



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

TEMA:

“DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO –
PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8 + 000 – 12 + 000 PERTENECIENTE A LOS
CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

AUTOR: DIEGO FERNANDO SANI ALLAUCA

TUTOR: ING. MG. MARISOL BAYAS

AMBATO – ECUADOR

2020

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Marisol Bayas, certifico que el presente Proyecto Técnico bajo el tema: **“DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8 + 000 - 12 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.”**, es autoría del señor Sani Allauca Diego Fernando, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, enero del 2019



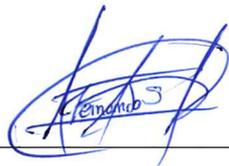
Ing. Mg. Marisol Bayas

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo Sani Allauca Diego Fernando con C.I: 0604940213, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el Proyecto Técnico bajo el tema: **“DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8 + 000 - 12 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”** es de mi completa autoría.

Ambato, enero del 2019



Diego Fernando Sani Allauca

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero del 2019



Diego Fernando Sani Allauca

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Calificación de Grado aprueban el Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8 + 000 -12 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, del egresado Diego Fernando Sani Allauca de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

Para constancia firman:

Ambato, enero del 2019



Ing. Mg. Alex López
DOCENTE FICM



Ing. Mg. Rodrigo Acosta
DOCENTE FICM

DEDICATORIA

El presente Proyecto Técnico está inspirado en mis padres que día a día, han sido un pilar fundamental en mi vida estudiantil, ya que, gracias a sus sabias palabras, sus consejos han logrado convertirme en un hombre prospero para la sociedad. A mis hermanos que, de una u otra manera, con sus risas, enojos me han impulsado a salir adelante en este sueño de ser un ingeniero, a ellos que han sido un ejemplo para mí y poder llevar a cabo este logro.

AGRADECIMIENTOS

En especial a las distinguidas autoridades de las parroquias Angamarca y Pinllopata, quienes me brindaron la oportunidad de participar en la iniciativa de este noble Proyecto Técnico el cual beneficiará a las comunidades más pobres de la provincia de Cotopaxi.

A las autoridades y personal técnico del Laboratorio de Topografía de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por la disposición de equipos brindada durante el estudio topográfico del presente trabajo.

A mi tutora Ing. Mg. Marisol Bayas, que tuvo paciencia y con sus conocimientos que fueron de suma importancia para la culminación de la presente tesis.

A todos mis compañeros y amigos con los cuales tuve el privilegio de aprender y compartir experiencias de la vida universitaria entre el Año 2013 hasta el presente año 2020.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

| | |
|---|-------|
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR | II |
| AUTORÍA..... | III |
| DERECHOS DE AUTOR | IV |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO | V |
| DEDICATORIA | VI |
| AGRADECIMIENTOS | VII |
| ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO..... | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS | XI |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XIII |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | XIV |
| RESUMEN EJECUTIVO | XVII |
| EXECUTIVE SUMMARY..... | XVIII |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1. Tema Técnico..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes Investigativos..... | 1 |
| 1.1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.1.2 Justificación..... | 4 |
| 1.1.3 Fundamentaciones Teórica..... | 7 |
| 1.1.3.1 Topografía..... | 7 |
| 1.1.3.2 Sistema de Comunicación Terrestre | 8 |
| 1.1.3.3 Clasificación de Carreteras | 9 |
| 1.1.3.4 Tráfico | 11 |
| 1.1.3.5 Volumen de Tráfico | 11 |
| 1.1.3.6 Velocidad de Diseño | 16 |

