mismos que permiten describir la calidad del material.

Se sustrajo muestras representativas para ser analizadas en laboratorio para granulometría en función de la normativa MTOP para que el material se encuentre dentro de los rangos establecidos para Base en la sección 404-1.4 y Sub – base sección 403-1.1, además para el ensayo de abrasión en base a la norma INEN 860 Y 861.

Los ensayos señalados fueron ensayados en el laboratorio de Suelos de la UPS –Campus Sur y se describen a continuación:

- BASE

Al ser este un material cribado de piedras fragmentadas naturalmente, se optan los límites de porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para base Clase 4, señalados en la MTOP - 2003:

**Tabla 25**

*Límites de la MOP para bases Clase 4*

Tamiz	%Pasa	
	Min	Max
2"	100	
1"	60	90
N° 4	20	50
N° 200	0.00	15

*Nota Límites de la MOP. A través de (MTOP, 2003)*

Resultados del ensayo de granulometría y abrasión de material para base de la “Mina Manduriacu”

**Tabla 26**

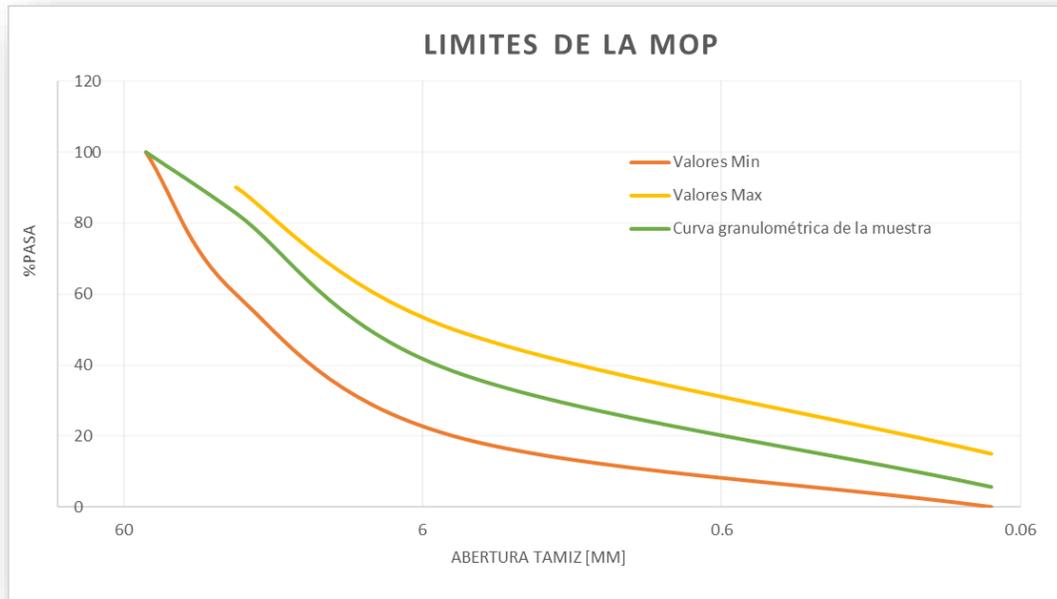
*Granulometría del material para base de la “Mina Manduriacu”*

Tamiz	Abertura tamiz [mm]	Peso retenido Parcial [gr]	Peso Retenido Acumulado [gr]	%Retenido	%Pasa	%Pasa	
						Min	Max
2"	50.8	0		0.00	100.00	100	
1"	25.4	265	265	17.13	82.87	60	90
N° 4	4.75	689	954	44.54	38.33	20	50
N° 200	0.075	504	1458	32.58	5.75	0.00	15
Base		89.00		5.75	0.00		
	Masa de muestra (gr)	1547.00		100.00			

*Nota.* Granulometría de la base. Elaborado por: El autor, A través de Laboratorio de suelos de la UPS.

**Figura 22**

*Curva granulométrica del material para base de la ‘‘Mina Manduriacu’’*



*Nota.* El material para base, cumple con los límites señalados en la norma MTOP – 2003.

Elaborado por: el autor, a través de laboratorio de suelos de la UPS

**Tabla 27**

*Resultado del Ensayo de Abrasión del material para base de la ‘‘Mina Manduriacu’’*

<b>Q = MASA INICIAL</b>	<b>W = Masa retenida en el tamiz N°12, despues de 500 revoluciones</b>	<b>Masa que pasa el Tamiz N° 12 <math>T = Q - \frac{W}{w}</math></b>	<b>Porcentaje de desgaste D = <math>T/Q * 100</math></b>	<b>&lt; 40%</b>
5026	3685	1341	26.68	CUMPLE

*Nota.* Resultado ensayo de abrasión. Elaborado por: El autor, a través de Laboratorio de suelos UPS (2022)

Tras un análisis de este resultado, se concluye que este material para base de la “Mina Manduriacu” cumple con los límites establecidos en la norma vigente, además el resultado del ensayo de abrasión señala un porcentaje de desgaste es menor al establecido (40%).

- Sub – base

Al comprender el material con agregado naturales se optan los límites de porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para Clase 3, señalados en la MTOP-2003:

**Tabla 28**

*Límites de la MOP para Sub - Base Clase 3*

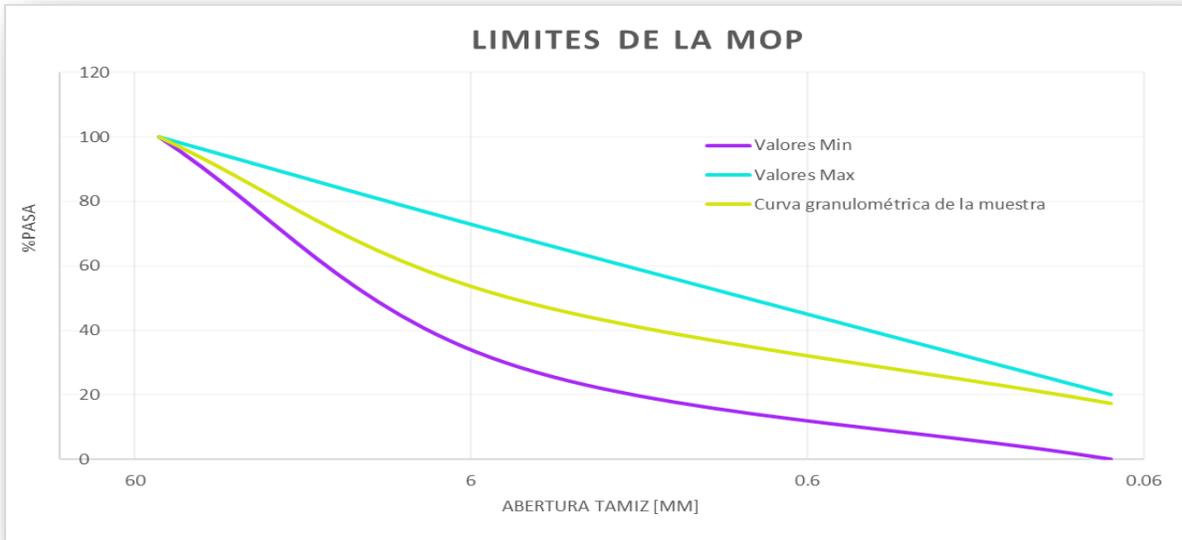
<b>Tamiz</b>	<b>%Pasa</b>	
	<b>Min</b>	<b>Max</b>
3"	-	100
Nº 4	30	70
Nº 200	0.00	20
Base		

*Nota Límites de la MOP. A través de (MTOP, 2003)*

Resultados del ensayo de granulometría y abrasión de material para Sub - base de la “Mina Manduriacu”

**Figura 23**

*Granulometría del material para Sub - base de la ‘‘Mina Manduriacu’’*



*Nota.* El material para Sub-base, cumple con los limites señalados en la norma MTOP – 2003. Elaborado por: el autor, a través de laboratorio de suelos de la UPS

**Tabla 29**

*Resultado del Ensayo de Abrasión del material para Sub - base de la ‘‘Mina Manduriacu’’*

<b>Q = MASA INICIAL</b>	<b>W = Masa retenida en el tamiz N°12, despues de 500 revoluciones</b>	<b>Masa que pasa el Tamiz N° 12 T = Q-W</b>	<b>Porcentaje de desgaste D = T/Q*100</b>	<b>&lt; 50%</b>
4875	3054	1821	37.35	CUMPLE

*Nota.* Resultado ensayo de abrasión. Elaborado por: El autor, a través de Laboratorio de suelos UPS (2022)

Tras un análisis de este resultado, se concluye que este material para Sub - base de la ‘‘Mina Manduriacu’’ cumple con los límites establecidos en la norma vigente, además el resultado del ensayo de abrasión señala un porcentaje de desgaste es menor al establecido (50%).

## CAPÍTULO VIII

### DISEÑO DE PAVIMENTO

#### 8.1. Generalidades

Para el diseño de pavimento es fundamental definir la estructura que tendrá el pavimento, donde se considerará el volumen de tránsito que la vía soportará durante su vida útil, para ello nos basaremos en la Guía de diseño (AASHTO, 93).

- Estructuras de Pavimentos para Caminos de Transito Liviano

Al comprender una vía con transito liviano se opta por lo siguiente:

En esta categoría se encuentra vías, cuya circulación y flujo de vehículos pesados es bajo. Para este punto se consideran caminos tales como: caminos de acceso turístico, comunidades, colegios u otras zonas de servicios. Los ejes equivalentes diseñados para 5 o 10 años son menores que 150.000 en la pista de diseño. Las siguientes propuestas sólo consideran varios rangos de las propiedades de la subrasante. (AASHTO, 93)

**Figura 24**

*Cartilla N° 2 – Transito liviano clima normal*

Ejes Equivalentes (x Sentido)	Tránsito 10 (Hasta 150.000 Ejes Equivalentes)	
	Opción de Diseño 1	Opción de Diseño 2
Suelo S1 (CBR < 3%)		
Suelo S2 (3% < CBR < 6%)	18 12 (*)	16 14 (*)
Suelo S3 (7% < CBR < 10%)	17 17	16 18
<b>Suelo S4 (11% &lt; CBR &lt; 14%)</b>	<b>15 15</b>	14 16
Suelo S5 (15% < CBR < 18%)	14 12	12 14
Suelo S6 (CBR > 20%)	20	12 12

**SIMBOLOGIA**

- Capa de Protección
- Base Granular
- Subbase Granular
- Subbase Granular

*Nota.* Opciones de diseño en función del tránsito. Fuente: (AASHTO, 93)

En el presente proyecto, se cuenta con un CBR de 10.93% y Ejes equivalentes para 10 años – 85635 y 20 años – 145231, con este motivo se opta por la opción seleccionada en la Figura 24, ya que cumple con los parámetros incluidos en la Norma ya descrita. Entonces la estructura del pavimento queda definida por tres capas, capa asfáltica, base y sub – base.

### 8.2. Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 1993

Para este proyecto se propone el diseño de un pavimento flexible, por lo que se necesita encontrar los espesores de dicha estructura de pavimento flexible según lo indicado en la Norma AASHTO 93, donde presenta la siguiente ecuación, la cual sirve para calcular el Número estructural (SN).

$$\log_{10} W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.2 * \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log M_R - 8.07$$

Donde:

$W_{18} = 85635$

$Z_r$  = Nivel de confiabilidad

$S_o$  = Desviación estándar

$SN$  = Número estructural

$\Delta PSI$  = Índice de suficiencia o de servicio

$M_R$  = Módulo de resiliencia de la subrasante

- Nivel de confiabilidad

En la (AASHTO, 93, pág. 84) define “Confiabilidad es la probabilidad de que el Sistema del pavimento cumplirá la función prevista durante su vida de diseño y bajo las condiciones encontrados durante la operación”

Con base en esto, para este proyecto definimos un nivel de confiabilidad del 90%.

- Desviación Estándar ( $Z_r$ )

Este factor depende necesariamente del nivel de confiabilidad adoptado.  $Z_r$  puede encontrarse en la siguiente tabla donde señalan valores correspondientes al  $Z_r$  en función del Nivel de confiabilidad. (AASHTO, 93)

## Figura 25

Valores de  $Z_r$  correspondientes a niveles seleccionados de confiabilidad

Confiabilidad, R (%)	Desviación Estandar Normal, $Z_R$
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Nota. Desviación Estándar en función de la confiabilidad. A través de (AASHTO, 93), pág.

93

A partir de que el nivel de confiabilidad del 90%, obtenemos un valor de  $Z_r$  de -1.282

- Determinación de la desviación estándar ( $S_o$ )

$S_o$  es un valor que depende directamente de la confiabilidad ( $R$ ), definida anteriormente, entonces la (AASHTO, 93) recomienda valores de  $S_o$  según el pavimento a diseñar, y para este caso en particular (Pavimento flexible) la norma recomienda valores que estén en el rango de 0.3 – 0.45, para la cual definimos nuestra  $S_o$  con un valor de 0.45.

- Determinación del índice de servicio ( $\Delta PSI$ )

Este factor es la calidad de comodidad de circulación ofrecida al usuario. Tendrá valores que varían de 0 a 5, el cual el mayor señala la mejor comodidad teórica y lo contrario el valor de cero. (AASHTO, 93)

**Figura 26**

*Índice de servicialidad Inicial (Pi) según rango de tráfico*

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,00	150,000	3.80
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	3.80

*Nota.* Índice inicial en función del tráfico. A través de (AASHTO, 93), pág. 93

**Figura 27**

*Índice de servicialidad Final (Pt) según rango de tráfico*

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	2.00
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	2.00
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>P4</sub>	750 001	1,000,000	2.00

*Nota.* Índice inicial en función del tráfico. A través de (AASHTO, 93), pág. 127

En este proyecto los valores quedan definidos:  $P_i=3.8$  y  $P_t = 2$ , obteniendo un índice de servicio de 1.8.

- Capacidad de drenaje para remover la humedad

Es un factor en función de la calidad de drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, tiempo donde la estructura se enfrenta a niveles de humedad próximos a la saturación. (AASHTO, 93)

## Figura 28

### Factor de drenaje

Calidad de Drenaje	Porcentaje de tiempo con la estructura expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menor 1 %	1 - 5 %	5 - 25 %	Mayor 25 %
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Nota. Factor de drenaje en función de la humedad. A través de (AASHTO, 93), pág. 32

Por lo tanto, asumimos un nivel de saturación entre el rango de 5 – 25 % con una buena calidad de drena. Entonces los valores de la capacidad de drenaje de m<sub>2</sub> y m<sub>3</sub> son de 1.

- Resumen de datos

$$W_{18} = 145231$$

$$Z_r = -1.252$$

$$S_o = 0.45$$

$$\Delta PSI = 1.8$$

$$M_R = 14197 \text{ psi}$$

$$m_1 = 1$$

$$m_2 = 1$$

### 8.2.1. Pavimento flexible, asfalto

- Número estructural (SN) del pavimento flexible

En base a los datos obtenidos, se determina el número estructural, aplicando la ecuación para el cálculo del SN. Además, se realiza la comprobación con la aplicación del nomograma de diseño para pavimentos flexibles señalados en la norma (AASHTO, 93), pág. 43

$$SN = 1.97 \text{ pulg}$$

$$\log_{10} W_{18} = 5.16$$

$$Z_r * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.2 * \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{\frac{4.2-1.5}{1094}}\right)}{0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log M_R - 8.07 = 5.16$$

SN = 5 cm

**Figura 29**

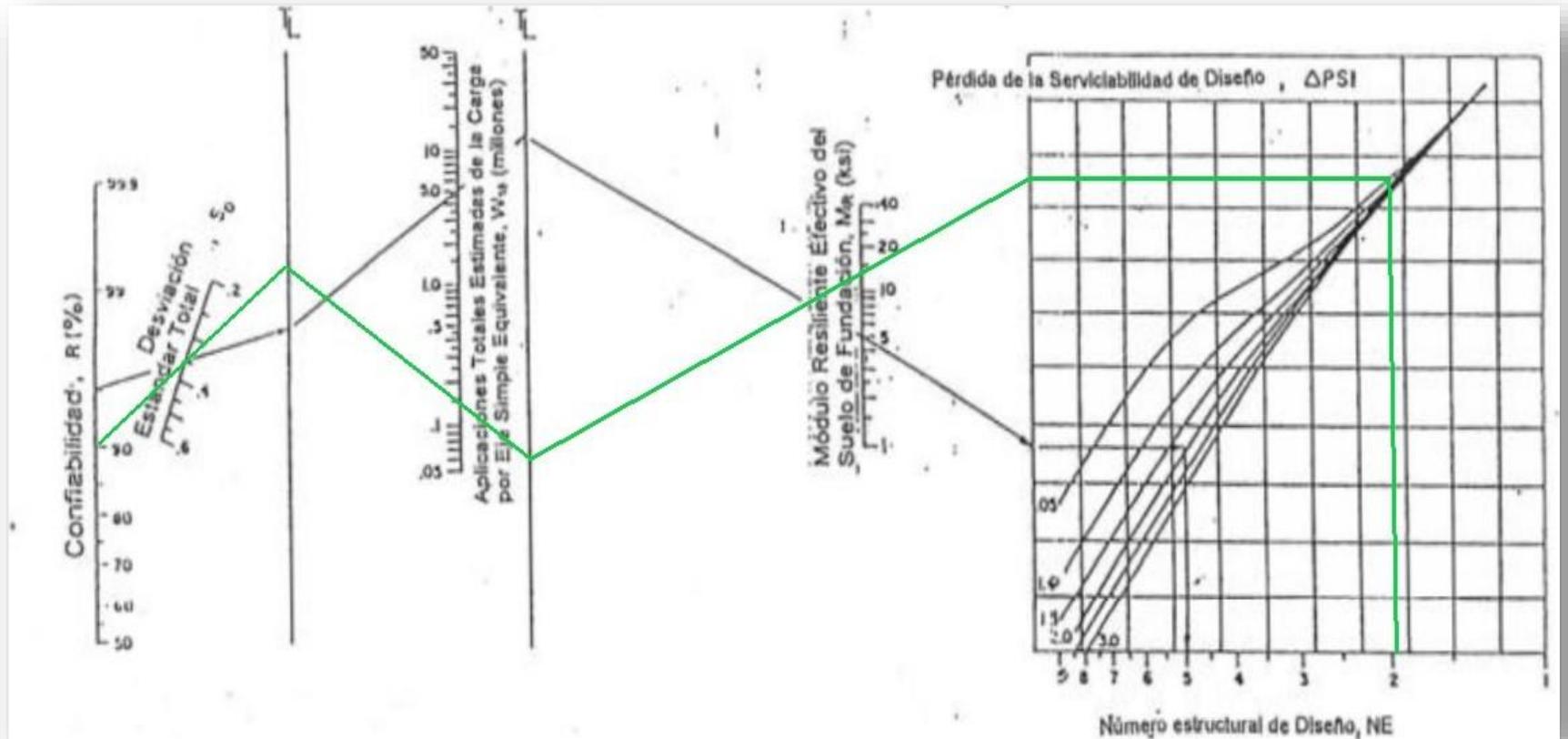
*Resultado de la Ecuación Asshto - Software*

*Nota.* Número estructural calculado. Elaborado por: El autor, a través (AASHTO, 93)

SN = 1.97 pulg

**Figura 30**

*Nomograma de diseño para pavimentos flexibles*



*Nota.* Número estructural calculado. Elaborado por: El autor, a través (AASHTO, 93)

**SN = 1.97 pulg**

### 8.2.2. Determinación de espesores de cada capa

Tras encontrar el número estructural de diseño para una estructura de pavimento, se procede con el cálculo de los espesores de la capa estructural de pavimento, los mismos que con su combinación definen la capacidad de cargar correspondiente al SN. (AASHTO, 93)

La norma indica la siguiente ecuación para el cálculo de espesores de superficie, base y sub – base.

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

Donde:

$a1, a2, a3$  = coeficientes de cada capa representativos de la capa de rodadura, base, sub - base

$D1, D2, D3$  = Espesor de cada capa de rodadura

$m2, m3$  = coeficiente de drenaje

SN = Número estructural

Se deben definir los coeficientes de cada capa, característicos de la carpeta, base y sub – base respectivamente,  $a1, a2, a3$ . Por tal motivo se seleccionarán los parámetros recomendados en la Norma (AASHTO, 93)

**Figura 31**

Valores  $A_i$ . Recomendados por la (AASHTO, 93)

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico. Este ES un valor Maximo y de utilizarse como tal, El expediente de ingeniería debe ser explicito en cuanto a pautas de cumplimiento obligatorio como realizar : - Un control de calidad riguroso - Indicar un valor de Estabilidad Marshal, superior a 1000 kf-f - Alertar sobre la susceptibilidad al fisuramiento térmico y por fatiga (AASHTO 1993)
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25 mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	$a_1$	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 10'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2b}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2c}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

Nota. Valores de  $A_i$  definidos. A través de (AASHTO, 93)

Entonces, los valores quedan de la siguiente manera:

$$a_1 = \frac{0.17}{cm} * 2.54 cm = 0.43 pulg$$

$$a_2 = \frac{0.052}{cm} * 2.54 cm = 0.13 pulg$$

$$a_3 = \frac{0.047}{cm} * 2.54 cm = 0.12 pulg$$

- Cálculo de espesores D1, D2, D3

Mediante el método del tanteo, agrupamos los espesores hasta encontrar un SN mayor al de diseño.

$$D1 = 2 pulg$$

$$D2 = 4 pulg$$

$$D3 = 8 pulg$$

$$a1 = 0.43 pulg$$

$$a2 = 0.13 pulg$$

$$a3 = 0.12 pulg$$

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

$$SN = 2.34 pulg = 5.96 cm$$

$$SN_{diseño} = 1.97 pulg = 5 cm$$

$$SN_{diseño} < SN$$

- Comprobación

Para garantizar un buen diseño, mediante la Guía (AASHTO, 93) con los ábacos de parámetros de resistencia, se definen los módulos resilientes de asfalto, base, sub-base, para su posterior cálculo de SN y verificar que estos valores correspondan menores al SN de diseño, calculado anteriormente.

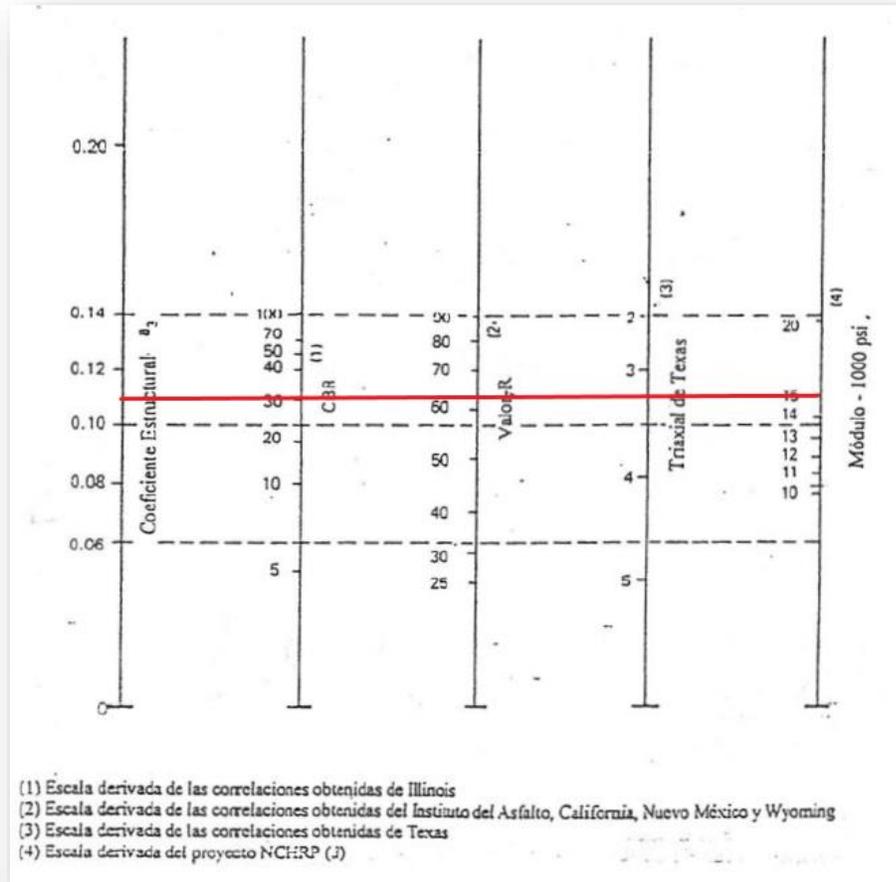
- Sub – base

En el capítulo VII de este proyecto se determinó una sub – base Clase III, la cual cumple con los límites de la (MTOP, 2003), la misma que señala que además de estos límites, debe cumplir con un coeficiente de desgaste máximo y la capacidad de CBR debe ser igual o mayor del 30%.

Para lo cual adoptamos este valor de 30% y mediante los ábacos de la guía (AASHTO, 93), se determina el módulo resiliente y coeficiente estructural.

**Figura 32**

*Ábacos correspondientes a los parámetros de resistencia de la sub-base*



*Nota.* Modulo resiliente de Sub – base en función del C.B.R. A través de (AASHTO, 93),  
 pág.27

Con un CBR de 30% se determinó un Módulo resiliente de 15000 psi

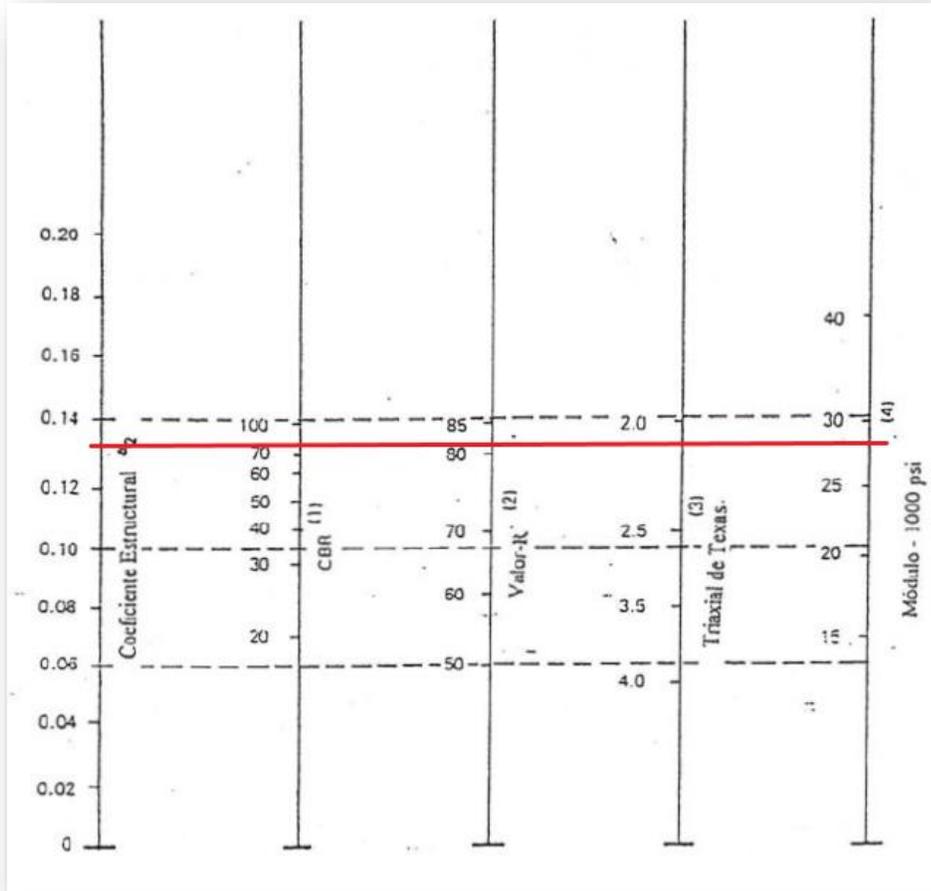
- Base

Para la base se determinó en el capítulo VII, una base clase tipo 4, la misma que según la guía debe cumplir un CBR igual o mayor al 80%. (MTO, 2003)

Por tal motivo mediante los ábacos de la guía (AASHTO, 93), la misma que en función del CBR, se podrá determinar el módulo resiliente.

**Figura 33**

*Ábacos correspondientes a los parámetros de resistencia de la base*



*Nota.* Modulo resiliente de Sub – base en función del C.B.R. A través de (AASHTO, 93),

pág.24

Con un CBR de 80% se determinó un módulo resiliente para base de 28000 psi

- Carpeta asfáltica

Para el material bituminoso se tomará en cuenta la calidad del mismo, por lo mencionado se deberá cumplir con los requisitos mencionados en la subsección 810-3, estas emulsiones asfálticas serán de rotura lenta y cumplirán con lo especificado en la subsección 810-4. (MTOPI, 2003)

Para el cálculo del SN, nos basaremos en el control de calidad de mezclas asfálticas mencionados en la (MTOPI, 2003)

**Figura 34**

*Criterios de control de calidad de mezclas asfálticas*

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
<b>CRITERIOS MARSHALL</b>								
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	---	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

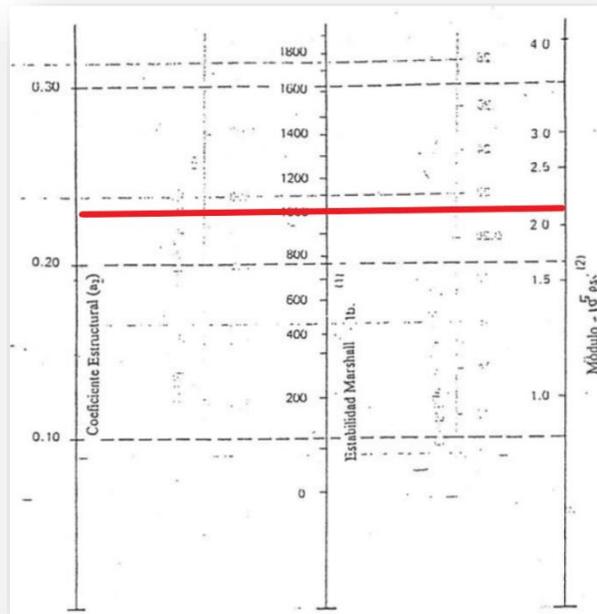
*Nota.* Control de calidad. A través de (MTOPI, 2003)

Se determina mediante los criterios de control de mezclas asfálticas utilizando el tipo de tráfico del proyecto, se tiene 1000 lb de estabilidad.

En el ábaco correspondiente a la norma AASHTO 93, función de la estabilidad del pavimento se procede a determinar el módulo resiliente de la capa de pavimento.

**Figura 35**

*Ábaco correspondiente para la carpeta asfáltica*



*Nota.* Modulo resiliente de Sub – base en función del C.B.R. A través de (AASHTO, 93)

Correspondiente al valor de estabilidad, se determina el módulo resiliente para la carpeta asfáltica con un valor de 220000 psi

$$Mr_{asfalto} = 220000 \text{ psi}$$

$$Mr_{base} = 28000 \text{ psi}$$

$$Mr_{sub-base} = 15000 \text{ psi}$$

**Tabla 30***Cálculo de Numero estructural de cada capa de pavimento*

<b>Tipo</b>	<b>LOG (EJES ACUMULADOS)</b>	<b>ECUACION DE COMPROBACION</b>	<b>SN (Calculado)</b>	<b>D (cm)</b>	<b>Coficiente estructural</b>	<b>SN parcial calculado</b>
SN1	5.2	5.2	0.4	5.0	0.43	0.85
SN2	5.2	5.2	1.8	10.0	0.13	1.30
SN3	5.2	5.2	1.9	20.0	0.12	0.94
<b>Sn (Total)</b>						<b>3.09</b>

Elaborado por: El autor

Por tal motivo, se comprueban los valores de Sn de diseño con el Sn total calculado anteriormente, y verificar que este valor sea mayor al SN de diseño.

$$SN_{Diseño} = 1.97$$

$$SN_{Total} = 3.09$$

$$SN_{Diseño} < SN_{Total} \text{ Cumple ;}$$

### 8.2.3. Espesores mínimos en función del SN

Para poder regirnos a la norma, ahora ya calculados los espesores, debemos comprobar si estos están sobre los valores de espesores mínimos, los cuales están en función del tránsito ESALS' (ejes equivalentes).

### Figura 36

Valores de espesores mínimos

Espesores mínimos (pulgadas)		
Trafico, ESAL's	Concreto Asfáltico	Base de Agregados
menos de 50,000	1.0 (o tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2.0	4
150,001-500,000	2.5	4
500,001-2,000,000	3.0	6
2,000,001-7,000,000	3.5	6
mayor que 7,000,000	4.0	6

Nota. Espesores mínimos, a través de (AASHTO, 93)

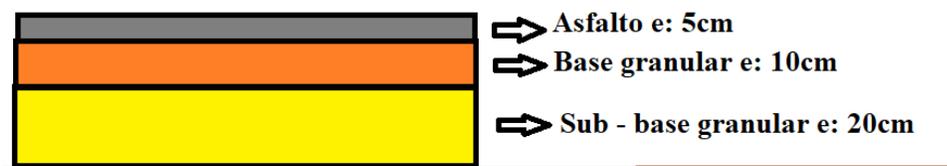
De acuerdo con la Tabla 36 y los espesores calculados anteriormente, se puede concluir que los espesores están dentro de los valores mínimos recomendados por la (AASHTO, 93)

- Alternativa de diseño para cada capa de pavimento

En base a los resultados, para espesores de cada capa diseñados para 20 años, se tiene un espesor final de 35 cm, a continuación, un esquema de los espesores de cada capa:

### Figura 37

Estructura de pavimento adoptado para el diseño de 20 años – S/E



Elaborado por: El autor

#### 8.2.4. Especificaciones y cantidades de obra

#### Tabla 31

*Cantidades de obras del diseño de pavimento flexible*

<b>Abscisa Inicial</b>		<b>0+000</b>	
<b>Abscisa Final</b>		<b>0+513.22</b>	
<b>Material</b>	<b>Espesor (cm)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen total (m<sup>3</sup>)</b>
Corte		1278.26	6797.89
Relleno		265.7	1499.22
Pavimento	5	19.4	102.64
Base	10	38.8	205.3
Sub - base	20	77.6	410.56

Elaborado por: El autor

# CAPÍTULO IX

## DISEÑO GEOMÉTRICO

### 9.1. Criterios de diseño

El proyecto vial está ubicado en una zona montañosa, según la topografía realizada. Debido al tráfico futuro de la vía, la misma se considera como clase tipo V, según lo señalado en la (MTO, 2003)

Este diseño geométrico se lo realizó bajo las Normas de Diseño Geométrico de carreteras del ministerio de Obras Públicas 2003, considerando un periodo de diseño de 20 años.

El diseño se realizó en planta considerando la anchura total de la vía, por la clasificación de vía no se consideran bermas.

### 9.2. Normas de diseño

De acuerdo con lo descrito, a continuación, se muestran los valores límites de diseño según la Figura 3:

**Figura 38**

*Valores límites de diseño adoptados*

NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA <sup>(1)</sup>		CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE III 300 – 1 000 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE IV 100 – 300 TPDA <sup>(1)</sup>						CLASE V MENOS DE 100 TPDA <sup>(1)</sup>															
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA								
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M			
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 <sup>(9)</sup>	60	50	40	50	35	25 <sup>(9)</sup>	60	50	40	50	35	25 <sup>(9)</sup>
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 <sup>(9)</sup>	110	75	42	75	30	20 <sup>(9)</sup>
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110	290	210	150	210	150	110
<b>Peralte</b>	MÁXIMO = 10%																																			
<b>Coefficiente "K" para:</b> <sup>(2)</sup>	10% (Para V > 50 K.P.H.)												8% (Para V < 50 K.P.H.)																							
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal <sup>(3)</sup> máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal <sup>(4)</sup> mínima (%)	0,5%																																			
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00						4,00 <sup>(8)</sup>											
Clase de pavimento	Carpetas Asfáltica y Hormigón						Carpetas Asfáltica						Carpetas Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado											
Ancho de espaldones <sup>(5)</sup> estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---											
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7)						4,0											
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 <sup>(6)</sup> - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---											
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																			
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																			
	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																			
	0,50 m mínimo a cada lado																																			
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																			
LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																				

*Nota.* Parámetros asignados a la vía. A través de MTO (2003)

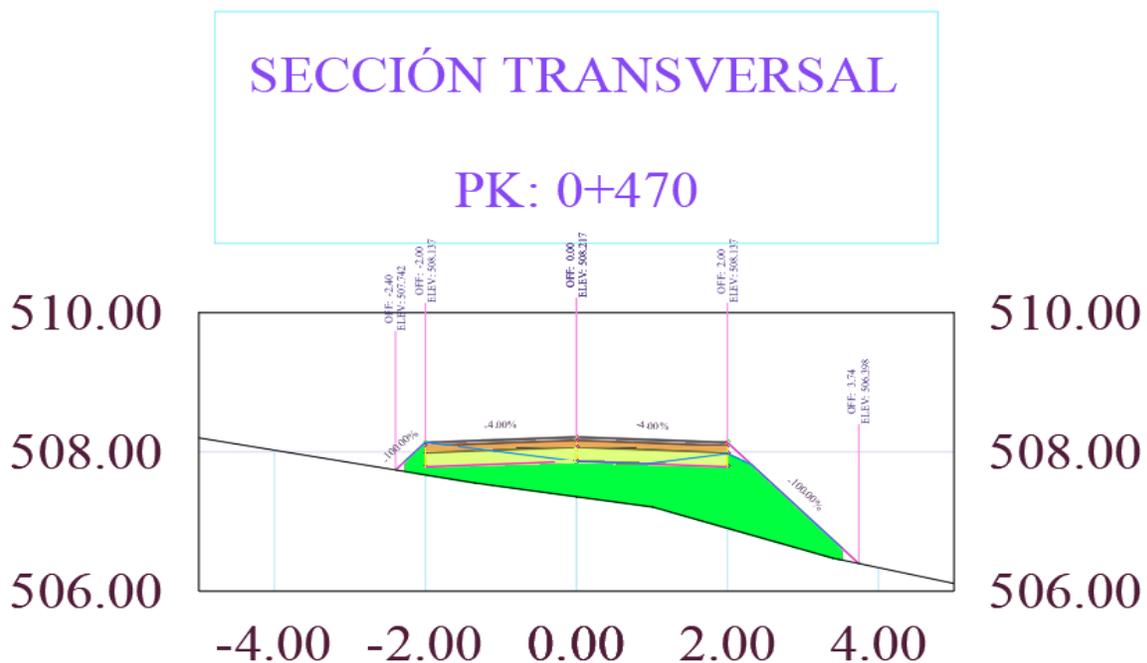
Para el diseño vertical y horizontal, se tomarán en cuenta estos criterios de diseño, expuestos anteriormente.