| | |
|---|----|
| 1.1.3.7 Relación entre la Velocidad de Diseño y Circulación | 17 |
| 1.1.3.8 Diseño Geométrico de Vías | 17 |
| 1.1.3.9 Diseño Horizontal | 18 |
| Figura 3. Curva de Transición..... | 24 |
| 1.1.3.10 Distancia de Visibilidad | 33 |
| 1.1.3.11 Diseño Vertical..... | 38 |
| 1.1.3.12 Sección Transversal | 47 |
| 1.1.3.13 Señalización Vial | 50 |
| 1.2 Objetivos | 56 |
| 1.2.1 Objetivo General | 56 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 56 |
| CAPÍTULO II | 57 |
| METODOLOGÍA | 57 |
| 2.1 Materiales y Equipos..... | 57 |
| 2.1.1 Materiales..... | 57 |
| 2.1.2 Equipos..... | 58 |
| 2.2 Métodos..... | 61 |
| 2.2.1 Ubicación del Proyecto | 61 |
| 2.2.2 Plan de Recolección de Datos | 63 |
| 2.2.3 Plan de Procesamiento y Análisis de Información..... | 65 |
| CAPÍTULO III | 66 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 66 |
| 3.1 Análisis y Discusión de los Resultados..... | 66 |
| 3.1.1 Levantamiento Topográfico | 66 |
| 3.1.2 Conteo Vehicular | 66 |
| 3.1.3 Pronóstico del Volumen de Tráfico Futuro..... | 70 |
| 3.1.4 Clasificación de la Vía | 74 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 3.1.5 Velocidad de Diseño | 75 |
| 3.1.6 Velocidad de Circulación..... | 75 |
| 3.1.7 Distancia de Visibilidad | 75 |
| 3.1.8 Diseño Horizontal | 77 |
| 3.1.9 Diseño Vertical..... | 78 |
| 3.1.10 Sección Transversal | 79 |
| 3.1.11 Presupuesto Referencial | 81 |
| CAPÍTULO IV | 90 |
| 4.1 Conclusiones | 90 |
| 4.2 Recomendaciones..... | 92 |
| BIBLIOGRAFÍA | 93 |
| ANEXOS | 97 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Relación función, Clase MTOP y Tráfico | 10 |
| Tabla 2. Tipos de corredores arteriales | 10 |
| Tabla 3. Clasificación de carreteras según la topografía..... | 11 |
| Tabla 4. Velocidad de diseño en Km/h | 16 |
| Tabla 5. Relaciones de velocidades de circulación y de diseño..... | 17 |
| Tabla 6. Radios mínimos de curvas en función del peralte “e” y del coeficiente de fricción lateral “f” | 20 |
| Tabla 7. Valores mínimos recomendables de la longitud de transición..... | 25 |
| Tabla 8. Peralte máximo recomendado para tipos de vías | 27 |
| Tabla 9. Sobreancho mínimos para distintas velocidades..... | 32 |
| Tabla 10. Criterio de diseño: Pavimentos mojados..... | 35 |
| Tabla 11. Distancia de visibilidad mínima para parada de un vehículo..... | 35 |
| Tabla 12. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas | 38 |
| Tabla 13. Gradientes y longitudes máximas | 39 |
| Tabla 14. Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas | 42 |
| Tabla 15. Curvas verticales convexas mínimas | 43 |
| Tabla 16. Curvas verticales cóncavas mínimas..... | 45 |
| Tabla 17. Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas | 45 |
| Tabla 18. Anchos de calzada..... | 48 |
| Tabla 19. Valores de diseño para el ancho de espaldones (Metros) | 49 |
| Tabla 20. Señales verticales según su forma..... | 52 |
| Tabla 21. Distribución de vehículos de arribos (Día de mayor circulación vehicular) | 69 |