### 9.3. Sección típica adoptada

En base a los criterios señalados anteriormente, se adopta una sección típica representada a continuación.

**Figura 39**

*Sección típica adoptada S/E*



Elaborado por: El autor

### 9.4. Estudios topográficos

Los estudios topográficos, forman parte del estudio preliminar realizado en campo, para ellos se realizó el levantamiento topográfico de la vía de 30m de ancho, con 15 metros en cada margen del eje.

Para dicho trabajo, se utilizó de la estación topografía R15, un prisma, GPS, estacas, flexómetro. Para mantener un control del alineamiento horizontal y vertical se ubicaron los puntos que se encuentran en la selección de ruta.

Posteriormente estos datos fueron procesados en el programa computarizado Civil 3D 2020, en el cual se realizó la triangulación de puntos, creación de superficie de terreno natural, todo esto necesario para realizar el diseño vertical y horizontal de la vía.

Cabe señalar que, por la topografía de la zona, se pudo constatar que no contamos con quebradas de agua natural que crucen la vía, no contamos con deformaciones superficiales que pongan en peligro la realización de este proyecto, además se puede determinar las áreas de aportación que existen en la vía con el objetivo de realizar el drenaje vial.

### **9.5. Alineamiento horizontal y vertical**

El diseño horizontal se implanto de acuerdo al eje donde la vía fue establecida, mediante el software Civil Cad se realizó la implantación de las curvas horizontales, que para este proyecto contaremos con curvas simples, además de tomar en cuenta los sobre anchos con un peralte e: 8% establecido para velocidades de diseño menores a 50 km/h. (MTOP, 2003)

El proyecto vial contara con 8 curvas circulares simples, las cuales fueron diseñadas de acuerdo a lo establecido en la norma (MTOP, 2003), cumpliendo su radio mínimo de 20 m (tabla 39), a continuación, se presenta la descripción de cada curva, en los anexos D (alineamiento vertical y horizontal) se podrá ver detalladamente la localización de curvas, y demás detalles a considerar en el diseño.

**Tabla 32***Tabla de elementos de curvas horizontales*

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR SIMPLE										
PI N°	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	LONG. CURVA	LONG. CUERDA	EXTERNAL	PI	PC	PT
PI : 1	N68° 43' 56E"	14°44'28"	30 m	3.881 m	7.718 m	7.697 m	0.250 m	0+035.45 m	0+031.57 m	0+039.29 m
PI : 2	S82° 56' 17E"	71°24'01"	20 m	14.372 m	24.923 m	23.342 m	4.628 m	0+085.45 m	0+071.08 m	0+096.00 m
PI : 3	S27° 21' 43E"	39°45'07"	22.5 m	8.134 m	15.611 m	15.299 m	1.425 m	0+142.58 m	0+134.45 m	0+150.06 m
PI : 4	S14° 27' 19W"	43°52'57"	22.5 m	9.064 m	17.233 m	16.815 m	1.757 m	0+185.31 m	0+176.24 m	0+193.48 m
PI : 5	S48° 16' 04W"	23°44'33"	20 m	4.204 m	8.288 m	8.288 m	0.437 m	0+241.18 m	0+236.98 m	0+245.27 m
PI : 6	S30° 56' 40W"	58°23'20"	20 m	11.175 m	20.382 m	19.511 m	2.910 m	0+314.78 m	0+303.60 m	0+323.98 m
PI : 7	S21° 24' 36W"	39°19'13"	15 m	5.359 m	10.294 m	10.093 m	0.929 m	0+360.94 m	0+355.58 m	0+365.88 m
PI : 8	S25° 19' 16W"	31°29'55"	15 m	4.230 m	8.246 m	8.143 m	0.585 m	0+396.42 m	0+392.19 m	0+400.44 m

Elaborado por: El autor

Para el alineamiento vertical también se encuentra diseñado en base a la norma (MTOPI, 2003), en donde según nuestra clase de vía tenemos que la gradiente mínima es de 0.5% y la máxima de 14%, pero para este proyecto se estableció un máx. de 20% (Figura 38) ya que la norma indica que si es necesario variar los datos en fin de una mejora en la carretera se puede aumentar este valor. Esto además considerando pendientes que ayuden con el movimiento de tierras, ofreciendo mejores costos y mejorando la estética de la vía

En este diseño se cuentan con 3 curvas cóncavas y 3 convexas, las cuales cada una de ellas fue diseñada con tal motivo de que sus valores de coeficientes K, cumpla con los valores mínimos, que para este caso será de 2 para convexas y 3 para cóncavas. (Figura 38)

**Tabla 33***Tabla de elementos de curvas verticales*

TABLA DE CURVAS VERTICALES							
N° PVI	Tipo	Longitud CVL (m)	Pendientes %		a	K	Kmin
			Entrada	Salida			
1	Convexa	70	11.76	16.43	28.19	2.48	2
2	Cóncava	50	16.43	8.87	7.56	6.61	3
3	Convexa	50	8.87	3.18	12.05	4.15	2

Elaborado por: El autor

## 9.6. Movimiento de tierras

Para el cálculo de movimiento de tierras, se lo realizará en el software Civil Cad2020, el cual aplica el método de perfiles transversales. Esto se lo realiza una vez determinado el diseño horizontal y vertical del proyecto.

Por esta razón aplicaremos este método que se basa en la fórmula de Simpson para el cálculo del volumen del prisma. (Martinez, 2015)

$$Vp = \frac{1}{2} * (A1 + A2) * L$$

Donde:

VP= Volumen del prisma ( $m^3$ )

A1 = Área uno ( $m^2$ )

A2= Área dos ( $m^2$ )

L = Distancia entre secciones transversales ( $m$ )

**Nota:** (Martinez, 2015) menciona “El prisma es un cuerpo comprendido entre dos bases planas paralelas”.

### 9.6.1. Especificaciones y cantidades de obra

A continuación, mediante el método de perfiles transversales, se presenta la tabla de volúmenes de corte y relleno del proyecto en estudio.

**Tabla 34***Volúmenes de corte y relleno*

TABLA DE VOLUMENES						
ABSCISA	ÁREA DE RELLENO (m <sup>2</sup> )	AREA DE CORTE (m <sup>2</sup> )	VOLUME N DE RELLENO (m <sup>3</sup> )	VOLUME N DE CORTE (m <sup>3</sup> )	VOL. DE RELLENO ACUM. (m <sup>3</sup> )	VOL. DE CORTE ACUM. (m <sup>3</sup> )
0+000.00	0.24	2.22	0	0	0	0
0+020.00	0	27.36	2.77	325.46	2.77	325.46
0+050.00	0	15.75	0.06	710.93	2.83	1036.39
0+060.00	0	12.66	0.02	156.26	2.86	1192.65
0+080.00	0	21.38	0	376.99	2.86	1569.64
0+090.00	0	20.26	0	230.12	2.86	1799.76
0+100.00	0	4.86	0	138.76	2.86	1938.53
0+120.00	26.1	0	300.13	53.46	302.99	1991.99
0+140.00	22.9	0	563.12	0	866.11	1991.99
0+160.00	3.25	0	301.36	0	1167.46	1991.99
0+180.00	0	12.71	37.52	139.64	1204.99	2131.62
0+200.00	0	31.81	0	489.4	1204.99	2621.02
0+220.00	0	47.45	0	871.79	1204.99	3492.82
0+240.00	0	49.19	0	1063.33	1204.99	4556.15
0+260.00	0	17.12	0	729.57	1204.99	5285.72
0+280.00	0.68	0	7.81	188.29	1212.8	5474.01
0+300.00	1.68	0	27.1	0	1239.9	5474.01
0+310.00	2.83	0	26.43	0	1266.32	5474.01
0+320.00	2.94	0	34.51	0	1300.84	5474.01
0+340.00	0	3.59	34.15	39.53	1334.99	5513.54
0+360.00	0	11.6	0	167.06	1334.99	5680.61
0+380.00	0	17.37	0	319.33	1334.99	5999.94
0+400.00	0	20.75	0	417.52	1334.99	6417.46
0+420.00	0	11.78	0	357.81	1334.99	6775.27
0+440.00	1.91	2.21	21.93	153.89	1356.92	6929.16
0+460.00	4.39	0	72.47	24.28	1429.38	6953.44
0+480.00	1.42	0	66.91	0	1496.3	6953.44
0+500.00	0.24	0.33	19.1	3.66	1515.39	6957.1
0+513.22	0.03	0.96	2	9.4	<b>1517.39</b>	<b>6966.5</b>

Elaborado por: El autor, A través Civil Cad 2022

### 9.6.2. Curvas de masas

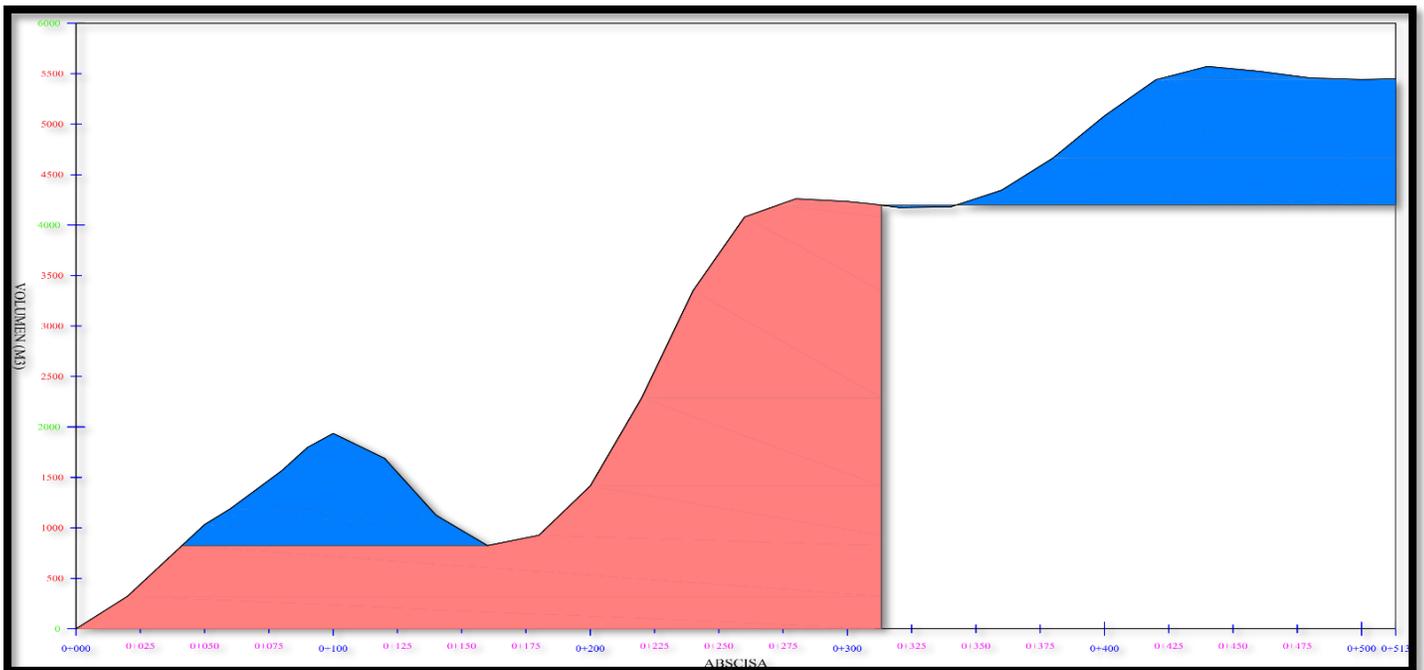
Se debe considerar el análisis de curvas de masas que se define de la siguiente manera:

Para la construcción de un proyecto vial, se debe evaluar los volúmenes de material de corte que se utilizarán para la formación de terraplenes, mediante el traslado del material de corte hacia las zonas de relleno. Según los requerimientos de volumen del relleno, se evalúa la calidad y cantidad del material de corte, para comprobar si este satisface las necesidades de material para el relleno. Pero en otro caso puede darse que el volumen de relleno puede superar al de corte, por lo tanto, se debe recurrir al material de préstamo. Para determinar estos casos de movimiento de terracerías y obtener costos mínimos, se cuenta con el diagrama de masas. (Erazo,

2015)

**Figura 40**

*Diagrama de masas – S/E*



Elaborado por: El autor, a través de Civil Cad (2022)

## **CAPÍTULO X**

### **DISEÑO HIDRAULICO**

#### **10.1. Alcance**

Para el diseño hidráulico, se analiza, verifica y diseña las obras de drenaje que pueden ser necesarios en este proyecto vial. Por lo tanto, es fundamental obtener datos hidrológicos e hidráulicos de la zona, mediante registros otorgados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMI).

Con los datos hidrológicos se procede a determinar el caudal de diseño para las obras de drenaje a necesitar, las mismas que permitirán una vida útil de la estructura mediante la recolección del escurrimiento superficial y sub superficial, con el fin de descargar el escurrimiento hacia causas naturales.

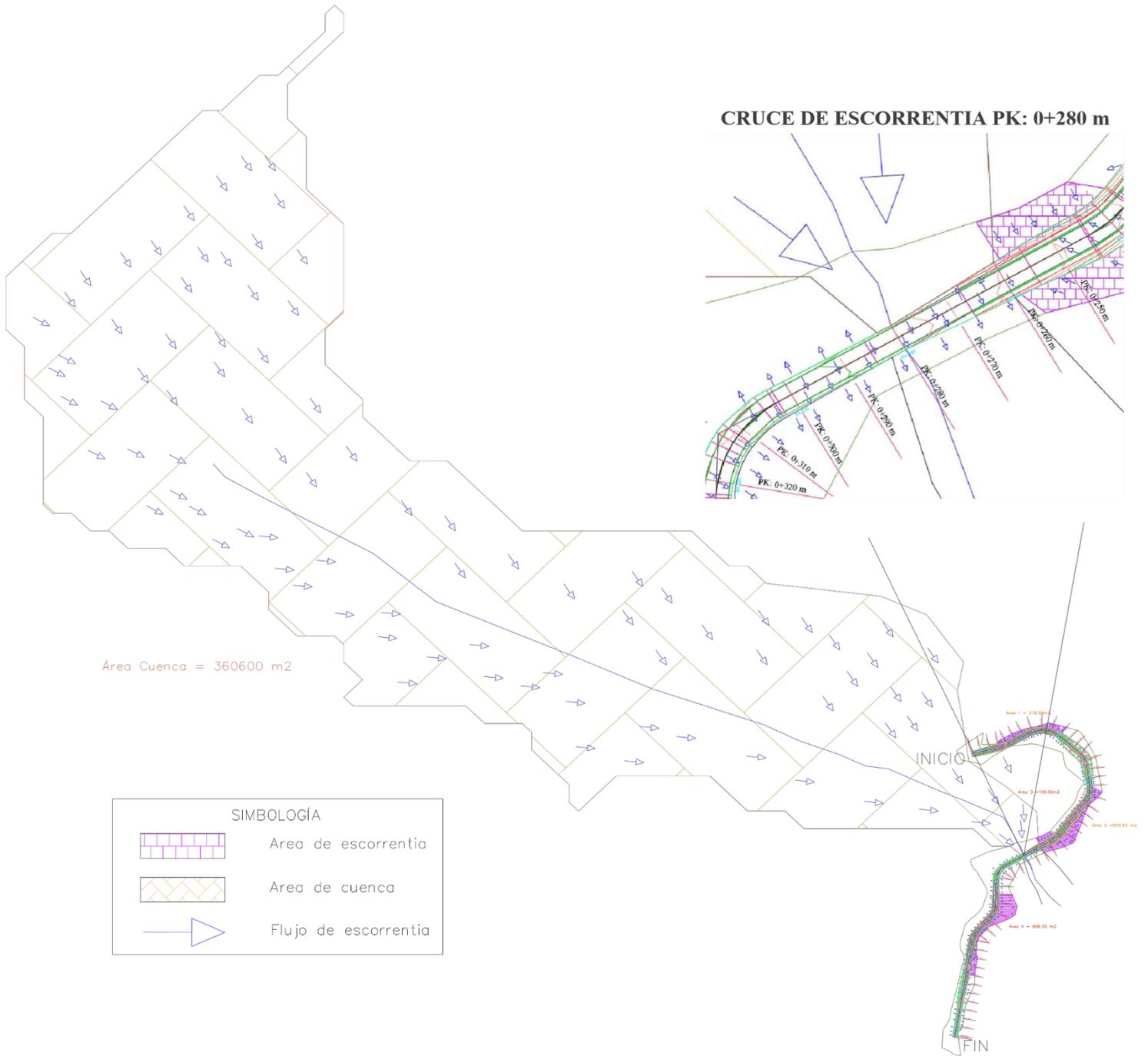
Cabe mencionar que, para el diseño de las cunetas, se tomara en cuenta las áreas de aportación de escurrimiento que pertenecen a los flujos del pavimento, y de las áreas de corte encontradas en la topografía. Mientras que, para el diseño de alcantarillas, mediante el programa Infra Works con la función de análisis de áreas de aportación, se buscara cuantas existen en el proyecto según la topografía de la zona. Se realizará el análisis de su ubicación, y la cantidad de las mismas, garantizando su funcionamiento, verificando el diámetro y su eficiencia hidráulica.

#### 10.2. Trazado de la cuenca de drenaje

Para el análisis de las cuencas de aportación en la zona, se utilizará el programa Infra Works, el cual determino 1 área de aportación total de 0.36 km<sup>2</sup>, el mismo que mediante el método racional se determina el caudal de diseño para las alcantarillas. Y además se tomará en cuenta la sección desde la abscisa 0+340 hasta la abscisa 0+440 sus áreas de aportación para el diseño de cunetas, ya que representa el tramo más crítico de aportación de fluidos.

**Figura 41**

*Áreas de cuencas de drenaje – S/E*



Elaborado por: El autor, a través de Civil Cad (2022)

### **10.3. Drenaje longitudinal**

En el diseño de obras de drenaje longitudinal, será necesario calcular el caudal de diseño que está en función de las áreas de aportación, longitud de tramo, intensidad de precipitación y coeficiente de escorrentía, el mismo que dependerá del material de la cuneta, que para este proyecto vial se optará por hormigón armado.

En la figura 41 se definen las áreas de aportación hacia las cunetas, se tiene 4 áreas en total.

Para los valores de  $Id_{TR}$ , los mismos que son necesarios para los cuales adoptaremos para cunetas un periodo de 10 años y para alcantarillas un periodo de 20 años.

### **10.4. Drenaje transversal**

Estos elementos de obras de drenaje, cumple su objetivo de transportar el agua y cruzarla por el eje de la carretera. Para este proyecto optaremos con una alcantarilla ubicada en la abscisa 0+280 la misma que servirá para cruzar el cauce que recibe del área de aportación y en la abscisa 0+454 se ubicará una alcantarilla para cruzar el cauce proveniente de las cunetas al ser este en punto más bajo en el perfil transversal. El diseño de las mismas debe cumplir algunos parámetros importantes, como la velocidad de flujo o el no cumplir su función de desviar el caudal.

### **10.5. Diseño de obras de drenaje**

Para un correcto diseño de las obras hidráulicas a realizar, se debe cumplir con los parámetros establecidos en las normas del país, además de asegurar un desalojo del agua hacia un destino lejos de la vía, para evitar daños estructurales en un futuro y así garantizar la vida útil del proyecto.

### 10.5.1. Intensidad de precipitación para un periodo de retorno

Ya definido el periodo de retorno (10 cunetas – 25 alcantarillas), mediante las curvas i-d-f, las mismas que están en función de la intensidad de lluvia para una duración de tormentas de 24 h. esta información se la obtuvo del INAMI.

**Figura 42**

*Intensidades máximas en 24 horas para varios periodos de retorno de la estación*

CODIGO	ESTACION	X	Y	Z	SERIE DATOS	N° DE AÑOS	TR2	TR5	TR10	TR25	TR50	TR100	PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE	
													A <sup>2</sup>	Chi <sup>2</sup>
M0321	TOPO-IMBABURA (ANGLA)	815715.77772	10023762.55980	2860	1982-2011	29	1.63	2.48	3.04	3.75	4.28	4.80		*
M0324	SAN FRANCISCO DE SIGSIPAMBA	843817.19980	10032992.33560	2230	1982-2011	30	2.09	2.74	3.12	3.81	3.88	4.17		*
M0325	GARCIA MORENO	764135.51851	10025874.08980	1950	1982-2011	30	2.85	3.55	3.96	4.43	4.76	5.06		*
M0326	SELVA ALEGRE IMBABURA	770105.97395	10027780.40470	1800	1982-2011	30	2.51	2.86	3.05	3.23	3.43	3.58	*	*
M0327	CHONTAL BAJO (GUAYLLDJ ALAMBI)	741151.63464	10025808.92100	700	1982-2011	28	3.21	4.08	4.58	5.15	5.54	5.90	*	*

Fuente: (INAMI, 2019), pág. 164

Según la información mostrada, se establecen los valores de  $I_{d_{TR}}$ , para cunetas (10 años) 4.58 y para alcantarillas (25 años) 5.15

Entonces, se calcula el valor de intensidad de precipitación, y se procede a las ecuaciones establecidas por el INAMI, y se opta por la información proporcionada por la zona 40 – Otavalo la misma que es la más cercana a la zona de estudio.

**Figura 43**

*Intensidades máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno (mm/h)*

ZONA	CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN	DURACIÓN	ECUACIÓN
40	M0105	OTAVALO	5 Min < 49.9 Min	$I_{TR} = 123.05 * I_{d_{TR}} * t^{-0.471} R^2 = 0.975$
			49.9 Min < 1440 Min	$I_{TR} = 597.42 * I_{d_{TR}} * t^{-0.875} R^2 = 0.9988$

Fuente: (INAMI, 2019), pág. 204

Para el diseño de cunetas se tomará en cuenta un tiempo de concentración de 12 minutos para un periodo de 10 años.

$$I_{TR} = 123.05 * Id_{TR} * t^{-0.471}$$

$$I_{TR} = 123.05 * 4.58 * 12^{-0.471}$$

$$I_{TR} = 174.844 \text{ mm/h}$$

Para el diseño de alcantarillas se tomará en cuenta un tiempo de concentración de 12 minutos para un periodo de 25 años.

$$I_{TR} = 123.05 * Id_{TR} * t^{-0.471}$$

$$I_{TR} = 123.05 * 5.15 * 12^{-0.471}$$

$$I_{TR} = 196.60 \text{ mm/h}$$

#### 10.5.2. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía para la cuenca que está en función de la pendiente transversal y del tipo de suelo, se lo determina en la siguiente tabla:

**Figura 44**

*Coefficiente de escorrentía*

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

*Nota.* Coeficiente de escorrentía en función de la cobertura vegetal. Elaborado por: El autor, través (MTO, 2003), pág. 299

Mediante esta información e interpolando los valores, ya que el diseño vial cuenta con una pendiente máx. de 16.46 %, por tal razón el coeficiente de escorrentía es de 0.47.

Además, se determina el coeficiente de escorrentía para la vía en la siguiente tabla:

**Figura 45**

*Coefficiente de escorrentía según Ven te Chow*

Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Zonas urbanas</b>							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
<b>Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
<b>Zonas rurales</b>							
<b>Campos de cultivo</b>							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente alta (> 7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
<b>Pastizales, prados, dehesas</b>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<b>Bosques, montes arbolados</b>							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Nota: Los valores de esta tabla son los utilizados en la ciudad de Austin (Texas, USA) para determinar caudales punta por el método racional en su término municipal.

*Nota.* Coeficiente de escorrentía en función de tipo de superficie. Elaborado por: (Chow, 1994), pág.263

### 10.5.3. Caudales de diseño

Al determinar áreas menores a 400 Ha se puede optar por el Método Racional para el cálculo del caudal de diseño para las cunetas, la misma que se muestra a continuación: (MTOP, 2003),pág.

299

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño máximo ( $\frac{m^3}{s}$ )

C = Coeficiente de escorrentía (Tabla 48)

I = Intensidad de precipitación ( $\frac{mm}{h}$ )

A = Área de la cuenca (Ha)

Para realizar este análisis, optaremos por analizar la máxima área de aportación de drenaje que se encuentra ubicada como Área 4, la misma cuenta con la mayor área de aportación de escorrentía en la estructura de pavimento.

- Datos

$$Ap. 4 = 0.0806 \text{ Ha}$$

$$Ap. Pav = 4 \text{ m} * 100 \text{ m} = 4000 \text{ m}^2 = 0.4 \text{ Ha}$$

$$I = 174.844 \text{ mm/h}$$

$$C_{cuenca} = 0.47$$

$$C_{pav} = 0.81$$

- Q diseño

$$Q1 = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q2 = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q1 = \frac{0.47 * 174.844 * 0.0806}{360} = 0.018 \frac{m^3}{s}$$

$$Q1 = \frac{0.81 * 174.844 * 0.4}{360} = 0.157 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{diseño} = 0.018 \frac{m^3}{s} + 0.157 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{diseño} = 0.175 \frac{m^3}{s}$$

#### 10.5.4. Dimensionamiento de obras de drenaje

En base al Caudal de diseño, se aplica el criterio de canales abiertos para determinar la capacidad de drenaje que tendrá la cuneta, dadas ciertas dimensiones, por lo cual se utiliza la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño ( $\frac{m^3}{s}$ )

n = Coeficiente de Rugosidad de Manning (Tabla 48)

A = Área hidráulica de la sección ( $m^2$ )

R = Radio Hidráulico (m)

S = Pendiente longitudinal (Pendiente de la vía)

A = Sección de la cuneta (Sección de la cuneta)

P = Perímetro mojado

- Coeficiente de Manning

Este coeficiente se lo ha calculado con la experimentación, por lo que está en función del tipo de material a usar en la construcción de cunetas:

**Figura 46**

*Coefficiente de Manning*

Revestimiento	Calidad Buena	Calidad Regular
Concreto vaciado en formaletas sin acabado	0,013	0,017
Concreto alisado a boca de cepillo	0,013	0,015
Concreto emparejado con llana	0,012	0,014
Mortero lanzado, sección buena	0,016	0,019
Piedras irregulares, unidas con mortero cemento	0,017	0,020
Mampostería de piedra bruta y mortero de cemento frisado	0,016	0,020

*Nota.* Coeficiente de Manning en función del revestimiento, A través de (MTOP, 2003), pág.

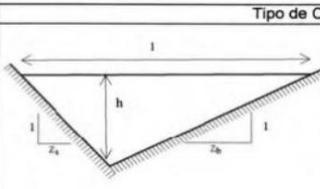
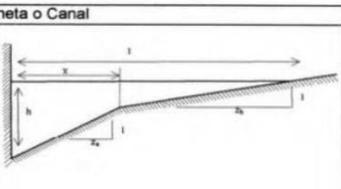
301

- Geometría de la cuneta

Para determinar el Radio hidráulico, se utilizarán las siguientes expresiones:

**Figura 47**

*Capacidad Hidráulica de cunetas*

Tipo de Cuneta o Canal	
	
Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$
Area (x)	$x + z_b \cdot \left( h - \frac{x}{z_a} \right)$
Perímetro Mojado (P)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$
Radio Hidráulico (R)	$x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left( \frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)$
	$h + \sqrt{x^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left( h - \frac{x}{z_a} \right)$
	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot \left( \sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2} \right)}$
	$\frac{x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left( \frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)}{h + \sqrt{x^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left( h - \frac{x}{z_a} \right)}$

*Nota.* Fórmulas para la capacidad hidráulica de cunetas. A través (MTOP, 2003), pág. 211

Se definen los siguientes coeficientes:

Za = 1 (Definido por el coeficiente de talud de corte)

Zb = 2 (Valores de cunetas típicas (MTOP, 2003))

- Velocidades máximas y mínimas

En la Norma (MTOP, 2003), determina que para obras de drenaje la pendiente longitudinal de la vía debe ser de mínimo 5%, para lo cual nuestro proyecto cumple con esta condición, además se debe proporcionar una velocidad mínima de 0.25m/s y una velocidad máxima que depende del material de construcción de la cuneta:

**Figura 48**

*Velocidades máximas de agua con que se erosionan diferentes materiales*

MATERIAL	VELOCIDAD m/s .	MATERIAL	VELOCIDAD m/s .
<b>Arena fina</b>	<b>0.45</b>	<b>Pizarra suave</b>	<b>2.0</b>
<b>Arcilla arenosa</b>	<b>0.50</b>	<b>Grava gruesa</b>	<b>3.50</b>
<b>Arcilla ordinaria</b>	<b>0.85</b>	<b>Zampeado</b>	<b>3.4-4.5</b>
<b>Arcilla firme</b>	<b>1.25</b>	<b>Roca sana</b>	<b>4.5 – 7.5</b>
<b>Grava fina</b>	<b>2.00</b>	<b>Hormigón</b>	<b>4.5-7.5</b>

*Nota.* Límites de velocidad adoptados, a través de (MTOP, 2003), pág. 255

Por lo que se determina una velocidad máxima de 7.5 m/s

- Dimensiones de cuneta

**Tabla 35**

*Cálculo de dimensiones de cunetas y comprobación de diseño*

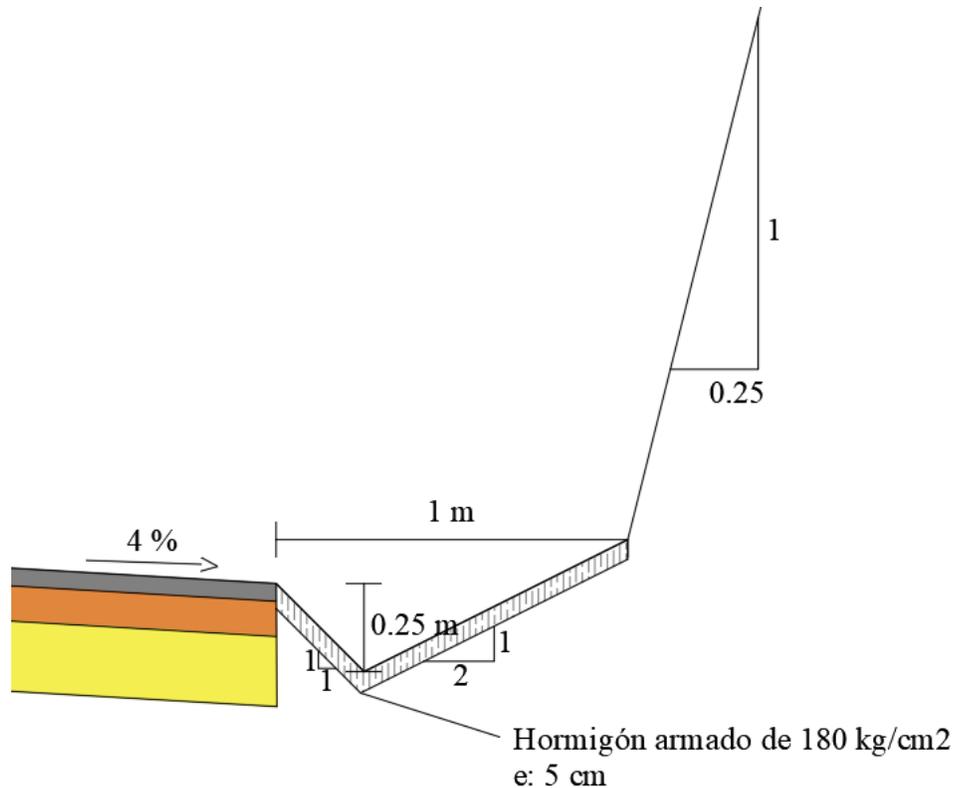
Cuneta	TIPO DE AREA	UBICACIÓN		Za	Zb	H	Ancho superficial (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado (m)	Radio Hidráulico	S %	n (Manning)	Q calculado (m <sup>3</sup> /s)	Q diseño (m <sup>3</sup> /s)	Resultado	V (m/s)	V min (m/s)	V max (m/s)	Resultado
		Absc. Inicia	Absc. Final																
Derecha	CALZADA	0+340	0+440	1	2	0.25	0.75	0.09375	0.91	0.10	8.87%	0.014	0.44	0.16	Cumple	4.67	0.25	7.5	Cumple
Izquierda	Area de aportacion	0+340	0+440	1	2	0.25	0.75	0.09375	0.91	0.10	8.87%	0.014	0.44	0.018	Cumple	4.67	0.25	7.5	Cumple

Elaborado por: El autor

La cuneta queda definida con las siguientes dimensiones y la misma será utilizada según su ubicación señalado en la Figura 41:

### Figura 49

*Dimensiones de cuneta – S/E*



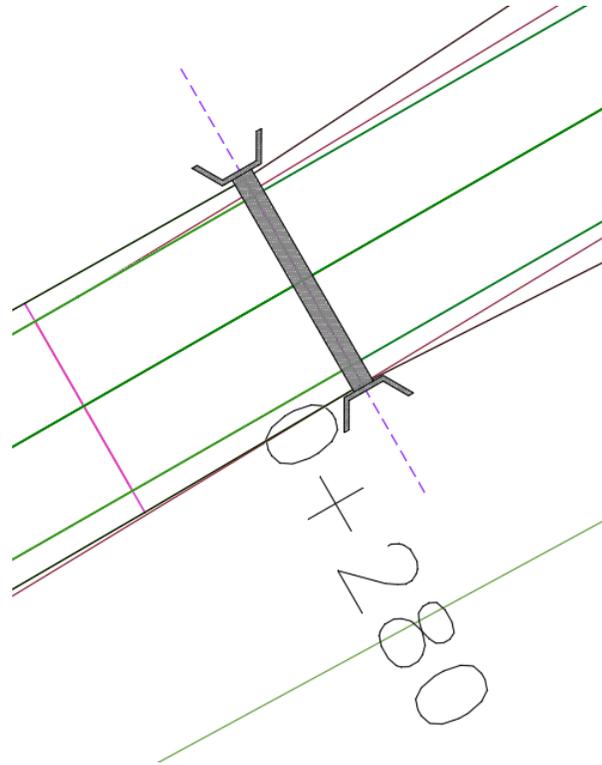
Elaborado por: El autor

#### 10.5.5. Diseño de alcantarillas

Para el diseño de alcantarillas se tomó en cuenta el área de cuenca, y las pendientes del perfil longitudinal, ubicando la zona más baja para la ubicación de una alcantarilla. Al contar con áreas de aportación bajas, se determina alcantarillas de tipo flujo libre sin controles. Por lo tanto, se ubican las siguientes dos alcantarillas:

**Figura 50**

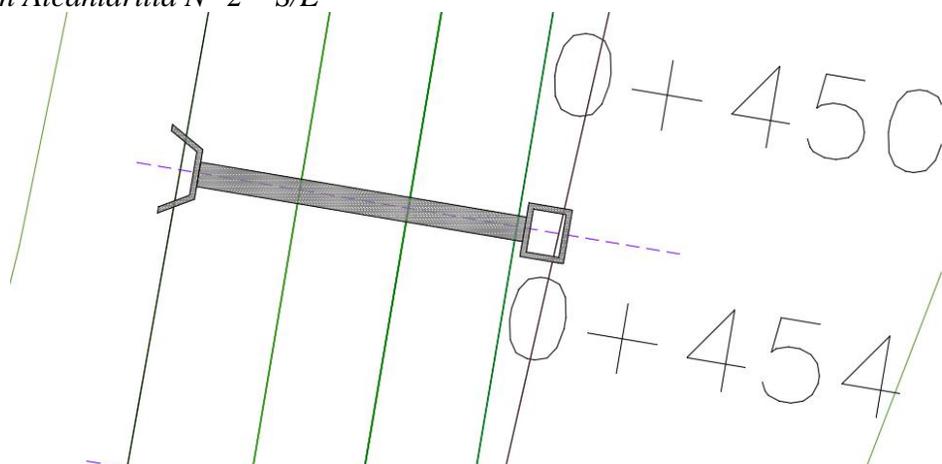
*Ubicación Alcantarilla N° 1 – S/E*



Elaborado por: El autor

**Figura 51**

*Ubicación Alcantarilla N° 2 – S/E*



Elaborado por: El autor

- Caudal de diseño de alcantarillas

Datos Alcantarilla N°1

$$\text{Ap. cuenca} = 360600 \text{ m}^2 = 36.06 \text{ Ha}$$

$$\text{Ap. 2} = 655 \text{ m}^2 = 0.0655 \text{ Ha}$$

$$\text{Ap. Pav} = (210 \text{ m} * 4 \text{ m}) = 840 \text{ m}^2 = 0.084 \text{ Ha}$$

$$\text{Tr} = 25 \text{ años}$$

$$I_{TR} = 196.60 \text{ mm/h}$$

$$C_{cuenca} = 0.47$$

$$C_{pav} = 0.81$$

Q diseño

$$Q3 = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q4 = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q3 = \frac{0.47 * 196.60 * 36.06}{360} = 9.26 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad Q4 = \frac{0.47 * 196.60 * 0.0655}{360} = 0.017 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q5 = \frac{0.81 * 196.60 * 0.084}{360} = 0.037 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 9.26 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0.017 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0.037 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{diseño 2}} = 9.31 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Datos Alcantarilla N°2

$$\text{Ap. 5} = 806.55 \text{ m}^2 = 0.081 \text{ Ha}$$

$$\text{Ap. 6} = (100 \text{ m} * 4 \text{ m}) = 400 \text{ m}^2 = 0.04 \text{ Ha}$$

$$\text{Tr} = 25 \text{ años}$$

$$I_{TR} = 296.94 \text{ mm/h}$$

$$C_{cuena} = 0.47$$

$$C_{pav} = 0.81$$

Q diseño

$$Q3 = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

$$Q4 = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

$$Q3 = \frac{0.47 \cdot 196.60 \cdot 0.081}{360} = 0.021 \frac{m^3}{s} \quad Q4 = \frac{0.81 \cdot 196.60 \cdot 0.04}{360} = 0.017 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{diseño} = 0.021 \frac{m^3}{s} + 0.017 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{diseño3} = 0.38 \frac{m^3}{s}$$