| | |
|--|----|
| Tabla 22.Registro del volumen de tráfico en la hora de máxima demanda | 70 |
| Tabla 23. Crecimiento Normal del Tráfico | 73 |
| Tabla 24. Distancia de visibilidad para rebasamiento mínima | 76 |
| Tabla 25. Radios mínimos de curvatura para diseño horizontal | 77 |
| Tabla 26. Tolerancias para trabajos de levantamientos topográficos, replanteos y estacado en construcción de carreteras | 84 |
| Tabla 27. Tabla de granulometría para aceptación de relleno | 88 |
| Tabla 28. Presupuesto referencial | 88 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Conversión de un relieve a curvas de nivel | 8 |
| Figura 2. Elementos de la curva circular simple | 20 |
| Figura 3. Curva de transición | 24 |
| Figura 4. Estabilidad del vehículo en curvas | 26 |
| Figura 5. Coeficientes de fricción lateral para proyectos a diferentes velocidades ... | 27 |
| Figura 6. Representación gráfica del sobreancho en una curva | 31 |
| Figura 7. Transición del peralte y sobreancho para curvas simples..... | 33 |
| Figura 8. Descripción gráfica de distancia de visibilidad de parada..... | 34 |
| Figura 9. Descripción gráfica de distancia de visibilidad para rebasamiento. | 36 |
| Figura 10. Tangente vertical | 39 |
| Figura 11. Elementos que caracterizan a la parábola de eje simétrico..... | 40 |
| Figura 12. Curva vertical convexa | 42 |
| Figura 13. Curva vertical cóncava | 44 |
| Figura 14. Curva vertical asimétrica | 46 |
| Figura 15. Curva vertical simétrica..... | 47 |
| Figura 16. Construcción de cunetas | 49 |
| Figura 17. Ubicación de la señalética vertical | 54 |
| Figura 18. Mapa Político del Ecuador..... | 61 |
| Figura 19: Mapa Político de la Provincia de Cotopaxi | 62 |
| Figura 20. Mapa político del cantón Pujilí..... | 63 |
| Figura 21. Vía Shuyo – Pinllopata Km 8+00 – 12+000, Parroquia Angamarca..... | 63 |
| Figura 22. Tipo de cuneta recomendada | 80 |
| Figura 23. Sección típica de calzada en tangentes | 81 |
| Figura 24. Sección típica de calzada en curvas..... | 81 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexos A. Materiales y equipos | 97 |
| Anexo A - 1. Banco de nivel para precisión. | 98 |
| Anexo A - 2. Estacas de madera | 98 |
| Anexo A - 3. Pintura | 98 |
| Anexo A - 4. Libreta de campo | 98 |
| Anexo A - 5. Drone para fotogrametría | 99 |
| Anexo A - 6. Equipo RTK | 99 |
| Anexo A - 7. Receptor de geoposicionamiento | 99 |
| Anexo A - 8. Trípode | 99 |
| Anexo A - 9. Radio de comunicación | 100 |
| Anexo A - 10. Cinta métrica | 100 |
| Anexo A - 11. Flexómetro | 100 |
| Anexo A - 12. Herramienta menor..... | 100 |
| Anexo A - 13. Equipo de seguridad | 101 |
| Anexo A - 14. Computadora | 101 |
| Anexos B. Levantamiento topográfico | 102 |
| Anexo B - 1. Reconocimiento de la zona del proyecto km 10+000m | 103 |
| Anexo B - 2. Reunión improvisada con los representantes del cantón Pangua | 103 |
| Anexo B - 3. Socialización del proyecto con las autoridades del cantón Pangua.... | 103 |
| Anexo B - 4. Limitación de la franja topográfica | 103 |
| Anexo B - 5. Implantación de bancos de nivel para precisión..... | 104 |
| Anexo B - 6. Implantación de estacas | 104 |
| Anexo B - 7. Recubrimiento del punto de control con pintura | 104 |
| Anexo B - 8. Instalación y nivelación del trípode para estación fija | 104 |