- Dimensiones de alcantarillas

**Tabla 36**

*Cálculo de dimensiones de cunetas y comprobación de diseño*

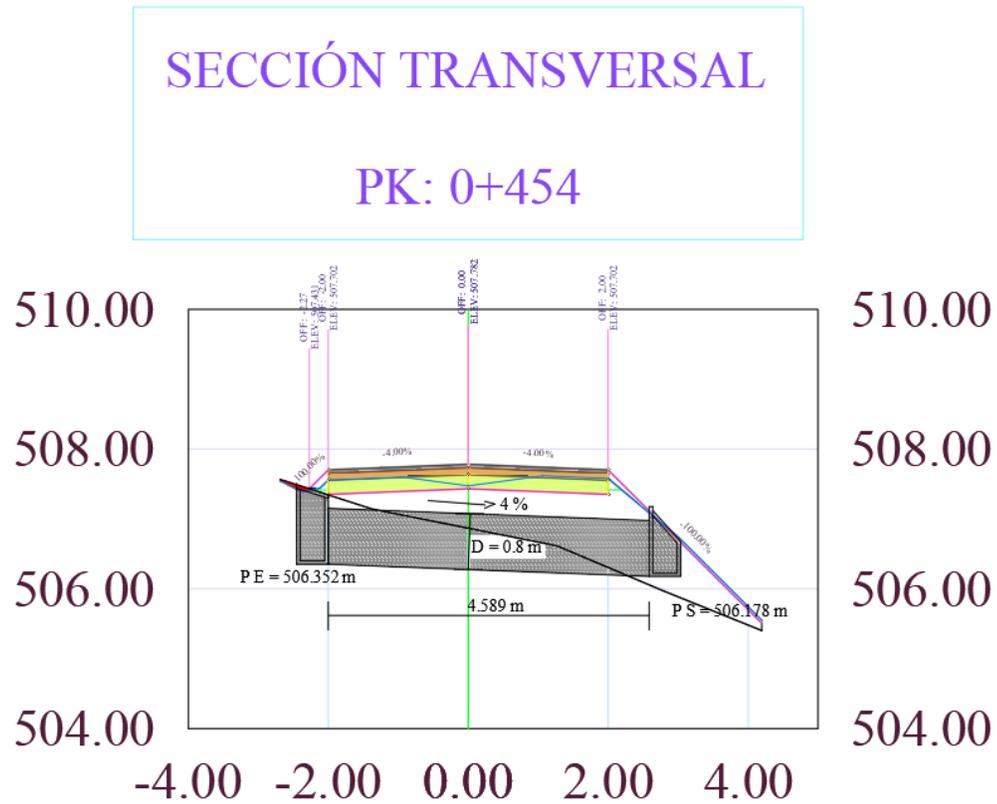
Alcantarila	Q diseño (m <sup>3</sup> /s)	Diametro (m)	y	φ	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico	S %	n (Manning)	Q calculado (m <sup>3</sup> /s)	Q diseño (m <sup>3</sup> /s)	Resultado	Velocidad (m/s)	V min (m/s)	V max (m/s)	Resultado
Nº 1	9.31	1.2	1	4.60	1.01	2.76	0.36	0.04	0.014	9.96	9.31	Cumple	9.89	0.25	7.5	Cumple
Nº 2	0.038	0.8	0.64	141.06	0.98	1.09	1.08	0.04	0.014	16.32	0.04	Cumple	6.32	0.25	7.5	Cumple

Elaborado por: El autor



**Figura 54**

*Implantación Alcantarilla N° 2 – S/E*



Elaborado por: El autor

- Cantidades de obra

**Tabla 37***Cantidades de obras de drenaje*

ITEM	ACTIVIDAD	Ubicación		Longitud (m)	Orientación	Unidad	Cantidad	Total
		Inicio	Fin					
1	Excavación para cuneta	0+000	0+095	95	Derecha	m <sup>3</sup>	5.94	
2	Excavacion para cuneta	0+010	0+095	85	Izquierda	m <sup>3</sup>	5.31	
3	Excavacion para cuneta	0+170	0+270	100	Derecha	m <sup>3</sup>	6.25	35.63
4	Excavacion para cuneta	0+170	0+270	100	Izquierda	m <sup>3</sup>	6.25	
5	Excavacion para cuneta	0+340	0+420	80	Derecha	m <sup>3</sup>	5.00	
6	Excavacion para cuneta	0+340	0+450	110	Izquierda	m <sup>3</sup>	6.88	
7	Excavacion para alcantarilla		0+280	5	-	m <sup>3</sup>	8.35	14.56
8	Excavacion para alcantarilla		0+450	4.589	-	m <sup>3</sup>	6.21	
9	Hormigon f'c 180 kg/cm2 para alcantarillas		0+280	5	-	m <sup>3</sup>	6.42	
10	Hormigon f'c 180 kg/cm2 para alcantarillas		0+450	4.589	-	m <sup>3</sup>	4.35	10.77
11	Hormigon f'c 180 kg/cm2 para cunetas	-	-	570	-	m <sup>3</sup>	25.94	

Elaborado por: El autor

## **CAPÍTULO XI**

### **EVALUACIÓN AMBIENTAL**

#### **11.1. Antecedentes**

Para el presente diseño vial se tiene una longitud de 513 m, que mediante el análisis y cálculos se determinó como un tipo V vecinal, la misma contara con un pavimento flexible para un periodo de 20 años. En el diseño geométrico par el análisis longitudinal y transversal se los realizo en base a los parámetros de la normativa MTOP.

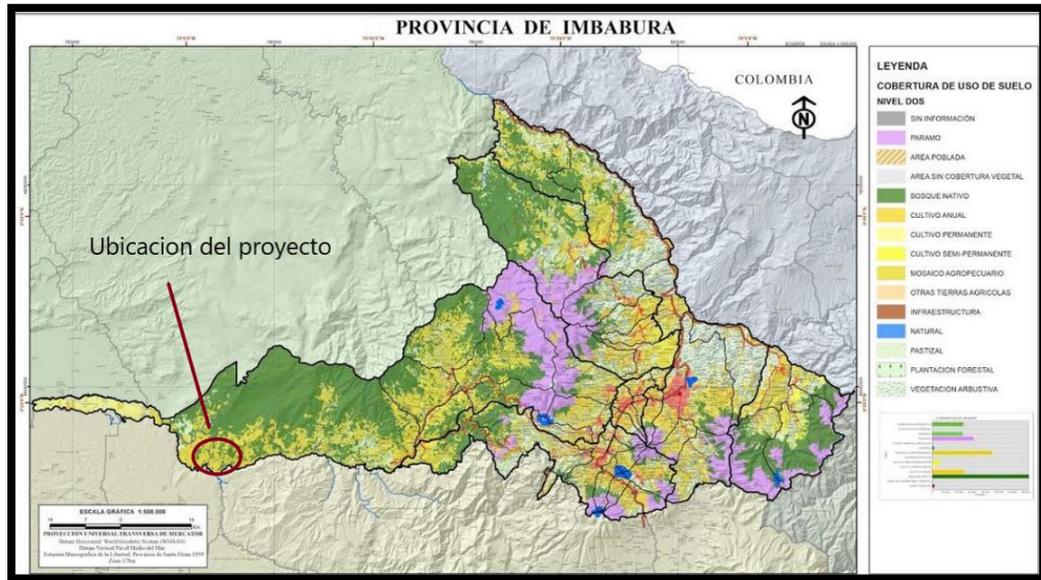
Por consecuencia, durante la ejecución de este proyecto se verán zonas posiblemente afectadas. Por tal motivo es necesario contar con una evaluación de impacto ambiental con el objetivo de contrarrestar cada uno de estos efectos.

#### **11.2. Diagnóstico de la situación**

El proyecto vial se encuentra cerca de la comunidad Cielo Verde, en la provincia de Imbabura, Donde el de uso de suelo pertenes a cultivos y de bosque nativo, tal y como se presenta en el siguiente grafico:

**Figura 55**

*Cobertura vegetal y uso de suelo de la provincia de Imbabura*



*Nota.* Uso de suelo en la zona. A través de Plan de desarrollo y ordenamiento territorial (2015 – 2035)

Este proyecto vial se lo realiza con la finalidad de dar facilidad para la transportación de producto agrícolas, y además de brindar una entrada a una gran vista, que en un futuro podría llegar a ser un atractivo turístico. Estas son las bases con las que se realizó este diseño vial, para promocionar un espacio natural único, generando ingresos a la comunidad y pobladores del sector.

### **11.3. Caracterización ambiental**

Para realizar la caracterización ambiental, se lo hará según lo indicado en el catálogo de categorización ambiental nacional, desarrollado y aprobado por el Ministerio del Ambiente en el año 2015, específicamente en el código CCAN número 23.4.1.1.4.4 con descripción de construcción de vías de tercer orden menor o igual a 3km.

**Figura 56**

*Catálogo de caracterización ambiental nacional*

CÓDIGO CCAN	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	CATEGORÍA (I, II, III, IV)
23.4	<b>Construcción pesada</b>	
23.4.1	<b>Construcción de autopistas, vías, calles, puentes, túneles, acueductos y viaductos</b>	
23.4.1.1	<b>Construcción de autopistas, vías y calles</b>	
23.4.1.1.1	<b>Construcción de autopistas</b>	
23.4.1.1.1.1	Construcción de autopistas	IV
23.4.1.1.1.2	Ampliación y rectificación de autopistas	III
23.4.1.1.2	<b>Construcción de vías de primer orden</b>	
23.4.1.1.2.1	Construcción de vías de primer orden	IV
23.4.1.1.2.2	Ampliación y rectificación de vías de primer orden	III
23.4.1.1.3	<b>Construcción de vías de segundo orden</b>	
23.4.1.1.3.1	Construcción de vías de segundo orden mayor a 3 Km y menor o igual a 10 Km	III
23.4.1.1.3.2	Construcción de vías de segundo orden mayor a 10 Km	IV
23.4.1.1.3.3	Construcción de vías de segundo orden en zonas con importante valor físico, biótico, arqueológico, etc.	IV
23.4.1.1.3.4	Ampliación y rectificación de vías de segundo orden	II
23.4.1.1.3.5	Construcción de vías de segundo orden menor o igual a 3 Km	II
23.4.1.1.4	<b>Construcción de vías de tercer orden</b>	
23.4.1.1.4.1	Construcción de vías de tercer orden mayor a 3 Km y menor o igual a 10 Km	III
23.4.1.1.4.2	Construcción de vías de tercer orden mayor a 10 Km	IV
23.4.1.1.4.3	Construcción de vías de tercer orden en zonas con importante valor físico, biótico, arqueológico, etc.	IV
23.4.1.1.4.4	Construcción de vías de tercer orden menor o igual a 3 km	II
23.4.1.1.4.5	Ampliación y rectificación de vías de tercer orden	II
23.4.1.1.5	<b>Construcción de caminos de herradura y de empalizado</b>	
23.4.1.1.5.1	Construcción y/o ampliación de caminos de herradura y de empalizado mayor a 2 Km	II

*Nota.* Caracterización ambiental. A través de (Ministerio del Ambiente , 2015)

La categorización es de categoría II y de acuerdo al artículo 19 de la Ley de Gestión Ambiental esta categoría comprende “Todos los proyectos, obras o actividades cuyos impactos ambientales y/o riesgo Ambiental, son considerados de bajo impacto” (Ministerio del Ambiente , 2015)

#### **11.4. Identificación de impactos ambientales**

Es importante realizar la identificación de los impactos producto de la realización de este proyecto, y al realizar una evaluación in situ, además de una categorización (II) de la zona, se determinan 3 potenciales impactos ambientales:

- Polvo
- Contaminación de aire
- Manejo de desperdicios

#### **11.5. Plan de manejo ambiental**

Mediante ese análisis se empleará distintas normativas para prevenir cualquier impacto ambiental, por la tanto se lo define como:

El Plan de Manejo Ambiental representa el conjunto de medidas destinadas a contrarrestar, renovar y/o compensar los impactos ambientales potenciales, con el objetivo de realizar actividades de manera sostenible y responsable mediante el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. (CELEC, 2019)

**Tabla 38***Ficha ambiental general*

FICHA AMBIENTAL									
Nombre del proyecto				Institución			Fecha		Vías de acceso
Diseño preliminar para la apertura del tramo de vía rural desde la abscisa 0+00 a 1+00 en la "Comunidad Cielo Verde", ubicada en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.				Universidad Politécnica Salesiana - Campus Sur - Carrera de Ingeniería Civil			jul-22		Vía Sahuangal - Las Golondrinas, actualmente se encuentra en etapa de construcción.
Ubicación (UTM WGS84 17N)				Tipo de suelo	Topografía	Tipo de Vegetación	Área ocupacional	Temperatura	PRECIPITACION
SECTOR	NORTE	ESTE	ALTITUD	Arcillas y Limos de alta plasticidad	Montañoso, con una pendiente máxima de 16%	Cultivos y montaña fértil	Ganadería y agricultura	22°C a 29°C	175 mm/h
<b>INICIO</b>	24987.95	731074.76	547 m						
<b>FIN</b>	24663.04	731058.54	509 m						

Elaborado por: El autor

**Tabla 39***Plan ambiental control de polvo*

CONTROL DE POLVO		
Especificaciones	Descripción	Procedimiento de trabajo a realizar
Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes MTOP	Mantener el espacio de trabajo, mediante la prevención y control de polvo, consecuencia del movimiento de tierras	El personal encargado debe constar con la aprobación del fiscalizador, para realizar el riego de agua, en días donde el solo este de gran impacto.

Elaborado por: El autor

**Tabla 40***Plan ambiental control de aire*

Control de aire		
Especificaciones	Descripción	Procedimiento de trabajo a realizar
Especificaciones generales para construcción de caminos y puentes MTOP	Prevenir y controlar los impactos ambientales producto de emisiones de gases contaminados provocados por la maquinaria pesada	Revisar los sellos de revisión constantemente, para evaluar si los controles son periódicos  Revisión y mantenimiento constante de equipos y maquinaria, en específico aquellas las que funcionan en base a motores de combustión

Elaborado por: El autor

**Tabla 41**

*Plan ambiental para manejo de desperdicios*

<b>Manejo de desperdicios</b>		
<b>Especificaciones</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Porcedimiento de trabajo a realizar</b>
Especificaciones generales para construccion de caminos y puentes MTOP	Es necesario la ubicación de un relleno sanitario o parecido, para la descarga sobrante del proyecto vial.	Ejecucion del plan de manejo de escombros.

Elaborado por: El autor

11.6. Costos ambientales

**Tabla 42**

*Costos ambientales del proyecto vial*

<b>PLAN</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Costo (USD)</b>
<b>Control de polvo</b>	Realizar en intervalos de tiempo el riego de agua, necesarios en funcion del clima.	Contratista	150
<b>Control de aire</b>	Controlar diariamente las maquinarias, para prevenir accidentes durante el proceso constructivo.	Contratista	100
<b>Manejo de desperdicios</b>	Realizar la recoleccion del material de excavacion , para su posterior uso como relleno y el valor sobrante se estimara su transporte hacia un relleno sanitario.	Contratista	300

Elaborado por: El autor

## **CAPÍTULO XII**

### **ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO**

#### **12.1. Análisis de precios unitarios**

Mediante el análisis de precios se determina lo siguiente:

El análisis de precios unitarios representa las actividades y condiciones específicas de cada obra, al tener en conocimiento previo de las condiciones geológicas – geotécnicas y a los métodos constructivos elegidos. En este análisis se considera la distancia, altura y condiciones climáticas como factores primordiales que influyen en la determinación de un costo para la actividad. (EPMOP, 2014)

En estas condiciones se realizan los precios unitarios para este proyecto, teniendo en consideración los factores influyentes para dicho cálculo, y se detalla las actividades a realizar. Destacando además que se consideró un 18% de Costos indirectos y un 7% para Utilidad.

En el ANEXO D se presentan cada uno de los análisis de precios unitarios para este proyecto.

#### **12.2. Presupuesto de obra**

Como consecuencia del análisis de precios unitarios, se determina el presupuesto de obra, ya con los materiales y cantidades de obra a utilizar, se obtiene un presupuesto referencial. A continuación, se presenta el presupuesto de obra.

**Tabla 43***Presupuesto referencial de obra*

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Global
Movimiento de tierras					
001	Desbroce, desbroce y limpieza	Ha	2.2	\$585.66	\$1,288.45
002	Replanteo y Nivelación	km	0.513	\$342.96	\$175.94
003	Excavación para cortes en el terreno	m3	6797.89	\$3.81	\$25,883.31
004	Relleno y compactado in situ para terraplenes	m3	1499.22	\$5.12	\$7,668.51
005	Excavación para cunetas	m3	160	\$3.29	\$525.65
006	Desalojo de tierra y escombros (transporte libre 200m)	m3	6518.404	\$1.13	\$7,340.42
007	Excavación para cunetas	m3	35.63	\$3.81	\$135.66
008	Excavación para alcantarillas	m3	14.56	\$3.81	\$55.44
Sub - total					\$43,073.37
Estructura del pavimento					
E001	Material Sub - base clase 3	m3	410.56	\$7.56	\$3,101.87
E002	Material Base granular clase 4	m3	205.3	\$14.31	\$2,936.86
E003	Pavimento en caliente - elaborado en planta	m3	102.64	\$14.11	\$1,448.42
E004	Hormigón armado de 180 kg/cm2 para cunetas, incluye encofrado	m3	25.94	\$105.71	\$2,741.99
E005	Asfalto RC Implimación	lt	2658	\$0.89	\$2,362.70
E006	Transporte de material sub - base clase 3	m3xkm	410.56	\$0.43	\$178.38
E007	Transporte de material base granular clase 4	m3xkm	205.3	\$0.43	\$89.20
E008	Hormigón armado de 180 kg/cm2 para alcantarillas, incluye encofrado	m3	10.77	\$102.58	\$1,104.79
E009	Acabo de obra básica	m2	2048	\$0.50	\$1,033.65
Sub - total					\$14,997.84
Medidas de control ambiental					
A001	Control de polvo				\$150.00
A002	Control de aire				\$100.00
A003	Manejo de desperdicios				\$300.00
Sub - total					\$550.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$58,621.21</b>

*Nota.* Se obtiene un presupuesto de cincuenta y ocho mil seiscientos veinte y uno y veinte y un centavos. Elaborado por: El autor

### 12.3. Cronograma valorado de ejecución

El cronograma valorado representa la cronología de actividades que estará presente en la ejecución de este proyecto. Es necesario realizar el mismo, ya que es de suma importancia para la función de fiscalización, en donde se muestran los costos necesarios diariamente en la obra en función de los rubros marcados en el presupuesto de obra.

En referencia a esto, para este proyecto se realizó el cronograma valorado, donde esta señalado el precio de cada rubro que se necesita diariamente en la ejecución del mismo, y los cálculos fueron desarrollados en el programa Excel 2019.



#### 12.4. Evaluación económica financiero

En este capítulo se va a evaluar si el proyecto en un futuro llega a ser rentable, evaluando las ganancias generadas por año, para esto se determina el Valor actual neto (V.A.N) y la Tasa interna de retorno (T.I.R).

- Valor actual neto (V.A.N)

Este valor financiero representa la viabilidad de ejecución de un proyecto, en base a los siguientes factores:

$$V.A.N. = \sum_{t=1}^n \frac{v_t}{(1+k)^t} - l_o$$

Donde:

Vt = Flujos de caja en cada periodo t

lo = Valor de desembolso inicial de inversión

n = Número de periodos considerado

k = Interés

Para determinar el valor del interés (k) se considera en función al mes y año de la evaluación de este proyecto (Julio, 2022), mediante la siguiente expresión:

$$K = \text{EMBI (Riesgo país)} + \text{Tasa pasiva}$$

$$\text{EMBI (Riesgo país)} = 2.54 \%$$

$$\text{Tasa pasiva} = 5.67 \%$$

Nota: Valores obtenidos en la página Web del Banco Central del Ecuador (2022)

$$K = 2.54 \% + 5.67 \% = 8.21\%$$

Los valores de flujo de caja se determinaron en base a las ganancias recibidas por el dueño de los terrenos antes del proyecto y después del mismo, considerando que se tiene plantación de Guanábana el cual es el ingreso principal y con la ejecución del proyecto se generaran aún más ganancias teniendo en cuenta que tendrá el recibimiento de turistas. Por esta razón se presenta el cálculo del V.A.N.

**Tabla 45**

*Cálculo del Valor Actual Neto (V.A.N.)*

Años (n)	Flujo de caja (vt)	$(1 + k)^n$	$\frac{vt}{(1 + k)^n}$
1	\$15,000	1.08	\$13,862
2	\$16,000	1.17	\$13,664
3	\$16,000	1.27	\$12,628
4	\$17,000	1.37	\$12,399
5	\$18,000	1.48	\$12,132
		$\sum_5^1 \frac{vt}{(1 + k)^n}$	\$64,685
		Inversión inicial (I <sub>0</sub> )	\$58,621
		V.A.N	\$6,063

Elaborado por: El autor

VAN > 0; el proyecto es viable

VAN < 0; el proyecto no es viable

VAN = 0, el proyecto es indiferente.

Al obtener un V.A.N. mayor a cero se concluye que el proyecto es viable.

- Tasa de retorno (TIR)

Este indicador financiero, señala la viabilidad de un proyecto considerando las siguientes características.

Cuando el TIR > TMAR; el proyecto es viable

Cuando el TIR < 0; el proyecto no es viable

Cuando el TIR = TMAR, el proyecto es indiferente.

Se define el valor de TIR,

$$V.A.N. = 0 = \frac{v_t}{(1 + TIR)^t} - l_0$$

Para lo cual se tiene el valor del TIR en función de los elementos anteriormente señalados es de 6 %

#### Tabla 46

##### *Cálculo del Tasa Interna de Retorno (TIR)*

Años (n)	Flujo de caja (vt)	$(1 + TIR)^n$	$\frac{vt}{(1 + TIR)^n}$
1	\$15,000	1.05	\$14,240
2	\$16,000	1.11	\$14,421
3	\$16,000	1.17	\$13,690
4	\$17,000	1.23	\$13,809
5	\$18,000	1.30	\$13,881
		$\sum_5^1 \frac{vt}{(1 + k)^n}$	\$70,042
		Inversión inicial (l <sub>0</sub> )	\$58,621
		TIR	\$11,421

Elaborado por: El autor

- Beneficio / Costo (B/C)

Para este análisis se va a compara los valores de costos entre los valores de beneficios que tiene el proyecto, de tal manera se define su rentabilidad, en base a los siguientes criterios

Cuando la relación B/C > 1; el proyecto es económicamente viable

Cuando la relación B/C < 1; el proyecto no es económicamente viable

Cuando la relación B/C = 1, el proyecto es económicamente dudoso.

Se emplea la siguiente ecuación

$$\text{Relación } \frac{B}{C} = \frac{VAN \text{ ingresos}}{VAN \text{ costos/Gastos brutos}}$$

A continuación, se presenta el respectivo análisis en base a lo indicado anteriormente:

**Tabla 46**

*Cálculo del beneficio/*

Años (n)	Ingresos	Egresos	Factor (1 + k) <sup>n</sup>	VA Ingresos	Va Egresos
1	0.0	58621.2	1.1	0.0	54173.6
2	20000.0	38621.2	1.2	17080.3	32983.1
3	12000.0	26621.2	1.3	9470.6	21010.0
4	10000.0	16621.2	1.4	7293.4	12122.5
Valor actual Neto				33844.3	120289.1
Relación beneficio / costo B/C					3.55

Elaborado por: El autor

En base a lo presentado, la relación B/C es mayor a 1, por tal motivo se determina al proyecto como económicamente viable.

## CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico se realizó por el autor de este proyecto, los instrumentos topográficos fueron alquilados en VIATIC S.A, donde se obtuvo una faja topográfica que estaba en función del eje de vía, para lo cual se levantó una faja de 30m de ancho, con 15 metros en cada margen. Posteriormente con los datos obtenidos, mediante la triangulación se determinó la superficie de terreno a utilizar para el posterior diseño.

Se obtuvo el tráfico promedio diario anual de 39 vehículos para el año 2022, un tráfico futuro de 62 para el año 2042, con un número de ejes equivalentes de 145231, para lo cual según la MTOP 2003 define como una vía tipo V con función vecinal.

En el diseño horizontal y vertical se cumplió lo establecido en la MTOP 2003 (radios mínimos, distancia entre curvas, dimensiones), por tal motivo para el diseño horizontal se obtuvo 8 curvas simples. En el diseño vertical se cumplió con los valores mínimos del coeficiente K, distancias entre curvas, y se concluyó con 3 curvas verticales. Todos estos cálculos fueron realizados en el software Civil Cad 2020.

Para el estudio de suelos, se realizó dos calicatas al inicio y al final del proyecto en estudio a varias profundidades (0.5m, 1m y 1.5 m), en donde se concluye suelos tipo A-7-6 Y A-7-5 según la clasificación AASHTO y suelos tipo CL, ML y MH según la clasificación Sucs.

Mediante las inspecciones in situ, se encontró la mina “Manduriacu”, la cual que se encuentra a 1 km del centro de gravedad del Proyecto. Además, el material encontrado en la vía servirá de material para base granular clase 4 y sub – base granular clase 3, y se encuentran dentro de los límites establecidos en la MTOP 2003

Se define la estructura del pavimento según la clase de vía (Clase V), de dos carriles de 2 m, sin berma. Y para mantener costos bajos se determinó una pendiente de corte de 0.25:1 y de 1:1 para los taludes de relleno.

Para el diseño de pavimento flexible se lo realizó para un periodo de diseño de 20 años y aplicando la metodología (AASHTO, 93), se definen los siguientes espesores de capa: 20 cm, Sub base clase 3; 10 cm, base granular clase 4; 5 cm carpeta asfáltica.

En las obras de drenaje se determinó tipo de cuneta triangular de 1m a los dos bordes, y para las alcantarillas se determinó dos alcantarillas,  $D = 1.2\text{m}$ ;  $D = 0.8\text{m}$  las mismas cumplen lo requerido en la norma MTOP 2003 para garantizar el funcionamiento de la vía.

En el análisis ambiental se categorizó el sector como tipo II el mismo que considera de bajo impacto, y se definen 3 potenciales impactos ambientales: polvo, aire, desperdicios. Los cuales se consideran rubros para mantener un control ambiental adecuado.

En lo que corresponde a la evaluación económica del proyecto, se calculó el Valor actual neto (V.A.N) el mismo que resultó mayor que cero lo que concluye que este estudio es considerado viable.

## **RECOMENDACIONES**

Es importante resaltar la importancia de los impactos ambientales, los cuales se señalan los rubros pertinentes para esta prevención.

Debido a la zona geográfica del proyecto, se debe considerar días lluviosos en la zona, en donde perjudicaría el desarrollo del proyecto, retrasándolo considerablemente.

Al encontrarse en una zona rural, se recomienda realizar charlas con los comuneros de la zona sobre educación vial, con la finalidad que los comuneros entiendan la importancia de respetar las señales de tránsito y así prevenir cualquier tipo de accidentes.

## REFERENCIAS

- AASHTO. (93). *AASHTO Design Procedures For New Pavements*. USA: Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos (NHI).
- Castillo, J. N. (2017). *DISEÑO DE LA VÍA PROVINCIAL EN EL TRAMO LA PILLAREÑA – EL CARMEN*. Ambato: [Tesis de grado, Universidad tecnica de Ambato] .
- CELEC. (2019). *Estudio de impacto ambiental definitivo EIAD*. Ecuador: Greenleaf Ambiental Company.
- Chow, V. t. (1994). *Hidrología Aplicada* . Bogota.
- EPMMOP. (2014). *Estudios de ingeniería definitivos del proyecto RUTA SUR - VÍA AEROPUERTO*. Quito.
- Erazo, F. P.-L. (2015). *EVALUACIÓN DE LAS VIAS QUE UNEN: LA COMUNIDAD OLTE SAN PEDRO HASTA EL SECTOR ROSARIO LO ELENES* . RIOBAMBA : UNACH.
- Gestion de riesgos. (2016). *www.gestionderiesgos.gob.ec*. Obtenido de [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/148-anos-del-terremoto-de-ibarra/#:~:text=Ibarra%20\(Imbabura\),de%20mayor%20magnitud%20en%20Ecuador](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/148-anos-del-terremoto-de-ibarra/#:~:text=Ibarra%20(Imbabura),de%20mayor%20magnitud%20en%20Ecuador).
- Grisales, J. C. (2002). *Diseño geométrico de carreteras*. Colombia: Ecoe ediciones.
- INAMI. (2019). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. Ecuador.
- J. ArgotyY. (2016). *Diseño de carreteras*. Obtenido de [http://www.academia.edu/7480720/CAPITULO\\_III\\_CAPITULO\\_III\\_RUTAS](http://www.academia.edu/7480720/CAPITULO_III_CAPITULO_III_RUTAS)
- León-Bonillo, M. (2016). *“Curvas de nivel. Confección de planos”*,. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Martinez, G. G. (2015). *ANÁLISIS Y EJECUCIÓN DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS EN UNA OBRA EMPLEADA EN EL DIAGRAMA DE CURVA DE MASA* . LIMA: UNIVERSIDAD DE PIURA.
- Ministerio de Obras Públicas - Chile. (2002). *Guía de diseño estructural de pavimentos para caminos de bajo volumen de tránsito*. Santiago de Chile, Chile.
- Ministerio de transportes y comunicaciones - Perú. (2014). *Manual de carreteras, Suelos geología, geotécnica y pavimentos*. Lima.
- Ministerio del Ambiente . (2015). *Catálogo - Categorización Ambiental*. Ecuador.
- Ministerio del Ambiente . (2015). *Ley de Gestión Ambiental* . Quito : Artículo 19.
- MTOP. (2003). *NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS*.

- ORTEGA, I. P. (2014). *ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS*. Obtenido de [www.academia.edu](http://www.academia.edu):  
[https://www.academia.edu/35191104/ESTUDIOS\\_DE\\_FACTIBILIDAD\\_Y\\_DISE%91OS\\_DEFINITIVOS\\_DE\\_LA\\_VIA\\_LAUREL\\_JUNQUILLAL\\_CON\\_UNA\\_LONGITUD\\_DE\\_10\\_30\\_KM\\_EN\\_EL\\_CANTON\\_SALITRE\\_DE\\_LA\\_PROVINCIA\\_DEL\\_GUAYAS](https://www.academia.edu/35191104/ESTUDIOS_DE_FACTIBILIDAD_Y_DISE%91OS_DEFINITIVOS_DE_LA_VIA_LAUREL_JUNQUILLAL_CON_UNA_LONGITUD_DE_10_30_KM_EN_EL_CANTON_SALITRE_DE_LA_PROVINCIA_DEL_GUAYAS)
- PÉREZ, F. A. (2018). *PROYECCIONES DE TRÁFICO EN CARRETERA RUTA DEL MAULE*. Valparaíso.
- Sayago, E. C. (08 de 2008). *Manual de Carreteras*. Obtenido de [wordpress.com](http://wordpress.com):  
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-carreteras.pdf>
- UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA. (2010). *ESTUDIO DE RUTAS PARA EL TRAZADO DE CARRETERAS*. Tacna - Perú: Escuela profesional de Ingeniería Civil.

## **ANEXOS**

**ANEXO A: CÁLCULO DE RUTAS, DESNIVELES Y  
PENDIENTES**

Rutas, abscisa y cotas

RUTA	PUNTO	ABSCISA	COTA
RUTA 1	INICIO	km0+000	550
	a	km 0+050	545
	b	km 0+100	540
	c	km 0+150	535
	d	km 0+200	530
	e	km 0+250	525
	f	km 0+300	520
	g	km 0+350	515
	h	km 0+400	510
	i	km 0+450	505
	j	km 0+500	500
	FIN	km 0+570	497
RUTA	PUNTO	ABSCISA	COTA
RUTA 2	INICIO	km0+000	550
	k	km 0+050	545
	l	km 0+100	540
	m	km 0+155	535
	n	km 0+221	530
	ñ	km 0+271	525
	o	km 0+321	520
	p	km 0+371	515
	q	km 0+421	510
	r	km 0+471	505
	s	km 0+521	500
	FIN	km 0+546	497

Cálculo de desniveles, pendientes y distancias horizontales

RUTA	TRAMO	DESNIVEL	DISTANCIA HORIZONTAL	PENDIENTE	%
RUTA 1	Inicio-a	5	50	0.1	10.00%
	a-b	5	50	0.1	10.00%
	b-c	5	50	0.1	10.00%
	c-d	5	50	0.1	10.00%
	d-e	5	50	0.1	10.00%
	e-f	5	50	0.1	10.00%
	f-g	5	50	0.1	10.00%
	g-h	5	50	0.1	10.00%
	h-i	5	50	0.1	10.00%
	i-j	5	50	0.1	10.00%
	j-Fin	3	70	0.04	4.29%

RUTA	TRAMO	DESNIVEL	DISTANCIA HORIZONTAL	PENDIENTE	%
RUTA 2	Inicio-k	5	50	0.1	10.00%
	k-l	5	50	0.1	10.00%
	l-m	5	55	0.09090909	9.09%
	m-n	5	66	0.07575758	7.58%
	n-ñ	5	50	0.1	10.00%
	ñ-o	5	50	0.1	10.00%
	o-p	5	50	0.1	10.00%
	p-q	5	50	0.1	10.00%
	q-r	5	50	0.1	10.00%
	r-s	5	50	0.1	10.00%
	s-Fin	3	25	0.12	12.00%

## ANEXO B: CONTEO VEHICULAR

DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL DESDE LA ABSCISA  
0+000 A 1+000 EN LA “COMUNIDAD DE CIELO VERDE”, UBICADA EN EL CANTÓN  
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

Aforador:                     Marcos Guamaní                      
 Estación:                     1                      
 Fecha:                     11/04/2022                    

Hora					
Inicio / Termina	Livianos	Buses	Camiones y volquetas	No motorizados	Total
6:00 - 7:00	2	0	0	0	2
7:00 - 8:00	0	0	1	0	1
8:00 - 9:00	2	0	0	0	2
9:00 - 10:00	2	0	0	1	3
10:00 - 11:00	4	0	1	0	5
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	3	1	0	0	4
13:00 - 14:00	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	4	0	0	0	4
15:00 - 16:00	0	1	0	0	1
16:00 - 17:00	0	0	1	0	1
17:00 - 18:00	0	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>24</b>

Responsable                                           
 Est. Marcos Guamaní

DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL DESDE LA ABSCISA  
0+000 A 1+000 EN LA “COMUNIDAD DE CIELO VERDE”, UBICADA EN EL CANTÓN  
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

Aforador:                     Marcos Guamani                      
 Estación:                     1                      
 Fecha:                     12/04/2022                    

Hora					
Inicio / Termina	Livianos	Buses	Camiones y volquetas	No motorizados	Total
6:00 - 7:00	3	0	0	0	3
7:00 - 8:00	1	0	1	0	2
8:00 - 9:00	1	1	0	0	2
9:00 - 10:00	2	0	0	1	3
10:00 - 11:00	4	0	1	0	5
11:00 - 12:00	1	0	1	0	2
12:00 - 13:00	3	0	0	0	3
13:00 - 14:00	0	0	0	2	2
14:00 - 15:00	4	0	0	0	4
15:00 - 16:00	0	1	0	0	1
16:00 - 17:00	2	0	1	0	3
17:00 - 18:00	0	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>31</b>

Responsable                     



DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL DESDE LA ABCISA  
0+000 A 1+000 EN LA “COMUNIDAD DE CIELO VERDE”, UBICADA EN EL CANTÓN  
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

Aforador:                     Marcos Guamani                      
 Estación:                     1                      
 Fecha:                     14/4/2022                    

Hora					
Inicio / Termina	Livianos	Buses	Camiones y volquetas	No motorizados	Total
6:00 - 7:00	3	0	0	0	3
7:00 - 8:00	2	0	1	0	3
8:00 - 9:00	0	1	0	0	1
9:00 - 10:00	0	1	0	0	1
10:00 - 11:00	4	0	1	0	5
11:00 - 12:00	5	0	0	1	6
12:00 - 13:00	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	0	1	0	0	1
14:00 - 15:00	1	0	0	0	1
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	6	0	1	0	7
17:00 - 18:00	1	1	0	0	2
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>30</b>

Responsable                                           
 Est. Marcos Guamaní



DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL DESDE LA ABSCISA  
0+000 A 1+000 EN LA “COMUNIDAD DE CIELO VERDE”, UBICADA EN EL CANTÓN  
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

Aforador:                     Marcos Guamani                      
 Estación:                     1                      
 Fecha:                     16/04/2022                    

Hora					Total
Inicio / Termina	Livianos	Buses	Camiones y volquetas	No motorizados	
6:00 - 7:00	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	8	0	0	0	8
8:00 - 9:00	2	0	2	0	4
9:00 - 10:00	0	0	0	0	0
10:00 - 11:00	1	1	0	0	2
11:00 - 12:00	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	1	0	0	1	2
13:00 - 14:00	0	0	2	0	2
14:00 - 15:00	6	1	0	0	7
15:00 - 16:00	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	0	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>26</b>

Responsable                                           
 Est. Marcos Guamani



## ANEXO C: ESTUDIO DE SUELOS

**Sondeo**                    **1**                    **m**  
**Profundidad**            **0.5**                   **m**

<b>Contenido de agua</b>					
<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa sea (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>% Humedad</b>
46	26.7	79.89	58.91	65.14%	<b>65.21%</b>
7	27.14	77.5	57.61	65.28%	