| | |
|---|-----|
| Anexo B - 9. Instalación y configuración de la estación fija del equipo RTK | 105 |
| Anexo B - 10. Configuración de la estación móvil del equipo RTK..... | 105 |
| Anexo B - 11. Georreferenciación de los puntos de control (Km 9+000)..... | 105 |
| Anexo B - 12. Georreferenciación de los puntos de control (Km 10+000)..... | 105 |
| Anexo B - 13. Ortofotografía Km 11+360..... | 106 |
| Anexo B - 14. Ortofotografía Km 9+700..... | 106 |
| Anexo B - 15. Pendiente transversal de montaña Km 8+360 | 106 |
| Anexo B - 16. Línea parte aguas (Cascada) Km 10+090..... | 106 |
| Anexo B - 17. Propuesta para sitio de desalojo (Km 10+200) | 107 |
| Anexo B - 18. Propuesta para sitio de desalojo (Km 10+400) | 107 |
| Anexos C. Censo Vehicular | 108 |
| Anexo C - 1. Censo vehicular, Estación 2, Día 2 del 25 de junio del 2019..... | 109 |
| Anexo C - 2. Censo vehicular, Estación 1; Día 4 del 27 de junio del 2019..... | 109 |
| Anexo C - 3. Censo vehicular, Estación 2; Día 6 del 29 de junio del 2019..... | 109 |
| Anexo C - 4. Censo vehicular, Estación 1; Día 7 del 30 de junio del 2019..... | 109 |
| Anexo C - 5. Censo vehicular, lunes 24 de junio del 2019 | 110 |
| Anexo C - 6. Censo vehicular, martes 25 de junio del 2019..... | 111 |
| Anexo C - 7. Censo vehicular, miércoles 26 de junio del 2019..... | 112 |
| Anexo C - 8. Censo vehicular, jueves 27 de junio del 2019 | 113 |
| Anexo C - 9. Censo vehicular, viernes 28 de junio del 2019..... | 114 |
| Anexo C - 10. Censo vehicular, sábado 29 de junio del 2019 | 115 |
| Anexo C - 11. Censo vehicular, domingo 30 de junio del 2019 | 116 |
| Anexos D. Volumen de corte y relleno de corte y relleno..... | 117 |
| Anexo D - 1. Volúmenes de corte y relleno del Km 8+000 – 8+880 | 118 |
| Anexo D - 2. Volúmenes de corte y relleno del Km 8+900 – 9+820 | 119 |
| Anexo D - 3. Volúmenes de corte y relleno del Km 9+840 – 10+740 | 120 |

| | |
|--|-----|
| Anexo D - 4. Volúmenes de corte y relleno del Km 10+760 – 11+660 | 121 |
| Anexo D - 5. Volúmenes de corte y relleno del Km 11+680 – 11+960 | 122 |
| Anexos E. Análisis de precios unitarios..... | 123 |
| Anexo E - 1. Análisis de precios unitarios: Rubro 1..... | 124 |
| Anexo E - 2. Análisis de precios unitarios: Rubro 2..... | 125 |
| Anexo E - 3. Análisis de precios unitarios: Rubro 3..... | 126 |
| Anexo E - 4. Análisis de precios unitarios: Rubro 4..... | 127 |
| Anexos F. Planos de diseño | 128 |

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8 + 000 - 12 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”

Autor: Diego Fernando Sani Allauca

Tutor: Ing. Mg. Marisol Bayas

Fecha: 6 de diciembre del 2019

El presente Proyecto técnico comenzó el día 23 de marzo del 2019, con una reunión improvisada en el sector de Shuyo Chico, del cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, donde se realizó un primer reconocimiento de la zona estudio con el fin de generar una metodología apropiada para el desarrollo el proyecto.

Los días lunes 24 al domingo 30 de junio del 2019 se procedió con la instalación del personal en el sector Shuyo Chico (Km 2+400), trasladándose una vez por día al Km 9+150 de vía desde las 7:00 am con el propósito de realizar el censo vehicular durante 12 horas en intervalos de 15 minutos según la normativa de diseño geométrico dictada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Una vez proyectada el tipo de vía con el estudio de tráfico efectuado, el día viernes 27 de septiembre sobre el terreno de estudio se realizó la instalación de mojones y estacas a cada 1000 m en el tramo asignado de la vía actual incluyendo puntos georreferenciados con ayuda de un equipo RTK sobre dichos elementos.

El día 25 de octubre del 2019 se realizó la fotogrametría por medio de drones topográficos desde el Km 8+000 hasta el Km 12+000 obtenido ortofotografías con una amplitud de aproximada de 100 m desde el eje de la vía actual a cada lado.

Una vez recolectado los datos de campo se procedió con los trabajos de oficina que incluyen el plano topográfico con escala 1:2500, planos de diseño geométrico en planta, vertical y transversal a escala 1:1000, y la culminación del trabajo escrito del proyecto técnico.