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura tamiz [mm]</b>	<b>Peso Retenido Acumulado [gr]</b>	<b>Peso retenido Parcial [gr]</b>	<b>%Retenido</b>	<b>%Pasa</b>
3"	76.2				100
2 1/2 "	63.5				100
2"	50.8				100
1 1/2 "	38.1				100
1"	25.4				100
3/4"	19.05				100
1/2"	12.7				100
3/8"	9.53				100
N° 4	4.75				100
N° 10	2	0.22	0.22	0.17	99.83
N° 40	0.425	0.87	1.09	0.68	99.14
N° 200	0.075	37.67	38.76	29.56	69.59
Base		88.69		69.59	
	Masa de muestra seca	127.45		100.00	

<b>Limite Líquido</b>					
<b>N° Golpes</b>	<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa sea (g)</b>	<b>% Humedad</b>
40	46	26.69	39.71	34.24	72.45%
21	10M	26.89	38.31	33.31	77.88%
18	2	27.68	37.78	33.31	79.40%

<b>Limite Plástico</b>					
<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa sea (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>Límite Plástico</b>
69	28.45	29.53	29.23	38.46%	<b>39.03%</b>
8J	24.69	26.1	25.7	39.60%	

**LP**                    39.03  
**LL**                    37.51  
**IP**                    76.55

**Sondeo**                    **1**            m  
**Profundidad**            **1**            m

<b>Contenido de agua</b>					
<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa sea (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>% Humedad</b>
90	26.14	86.21	66.11	50.29%	<b>50.47%</b>
228	26.81	95.78	72.59	50.66%	

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura tamiz [mm]</b>	<b>Peso Retenido Acumulado [gr]</b>	<b>Peso retenido Parcial [gr]</b>	<b>%Retenido</b>	<b>%Pasa</b>
3"	76.2				100
2 1/2 "	63.5				100
2"	50.8				100
1 1/2 "	38.1				100
1"	25.4				100
3/4"	19.05				100
1/2"	12.7				100
3/8"	9.53				100
N° 4	4.75				100
N° 10	2	0.07	0.07	0.04	99.96
N° 40	0.425	1.54	1.61	0.90	99.06
N° 200	0.075	58.38	59.99	34.26	64.80
Base		110.43		64.80	
	Masa de muestra seca	170.42		100.00	

<b>Límite Líquido</b>					
<b>N° Golpes</b>	<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa seca (g)</b>	<b>% Humedad</b>
39	688	28.12	42.73	38.1	46.39%
29	301	26.86	44.35	38.65	48.35%
12	309	27.75	51.5	43.22	53.52%

<b>Límite Plástico</b>					
<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa sea (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>Límite Plástico</b>
99	26.92	30.43	29.57	32.45%	<b>33.53%</b>
228	26.81	33.11	31.49	34.62%	

**LP**                    33.53  
**LL**                    49.17  
**IP**                    15.63

**Sondeo**                    **1**            m  
**Profundidad**            **1.5**           m

Cápsula N°	Masa Cápsula	Contenido de agua		% Humedad	% Humedad
		Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa sea (g)		
90	28.19	107.93	75.25	69.44%	<b>69.72%</b>
228	26.13	114	77.82	69.99%	

Tamiz	Abertura tamiz [mm]	Peso Retenido Acumulado [gr]	Peso retenido Parcial [gr]	%Retenido	%Pasa
3"	76.2				100
2 1/2 "	63.5				100
2"	50.8				100
1 1/2 "	38.1				100
1"	25.4				100
3/4"	19.05				100
1/2"	12.7				100
3/8"	9.53				100
N° 4	4.75	1.98	1.98	0.8892381	99.11076188
N° 10	2	4	5.98	1.80	98.20
N° 40	0.425	7.18	13.16	3.22	94.98
N° 200	0.075	51.52	64.68	23.14	71.84
Base		157.98		70.95	
	Masa de muestra seca	222.66		100.00	

Limite Líquido					
N° Golpes	Cápsula N°	Masa Cápsula	Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa seca (g)	% Humedad
40	21M	24.85	42.23	35.12	69.23%
28	15M	24.14	42.36	34.62	73.85%
11	2C	26.38	44.95	36.9	76.52%

Limite Plástico					
Cápsula N°	Masa Cápsula	Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa sea (g)	% Humedad	Límite Plástico
9M	25.69	29.19	28.07	47.06%	<b>46.43%</b>
94	28.56	32.38	31.18	45.80%	

**LP**                    46.43  
**LL**                    72.74  
**IP**                    26.31

**Sondeo**                    **2**                    m  
**Profundidad**            **0.5**                    m

<b>Contenido de agua</b>					
<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa sea (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>% Humedad</b>
81	26.79	88.92	64.11	66.48%	<b>65.61%</b>
42	29.21	88.65	65.29	64.75%	

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura tamiz [mm]</b>	<b>Peso Retenido Acumulado [gr]</b>	<b>Peso retenido Parcial [gr]</b>	<b>%Retenido</b>	<b>%Pasa</b>
3"	76.2				100
2 1/2 "	63.5				100
2"	50.8				100
1 1/2 "	38.1				100
1"	25.4				100
3/4"	19.05				100
1/2"	12.7				100
3/8"	9.53				100
N° 4	4.75				100
N° 10	2	0.02	0.02	0.01	99.99
N° 40	0.425	0.97	0.99	0.70	99.29
N° 200	0.075	41.92	42.91	30.27	69.01
Base		95.57		69.01	
	Masa de muestra seca	138.48		100.00	

<b>Limite Líquido</b>					
<b>N° Golpes</b>	<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa seca (g)</b>	<b>% Humedad</b>
38	12	21.06	36.73	30.25	70.51%
27	82R	21.06	37.83	30.71	73.78%
11	1MI	24.39	38.65	32.3	80.28%

<b>Limite Plástico</b>					
<b>Cápsula N°</b>	<b>Masa Cápsula</b>	<b>Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)</b>	<b>Masa Cápsula + Masa sea (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>Límite Plástico</b>
76	20.84	24.95	23.67	45.23%	<b>45.78%</b>
8J	24.71	28.69	27.43	46.32%	

**LP**                    45.78  
**LL**                    74.17  
**IP**                    28.40

**Sondeo**                    2            m  
**Profundidad**            1            m

Contenido de agua					
Cápsula N°	Masa Cápsula	Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa sea (g)	% Humedad	% Humedad
301	26.85	88.99	68.64	48.70%	<b>49.15%</b>
312	27.08	90.5	69.47	49.61%	

Tamiz	Abertura tamiz [mm]	Peso Retenido Acumulado [gr]	Peso retenido Parcial [gr]	%Retenido	%Pasa
3"	76.2				100
2 1/2 "	63.5				100
2"	50.8				100
1 1/2 "	38.1				100
1"	25.4				100
3/4"	19.05				100
1/2"	12.7				100
3/8"	9.53				100
N° 4	4.75				100
N° 10	2	0.11	0.11	0.06	99.94
N° 40	0.425	2.02	2.13	1.07	98.87
N° 200	0.075	75.81	77.94	40.30	58.57
Base		110.18		58.57	
	Masa de muestra seca	188.12		100.00	

Limite Líquido					
N° Golpes	Cápsula N°	Masa Cápsula	Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa seca (g)	% Humedad
34	688	28.12	44.43	39.26	46.41%
25	46	26.7	42.5	37.39	47.80%
12	99	26.92	45.61	38.87	56.40%

Limite Plástico					
Cápsula N°	Masa Cápsula	Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa sea (g)	% Humedad	Límite Plástico
23L	21.18	26.86	25.36	35.89%	<b>36.09%</b>
86	21.52	25.05	24.11	36.29%	

**LP**                            36.09  
**LL**                            48.72  
**IP**                            12.63

**Sondeo**                    **2**  
**Profundidad**            **1.5**

Contenido de agua					
Cápsula N°	Masa Cápsula	Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa sea (g)	% Humedad	% Humedad
36	27.11	97.84	67.83	73.70%	<b>74.37%</b>
302	28.23	89.93	63.48	75.04%	

Tamiz	Abertura tamiz [mm]	Peso Retenido Acumulado [gr]	Peso retenido Parcial [gr]	%Retenido	%Pasa
3"	76.2				100
2 1/2 "	63.5				100
2"	50.8				100
1 1/2 "	38.1				100
1"	25.4				100
3/4"	19.05				100
1/2"	12.7				100
3/8"	9.53				100
N° 4	4.75	1.75		1.75	1.1504379
N° 10	2	2.2	3.95	1.45	98.55
N° 40	0.425	4.91	8.86	3.23	95.33
N° 200	0.075	29.61	38.47	19.47	75.86
Base		113.65		74.71	
	Masa de muestra seca	152.12		100.00	

Limite Líquido					
N° Golpes	Cápsula N°	Masa Cápsula	Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa seca (g)	% Humedad
33	76	20.84	28.96	25.4	78.07%
20	82R	21.08	29.8	25.9	80.91%
14	23L	21.2	28.89	25.36	84.86%

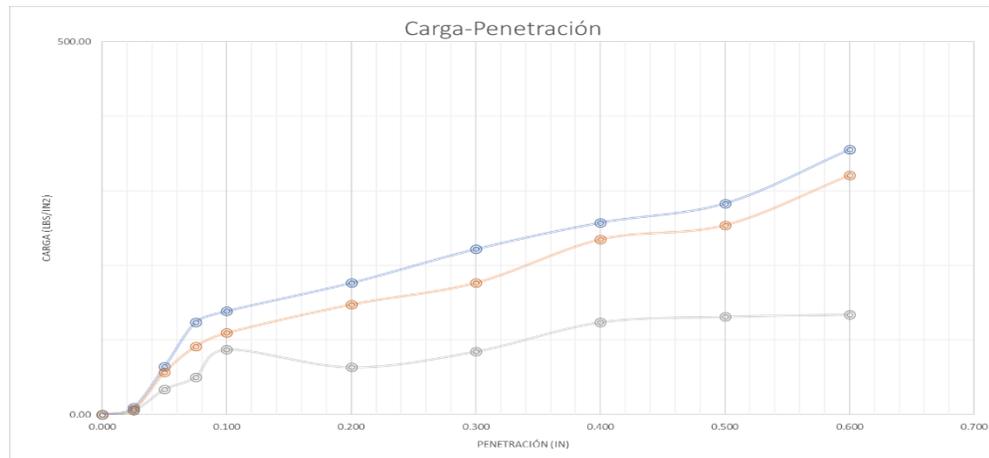
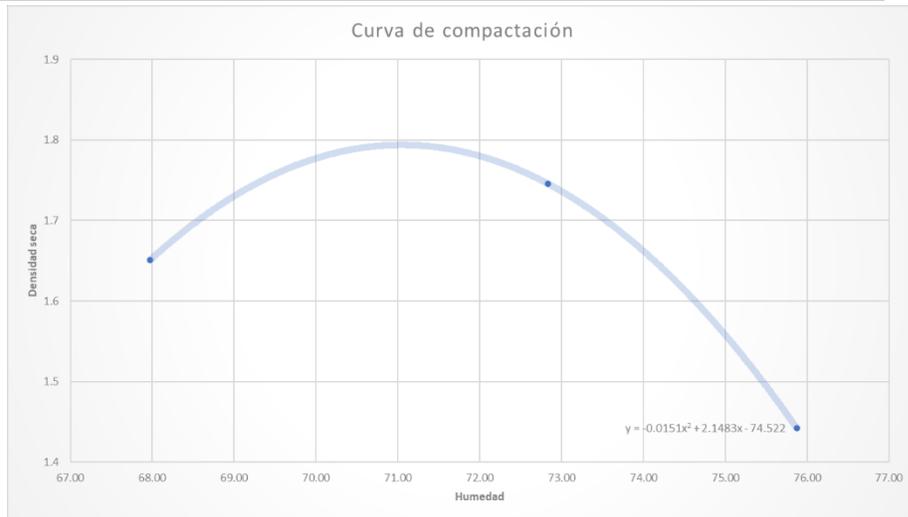
Limite Plástico					
Cápsula N°	Masa Cápsula	Masa Cápsula + Masa Húmeda (g)	Masa Cápsula + Masa sea (g)	% Humedad	Límite Plástico
242	27.54	31.45	30.14	50.38%	<b>56.35%</b>
81	26.79	31.01	29.39	62.31%	

**LP**                    56.35  
**LL**                    79.82  
**IP**                    23.48

Sondeo N° 1

MOLDE No.:	1	2	3
Golpes/capa:	56	25	10
Masa compact.(g)	13569	12987	12568
Masa molde (g)	7160	7108	7175
Volumen (cm <sup>3</sup> )	2124	2120	2126
Dens. Hum.(g/cm <sup>3</sup> )	3.017	2.773	2.537

	Molde 1: 56 golpes		Molde 2: 25 golpes		Molde 3: 10 golpes	
Cápsula N°	93.00	90.00	22.00	29.00	89.00	o15
Masa húmeda (g)	125.36	111.36	186.52	152.69	120.69	98.57
Masa seca (g)	85.00	75.48	122.45	101.68	80.58	67.45
Masa cápsula (g)	28.92	26.79	27.82	26.93	25.81	27.81
(%) agua	71.97	73.69	67.71	68.24	73.23	78.51
(%) agua promedio	72.83		67.97		75.87	
Dens. Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.745892475		1.650924982		1.442365402	



Penetración	Presión (Lbs/in2)		
	56	25	10
0.1in	138.77	109.54	87.35
0.2in	176.59	147.66	63.47

PENETRACIÓN	Patrón (psi)	Presión (Lbs/in2)		
		56	25	10
0.1in	1000	138.77	109.54	87.35
0.2in	1500	176.59	147.66	63.47
CBR 0.1in		13.88	10.95	8.73
CBR 0.2in		11.77	9.84	4.23
% CBR		12.82	10.40	6.48

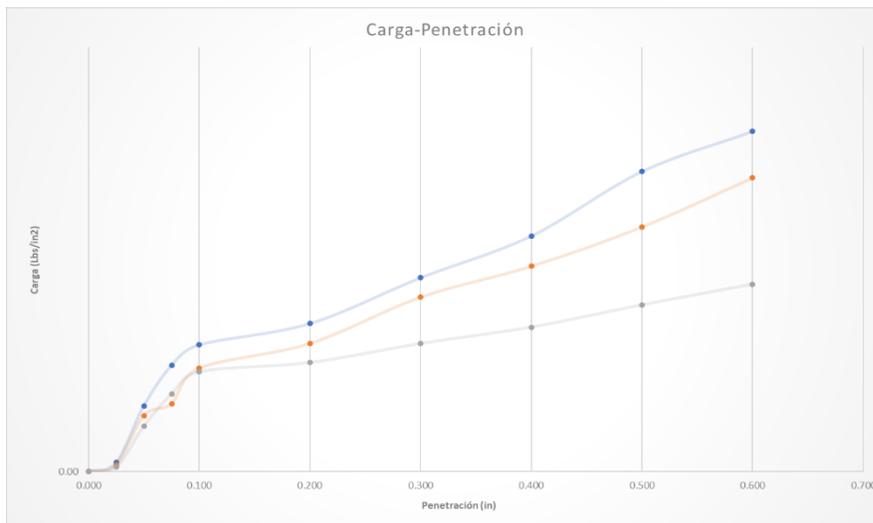
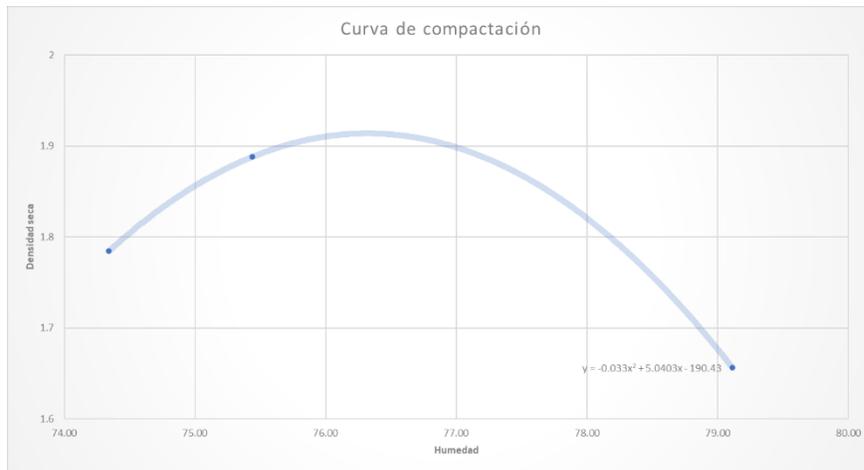
Densidad seca (gr/cm3)	1.745892475	1.65092498	1.4423654
Densidad seca máxima (gr/cm3)		1.79	
Densidad del 95% (gr/cm3)		1.7005	

CBR recomendado 90 %	12.184	(%)
CBR recomendado 100 %	13.54	(%)

Sondeo N° 2

MOLDE No.:	1	2	3
Golpes/capa:	56	25	10
Masa compact.(g)	14587	13874	13268
Masa molde (g)	7084	7241	7168
Volumen (cm3)	2265	2132	2056
Dens. Hum.(g/cm3)	3.313	3.111	2.967

	Molde 1: 56 golpes		Molde 2: 25 golpes		Molde 3: 10 golpes	
Cápsula N°	2L	25.00	LL	36M	XX	XL
Masa húmeda (g)	135.68	124.58	136.57	105.96	124.58	106.54
Masa seca (g)	91.25	81.24	86.35	75.45	81.24	71.54
Masa cápsula (g)	28.92	26.79	27.82	26.93	25.81	27.81
(%) agua	71.28	79.60	85.80	62.88	78.19	80.04
(%) agua promedio	75.44		74.34		79.11	
Dens. Seca (g/cm3)	1.88816867		1.784520216		1.656458164	



Penetración	Presión (Lbs/in2)		
	56	25	10
0.1in	119.57	97.46	94.10
0.2in	139.63	120.77	102.81

PENETRACIÓN	Patrón (psi)	Presión (Lbs/in2)		
		56	25	10
0.1in	1000	119.57	97.46	94.10
0.2in	1500	139.63	120.77	102.81
CBR 0.1in		11.96	9.75	9.41
CBR 0.2in		9.31	8.05	6.85
% CBR		10.63	8.90	8.13

Densidad seca (gr/cm3)	1.88816867	1.78452022	1.65645816
Densidad seca máxima (gr/cm3)		1.92	
Densidad del 95% (gr/cm3)		1.824	

CBR recomendado 90 %	9.670	(%)
CBR recomendado 100 %	10.74	(%)

## ANEXO E: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

**Ubicación : Comunidad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** 001 **Unidad :** Ha  
**Detalle:** Desbroce, desbosque y limpieza

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					6.66
Excavadora sobre oruga	1.00	40.00	40.00	8.00	320.00
Motosierra	1.00	1.75	1.75	5.00	8.75
<b>Sub total M</b>					335.41
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1.00	3.86	3.86	8.00	30.88
Asist. Maquinaria	1.00	3.00	3.00	8.00	24.00
Peón	3.00	3.26	9.78	8.00	78.24
<b>Sub total N</b>					133.12
<b>Materiales</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00
<b>Sub total O</b>					0.00
<b>Transporte</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00
<b>Sub total P</b>					0.00
					Costos Directos (M+N+O+P) 468.53
				18%	84.33
				7%	32.80
					Costo total del rubro 585.66
				<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>\$585.66</b>

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** 002 **Unidad :** km  
**Detalle:** Replanteo y Nivelación

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					8.208
Equipo topográfico	1	5	5	16	80
<b>Sub total M</b>					<b>88.208</b>
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Topógrafo	1	3.66	3.66	16	58.56
Cadenero	2	3.3	6.6	16	105.6
<b>Sub total N</b>					<b>164.16</b>
<b>Materiales</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
Estacas de madera		u	100	0.1	10
Pintura esmalte		gl	1	12	12
<b>Sub total O</b>					<b>22</b>
<b>Transporte</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total P</b>					<b>0</b>
Costos Directos (M+N+O+P)					274.368
Costos Indirectos					18% 49.38624
Utilidad					7% 19.20576
Costo total del rubro					342.96

**VALOR UNITARIO                    \$342.96**

Estos precios no invluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** 003 **Unidad :** m3  
**Detalle:** Excavación para cortes en el terreno

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.02
Excavadora sobre oruga	1	40	40	0.04	1.60
Volqueta	1	25	25	0.04	1.00

**Sub total M** **2.62**

Mano de obra	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1	3.66	3.66	0.04	0.15
Operador 2	1	3.66	3.66	0.04	0.15
Asist. Maquinaria	1	3.3	3.3	0.04	0.13

**Sub total N** **0.42**

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo
Descripción		A	B	C=AXB

**Sub total O** **0**

Transporte	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo
Descripción		A	B	C=AXB

**Sub total P** **0**

Costos Directos (M+N+O+P)		3.05
Costos Indirectos	18%	0.55
Utilidad	7%	0.21
Costo total del rubro		3.81

**VALOR UNITARIO \$3.81**

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

**Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** 004 **Unidad :** m3  
**Detalle:** Relleno y compactado in situ para terraplenes

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O			0	12	0.05
Excavadora sobre orugas	1	40	40	0.05	2.00
Motoniveladora	1	20	20	0.05	1.00
Tnaquero de agua	1	20	20	0.05	1.00
<b>Sub total M</b>					3.05
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1	3.66	3.66	0.05	0.18
Operador 2	1	3.66	3.66	0.05	0.18
Asit.maquinaria	1	3.3	3.3	0.05	0.17
Maestro mayor	1	3.66	3.66	0.05	0.18
Peón	2	3.26	6.52	0.05	0.33
<b>Sub total N</b>					1.04
<b>Materiales</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total O</b>					0
<b>Transporte</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total P</b>					0
					4.09
Costos Directos (M+N+O+P)					0.74
Costos Indirectos				18%	0.29
Utilidad				7%	5.12
Costo total del rubro					5.12

**VALOR UNITARIO \$5.12**

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

**Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** 005 **Unidad :** m3  
**Detalle:** Excavación para cunetas

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.03
Bobcat	1	22	22	0.09	1.98
<b>Sub total M</b>					2.01087
Mano de obra	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1.00	3.86	3.86	0.09	0.35
Asist. Maquinaria	1.00	3.00	3	0.09	0.27
<b>Sub total N</b>					0.6174
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo	
Descripción		A	B	C=AXB	
		0	0	0	
		0	0	0	
<b>Sub total O</b>				0	
Transporte	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo	
Descripción		A	B	C=AXB	
		0	0	0	
		0	0	0	
<b>Sub total P</b>				0	
					2.63
				18%	0.47
				7%	0.18
					3.29

**VALOR UNITARIO                    \$3.29**

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comunidad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** 006 **Unidad :** m<sup>3</sup>  
**Detalle:** Desalojo de tierra y escombros (transporte libre 200m)

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O			0	12	0.01
Volqueta	1	25	25	0.03	0.75
<b>Sub total M</b>					<hr/> 0.757185
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Chofer profesional	1	4.79	4.79	0.03	0.14
					0.00
<b>Sub total N</b>					<hr/> 0.14
<b>Materiales</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total O</b>					<hr/> 0
<b>Transporte</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total P</b>					<hr/> 0
			Costos Directos (M+N+O+P)		0.90
			Costos Indirectos	18%	0.16
			Utilidad	7%	0.06
			Costo total del rubro		1.13

**VALOR UNITARIO \$1.13**

Estos precios no incluyen IVA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comudad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** 007 **Unidad :** m3  
**Detalle:** Excavación para cunetas

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.02
Excavadora sobre orduga	1	40	40	0.04	1.60
Volqueta	1	25	25	0.04	1.00
<b>Sub total M</b>					2.62
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1	3.66	3.66	0.04	0.15
Operador 2	1	3.66	3.66	0.04	0.15
Asist. Maquinaria	1	3.3	3.3	0.04	0.13
<b>Sub total N</b>					0.42
<b>Materiales</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total O</b>					0
<b>Transporte</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total P</b>					0
					3.05
				18%	0.55
				7%	0.21
					3.81
					<b>VALOR UNITARIO</b>
					<b>\$3.81</b>

Estos precios no incluyen IVA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL

Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**Rubro:** 008 **Unidad :** m3  
**Detalle:** Excavación para alcantarillas

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.02
Excavadora sobre orduga	1	40	40	0.04	1.60
Volqueta	1	25	25	0.04	1.00
<b>Sub total M</b>					2.62
Mano de obra	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1	3.66	3.66	0.04	0.15
Operador 2	1	3.66	3.66	0.04	0.15
Asist. Maquinaria	1	3.3	3.3	0.04	0.13
<b>Sub total N</b>					0.42
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo	
Descripción		A	B	C=AXB	
		0	0	0	
		0	0	0	
<b>Sub total O</b>				0	
Transporte	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo	
Descripción		A	B	C=AXB	
		0	0	0	
		0	0	0	
<b>Sub total P</b>				0	
					3.05
				18%	0.55
				7%	0.21
					3.81
					<b>VALOR UNITARIO</b>
					<b>\$3.81</b>

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comudad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** E001 **Unidad :** m3  
**Detalle:** Material Sub - base clase 3

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O			0	12	0.02
Motoniveladora	1	32	32	0.012	0.38
Rodillo vibrador liso	1	25	25	0.012	0.30
Camion de agua	1	20	20	0.012	0.24
<b>Sub total M</b>					0.94
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1	3.66	3.66	0.012	0.04
Operador 2	1	3.48	3.48	0.012	0.04
Asist. Mecanico	1	3.3	3.3	0.012	0.04
Chofer profesional	1	4.79	4.79	0.012	0.06
Maestro mayor	1	3.66	3.66	0.012	0.04
Peón	2	3.26	6.52	0.012	0.08
<b>Sub total N</b>					0.30
<b>Materiales</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
Material Sub - base		m3	1.2	4	4.8
			0	0	0
<b>Sub total O</b>					4.8
<b>Transporte</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total P</b>					0
Costos Directos (M+N+O+P)					6.04
Costos Indirectos					18% 1.09
Utilidad					7% 0.42
Costo total del rubro					7.56

**VALOR UNITARIO                    \$7.56**

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comudial "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** E002 **Unidad :** m3  
**Detalle:** Material Base granular clase 4

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.02
Motoniveladora	1	32	32	0.012	0.38
Rodillo vibrador liso	1	25	25	0.012	0.30
Camion de agua	1	20	20	0.012	0.24
<b>Sub total M</b>					0.94
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1	3.66	3.66	0.012	0.04
Operador 2	1	3.48	3.48	0.012	0.04
Asist. Mecanico	1	3.3	3.3	0.012	0.04
Chofer profesional	1	4.79	4.79	0.012	0.06
Maestro mayor	1	3.66	3.66	0.012	0.04
Peón	2	3.26	6.52	0.012	0.08
<b>Sub total N</b>					0.30
<b>Materiales</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
Base granular clase 4		m3	1.2	8.5	10.2
<b>Sub total O</b>					10.2
<b>Transporte</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total P</b>					0
					11.44
				18%	2.06
				7%	0.80
					14.31

**VALOR UNITARIO                    \$14.31**

Estos precios no incluyen IVA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** E003 **Unidad :** m3  
**Detalle:** Pavimento en caliente - elaborado en planta

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.00
Rodillo liso vibratorio	1	32	32	0.001	0.03
Escoba mecanica autopropulsada	1	25	25	0.001	0.03
Rodillo neumático	1	25	25	0.001	0.03
Finisher	1	35	35	0.001	0.04
<b>Sub total M</b>					0.12
Mano de obra	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador rodillo	1	3.48	3.48	0.001	0.00
Operador escoba mecanica	1	3.48	3.48	0.001	0.00
Maestro mayor	1	3.66	3.66	0.001	0.00
Peon	4	3.26	13.04	0.001	0.01
<b>Sub total N</b>					0.02
Materiales		Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo
Descripción			A	B	C=AXB
Diesel		Gln	0.45	2.55	1.1475
Mezcla asfáltica		m3	0.1	100	10
<b>Sub total O</b>					11.1475
Transporte		Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo
Descripción			A	B	C=AXB
			0	0	0
			0	0	0
<b>Sub total P</b>					0
					11.29
				18%	2.03
				7%	0.79
					14.11

**VALOR UNITARIO                      \$14.11**

Estos precios no incluyen IVA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL

Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**Rubro:** E004 **Unidad :** m3  
Hormigón armado de 180 kg/cm2 para cunetas,  
**Detalle:** incluye encofrado

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					1.00
Concretera	1	2.9	2.9	1	2.90
Vibrador a gasolina	1	2.5	2.5	1	2.50
<b>Sub total M</b>					6.40
Mano de obra	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Maestro mayor	1	3.66	3.66	1	3.66
Albañil	2	3.3	6.6	1	6.60
Peon	3	3.26	9.78	1	9.78
<b>Sub total N</b>					20.04
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo	
Descripción		A	B	C=AXB	
Cemento portland	kg	300	0.1	30.00	
Arena de rio	m3	0.65	12	7.80	
Ripio triturado	m3	0.95	12	11.40	
Agua	m3	0.02	1.1	0.02	
Encofrado metálico para cunetas	ml	8	0.8	6.40	
Estacas	u	10	0.25	2.50	
<b>Sub total O</b>					58.12
Transporte	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo	
Descripción		A	B	C=AXB	
<b>Sub total P</b>					0
Costos Directos (M+N+O+P)					84.56
Costos Indirectos					18% 15.22
Utilidad					7% 5.92
Costo total del rubro					105.71
<b>VALOR UNITARIO</b>					<b>\$105.71</b>

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

**Ubicación : Comudad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** E005 **Unidad :** lt  
**Detalle:** Asfalto RC Implimación

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.00732
Distribuidor de asfalto	1	55	55	0.001	0.055
Escoba mecánica	1	25	25	0.001	0.025
<b>Sub total M</b>					0.08732
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador	1	3.66	3.66	0.02	0.0732
Choder profesional	1	3.66	3.66	0.02	0.0732
Peón	2	3.26	6.52	0.02	0.1304
<b>Sub total N</b>					0.1464
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>	
<b>Descripción</b>		A	B	C=AXB	
				0	
				0	
<b>Sub total O</b>				0	
<b>Transporte</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>	
<b>Descripción</b>		A	B	C=AXB	
Asfalto diluido	kg	1.1	0.35	0.385	
Diesel	lt	0.33	0.28	0.0924	
<b>Sub total P</b>				0.4774	
					Costos Directos (M+N+O+P) 0.71112
					Costos Indirectos 18% 0.1280016
					Utilidad 7% 0.0497784
					Costo total del rubro 0.8889

**VALOR UNITARIO                    \$0.89**

Estos precios no invluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

**Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** E006 **Unidad :** m3xkm  
**Detalle:** Transporte de material sub - base clase 3

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O			0	12	0.00958
Volqueta	1	3.66	3.66	0.04	0.1464
<b>Sub total M</b>					0.15598
<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Chofer profesional	1	4.79	4.79	0.04	0.1916
					0
<b>Sub total N</b>					0.1916
<b>Materiales</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
					0
					0
<b>Sub total O</b>					0
<b>Transporte</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>			A	B	C=AXB
					0
					0
<b>Sub total P</b>					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
				<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>\$0.43</b>

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** E007 **Unidad :** m3xkm  
**Detalle:** Transporte de material base granular clase 4

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.01
Volqueta	1	3.66	3.66	0.04	0.15
<b>Sub total M</b>					0.15598
Mano de obra	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Chofer profesional	1	4.79	4.79	0.04	0.19
					0
<b>Sub total N</b>					0.1916
Materiales		Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo
Descripción			A	B	C=AXB
					0
					0
<b>Sub total O</b>					0
Transporte		Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo
Descripción			A	B	C=AXB
					0
					0
<b>Sub total P</b>					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35
				18%	0.06
				7%	0.02
					0.43
					0
					0.35

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** E004 **Unidad :** m3  
Hormigón armado de 180 kg/cm2 para alcantarillas,  
**Detalle:** incluye encofrado

Equipo	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					1.00
Concreteira	1	2.9	2.9	1	2.90
Vibrador a gasolina	1	2.5	2.5	1	2.50
<b>Sub total M</b>					6.40
Mano de obra	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Descripción	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Maestro mayor	1	3.66	3.66	1	3.66
Albañil	2	3.3	6.6	1	6.60
Peon	3	3.26	9.78	1	9.78
<b>Sub total N</b>					20.04
Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo	
Descripción		A	B	C=AXB	
Cemento portland	kg	300	0.1	30.00	
Arena de rio	m3	0.65	12	7.80	
Ripio triturado	m3	0.95	12	11.40	
Agua	m3	0.02	1.1	0.02	
Encofrado metálico para Alcantarillas	ml	8	0.8	6.40	
<b>Sub total O</b>				55.62	
Transporte	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo	
Descripción		A	B	C=AXB	
				0	
<b>Sub total P</b>				0	
				82.06	
Costos Directos (M+N+O+P)				82.06	
Costos Indirectos			18%	14.77	
Utilidad			7%	5.74	
Costo total del rubro				102.58	
			<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>\$102.58</b>	

Estos precios no incluyen IVA

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO: DISEÑO PRELIMINAR PARA LA APERTURA DEL TRAMO DE VÍA RURAL**

**Ubicación : Comudiad "Cielo Verde",  
Cotacachi, Imbabura**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Rubro:** E004 **Unidad :** m2

**Detalle:** Acabo de obra básica

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Herramienta menor 5% M. O					0.00
Motoniveladora 200 HP	1	55	55	0.003	0.17
Rodillo liso vibratorio. 120 HP	1	37	37	0.003	0.11
Tanquero agua 800 l	1	30	30	0.003	0.09

**Sub total M** 0.37

<b>Mano de obra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/Hr</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>	A	B	C=AXB	R	D=CXR
Operador 1	1	3.66	3.66	0.003	0.01
Operador 2	1	3.54	3.54	0.003	0.01
Chofer profesional Operador	1	4.79	4.79	0.003	0.01

**Sub total N** 0.04

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>		A	B	C=AXB
				0.00
				0.00

**Sub total O** 0.00

<b>Transporte</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit</b>	<b>Costo</b>
<b>Descripción</b>		A	B	C=AXB
				0

**Sub total P** 0

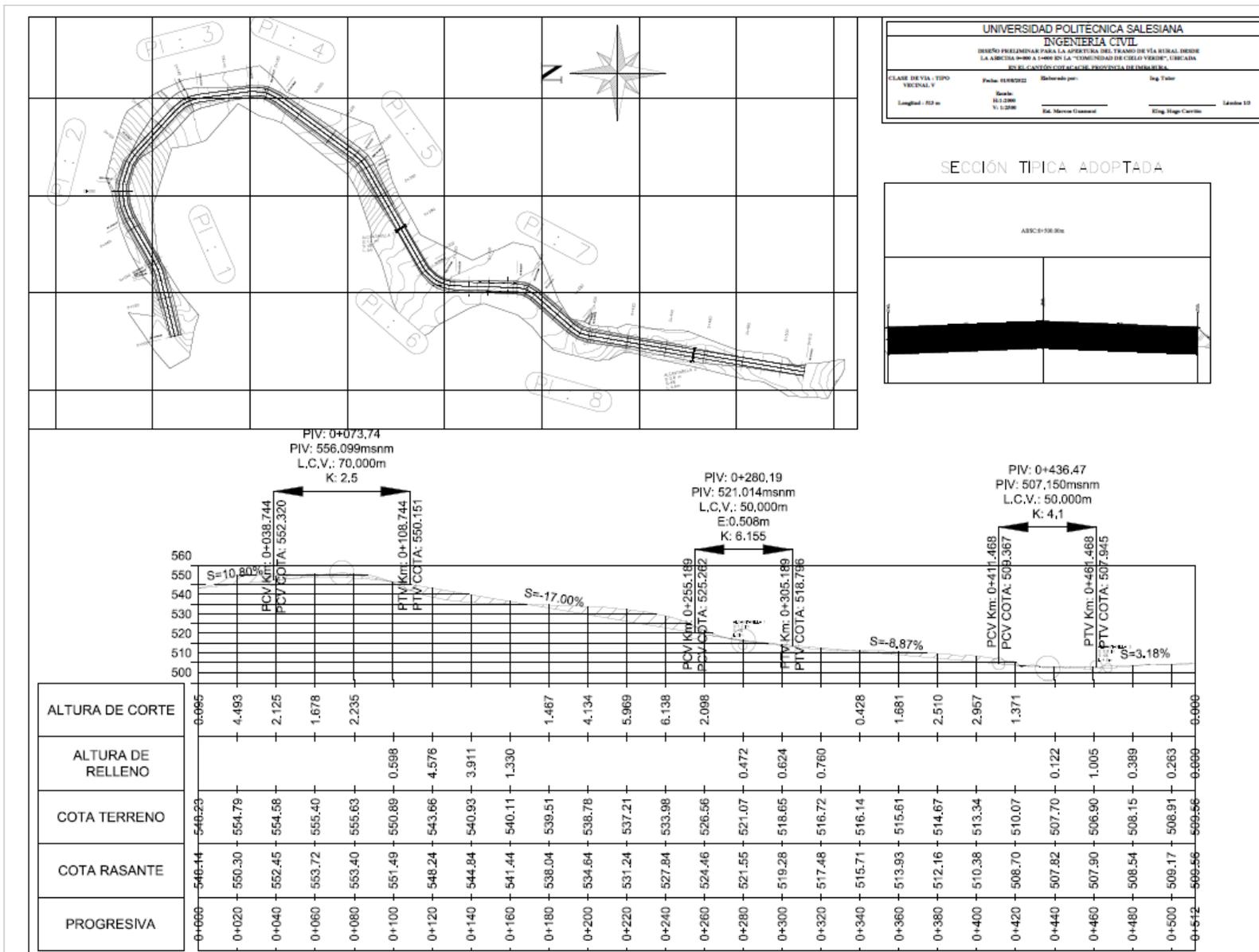
Costos Directos (M+N+O+P)		0.40
Costos Indirectos	18%	0.07
Utilidad	7%	0.03
<b>Costo total del rubro</b>		<b>0.50</b>

**VALOR UNITARIO \$0.50**

Estos precios no incluyen IVA

## ANEXO D: PLANOS

## PLANO Y PERFIL



# SECCIONES TRANSVERSALES