EXECUTIVE SUMMARY

TOPIC: “GEOMETRIC DESIGN OF THE ALTERNATIVE VIAL SHUYO - PINLLOPATA IN THE SECTION KM 8 + 000 - 12 + 000 BELONGING TO THE CANTONES PUJILÍ AND PANGUA OF THE PROVINCE OF COTOPAXI

AUTHOR: Diego Fernando Sani Allauca

TUTOR: Ing. Mg. Marisol Bayas

Date: December 6, 2019

The present Technical Project began on March 23, 2019, with an impromptu meeting in the Shuyo Chico sector, of the Pujilí canton, province of Cotopaxi, where a first recognition of the study area was made in order to generate an appropriate methodology for the development of the project.

On Monday, June 24 to Sunday, June 30, 2019, the personnel were installed in the Shuyo Chico sector (Km 2 + 400), moving once a day to the Km 9 + 150 of the road from 7:00 am with The purpose of carrying out the vehicle census for 12 hours in 15-minute intervals according to the geometric design regulations issued by the Ministry of Transportation and Public Works.

Once the type of road was projected with the traffic study carried out, on Friday, September 27, on the field of study, the installation of cairns and stakes was made every 1000 m in the assigned section of the current road, including geo-referenced points with help of an RTK team on these elements.

On October 25, 2019 the photogrammetry was carried out by means of topographic drones from Km 8 + 000 to Km 12 + 000 obtained orthophotographs with an amplitude of approximately 100 m from the axis of the current road on each side.

Once the field data was collected, the office work was carried out, including the topographic plan with a 1: 2500 scale, geometric design plans in plan, vertical and transverse at a 1: 1000 scale, and the completion of the written work of the technical project .

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1. Tema Técnico

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8 + 000 - 12 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

El acondicionamiento vial para el transporte terrestre no solamente está basado en cálculos, procedimientos, cumplimiento de la reglamentación técnica vigente en el estado así como también las posibilidades y restricciones que tiene en cuenta el diseñador [1] para alcanzar un óptimo diseño geométrico que involucre sus delineaciones horizontales, verticales y transversales, sino que además conlleva un enlace directo tanto en el ámbito social, económico y ambiental al intersecar la vía con una serie de puntos de paso obligados. [2]

El levantamiento topográfico es fundamental para obras de ingeniería dado al nivel precisión que puede alcanzarse en la planificación y construcción. El trazado de una vía debe realizarse con una vasta cantidad de información física (Puntos, líneas, polígonos y detalles) para evitar fallos imprevistos al momento ejecutar la obra ahorrando tiempo y dinero. [3]

Para la elaboración de un trazado compatible con el entorno este se debe regir a una normativa de diseño la cual garantice la comodidad y seguridad de los diferentes

usuarios, para ello se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de efectuar los distintos procedimientos matemáticos y geométricos:

- A. Evitar rutas con curvas consecutivas o compuestas que puedan causar indecisión al usuario y provocar accidentes.
- B. Considerar anchos de vías y distancias de visibilidad amplios para mejorar la maniobra y fluencia del tráfico.
- C. Limitar el uso de pendientes altas en el trazado vertical para evitar la erosión de la capa de rodadura, disminuir costos de combustible y mantenimiento vehicular.
- D. Realizar diferentes alternativas de trazado para concluir en una solución viable y económica que beneficie a los usuarios y al medio ambiente. [2]
- E. Disponer de una adecuada señalización vial tanto horizontal como vertical con la intención de disminuir el índice de accidentabilidad.

Los estudios del tránsito promedio diario anual son útiles para establecer el volumen de vehículos que circulan a diario por un determinado punto de la carretera con el objetivo de verificar la validez de esta, es decir si tiene o no la capacidad e infraestructura necesaria para la prestación de su servicio a una determinada cantidad de usuarios. [4]

La reducción de tiempos de recorrido se ha convertido en un tema controversial debido a la mediana o escasa consistencia en el alineamiento horizontal que provoca cambios bruscos de velocidad impidiendo al usuario arribar con rapidez a su destino. Según Hashem [5] la forma más apropiada de preservar la consistencia de una vía es evitar en lo posible curvas con radio mínimo y estimar un grado de curvatura dependiendo la zona climática puesto que estas características hacen que el conductor sea más conservador obligándolo a reducir la velocidad significativamente.

Las investigaciones realizadas con el paso del tiempo sobre el comportamiento humano, geometría y siniestralidad hoy en día es posible constituir niveles más altos

de fiabilidad de la acción y reacción de los conductores ante un proyecto vial. Entonces es posible establecer velocidades de diseño basadas en la clase de vía, tipo de terreno, volúmenes de tierras y uso del suelo, siendo este un parámetro muy útil para la determinación de la mayoría de elementos geométricos de la vía como radios de giro mínimos, distancia de visibilidad, magnitud del peralte, etc. [1]

Los accidentes de tránsito ocurren por una serie de acciones involuntarias de parte de los usuarios relacionadas con el entorno de su trayectoria. En el país de Cuba, García [6] determina que el índice de accidentabilidad correlacionados con el diseño geométrico es el más bajo comparado con otras circunstancias, siendo la principal causa el exceso de velocidad de parte de los conductores seguido por visibilidad reducida y aparición de obstáculos inadvertidos.

Las carreteras con elevado tráfico, más carriles y de mayor velocidad tienden a ser partícipes de la mayoría accidentes de tránsito. Por otra parte, en los sectores rurales Vayalamkuzhi [7] investigó que el mayor índice de accidentes tienen lugar en rutas con radios de giro menores a 200 m.

Periódicamente el planeta ha experimentado consistentemente ligeros y fuertes cambios climáticos dando lugar a lluvias más extensas que provocan inundaciones y crecidas de ríos que tienen efectos perjudiciales para los sistemas viales. Torres [8] menciona que por tal motivo las autoridades del Perú han puesto más énfasis en la construcción y mantenimiento las redes viales en los últimos 15 años acogiendo a métodos de diseño y normas internacionales más actuales.

1.1.2 Justificación

En la actualidad la infraestructura vial ha tenido una notable importancia tanto en naciones o regiones desarrolladas como también en países en vías de desarrollo lo cual se puede demostrar estableciendo una correlación entre la densidad de redes viales y el producto interno bruto (PIB) correspondiente a su área de influencia, por tal motivo la condición y estado de la red vial resultan clave para que un proyecto pueda garantizar la competitividad y capacidad exportadora entre países al mismo tiempo de promover el desarrollo local y la calidad de vida de sus habitantes. De tal manera que los gobiernos invierten capitales considerables de dinero a largo plazo para la gestión, planificación, construcción y mantenimiento de nuevos sistemas viales. [9]

Las redes de viales de comunicación deben cumplir con varias consideraciones tanto socio – económicas, ambientales, técnicas, seguridad vial y de gestión con el objetivo de obtener vías económicas, duraderas, y seguras. [10]

El estudio de la topografía se vuelve indispensable para la planificación de nuevas obras viales con la finalidad de encontrar rutas lo menos extensas con el mínimo movimiento de que tierra para alcanzar la cota de la subrasante de la capa de rodadura haciendo que el proyecto sea económico [10], pero no siempre se optará por rutas con facilidad de trazado debido a que este tipo de estructuras se ubicarán permanentemente sobre un sustrato de suelo provocando en algunas ocasiones impactos ambientales leves o graves que podrían generarse en los elementos que se encuentran en su entorno que pueden llegar a ser irreversibles. [11]

La importancia de establecer un diseño geométrico óptimo radica en garantizar la funcionalidad, seguridad, economía, integración ambiental, estética, y factibilidad de la solución final de la carretera como producto final, para lo cual se lleva a cabo un proceso iterativo, haciendo uso de modelos tridimensionales los cuales se evalúan y modifican continuamente para que la carretera se ajuste a las necesidades de los usuarios respetando la normativa vigente en el Estado. [12]

La seguridad vial se debe gestionar en la fase de diseño con la finalidad de minimizar el número de accidentes proponiendo diferentes rutas alternativas teniendo en cuenta

factores ambientales, económicos y funcionales, las cuales se deberán ajustar progresivamente tanto en el trazado horizontal y vertical de la carretera para finalmente concluir en una solución final. [13]

Además el proyecto se deberá complementar con más estudios con el fin conservar la vía con un mínimo de manteniendo y proporcionar la seguridad de los usuarios, por ello es importante contemplar estudios de capacidad y niveles de servicio teniendo proyecciones futuras del tipo de tráfico y tipo de vehículos que harán uso de la vía, para establecer una sección transversal, pendientes transversales, y dimensiones tanto mínimas como máximas de los elementos del trazado geométrico, estudios de geología y geotecnia para considerar los posibles movimientos de tierras generadas por acciones naturales o artificiales, estudios de suelos para proponer una estructura de pavimento adecuada a la zona, estudios hidrológicos para considerar la acción del agua sobre los elementos de la vía y un estudio de impacto ambiental con el fin de mitigar o minimizar efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. [10]

El gobierno del Ecuador bajo el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) en los últimos han proyectado más de 10.000 km en el mantenimiento y desarrollo vial en todo el país [14], tanto en vías de primer orden como en vías de cuarto y quinto orden o caminos vecinales con la finalidad de conectar centros poblados y promover el desarrollo socio - económico de todos los sectores productivos en el estado.

El Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 menciona la importancia de mantener un sistema económico financiero en el cual todas las personas puedan acceder a los recursos locales para alcanzar niveles más altos de producción y empleo, además de garantizar una adecuada distribución de ingresos y de la riqueza nacional fomentando en zonas rurales el acceso a servicios salud, educación, seguridad ciudadana, protección social rural, vivienda, servicios básicos para lo cual es necesario el impulso a la conectividad y vialidad nacional. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados son responsables del desarrollo local, que debe ser sostenible y efectivo. Para ello se plantea la gestión efectiva de sus competencias, de manera particular en la prestación de servicios públicos a su cargo (agua, saneamiento, seguridad, vialidad, etc.). [15]

Las principales fuentes de ingresos económicos en la Sierra ecuatoriana se basan en la producción y comercialización de productos agrícolas y ganaderos, por otra parte, la región cuenta con una gran cantidad volcanes, páramos, bosques protegidos, valles, ríos etc, los cuales son debidamente explotados para el turismo interno del país. **[16]**

El presente proyecto técnico trata sobre el mejoramiento y acondicionamiento de la vía existente de cuarto orden o camino vecinal que une los cantones de Pangua y Pujilí de la provincia de Cotopaxi en el tramo km 8+000 – 12+000 la cual se encuentra en condiciones deplorables e inseguras para el adecuado transporte de personas y productos comerciales hacia resto de la Provincia. Según el censo realizado en el 2010 por parte de Instituto Nacional de estadística y censos en las parroquias rurales de Angamarca y Pinllopata habitan 5249 personas y 1030 personas respectivamente **[17]**, las cuales dedican en mayor porcentaje a las actividades agrícolas y la crianza de animales, mientras que un porcentaje mínimo trabaja en el empleo público, comercio y la construcción. **[18]**

1.1.3 Fundamentaciones Teórica

1.1.3.1 Topografía

Es una ciencia que describe de forma gráfica y analítica un espacio real de un entorno basado en información física y cálculos numéricos para la representación de la superficie o relieve de un elemento. [19] La topografía es una parámetro relevante para la selección de los parámetros y características geométricas de una carretera. [20]

1.1.3.1.1 Levantamiento Topográfico

Son las acciones necesarias realizadas en el campo de trabajo para la recolección de información física (puntos, líneas o polígonos) basado en un sistema de información geográfica para representar los datos obtenidos en un plano. Este tipo de levantamiento será útil para proyectos con longitudes menores a 30 km, caso contrario de deberá utilizar un levantamiento geodésico en el cual considera el efecto de la curvatura terrestre. [19]

1.1.3.1.2 Fotogrametría

Es una técnica que consiste en la representación de un entorno por medio de capturas visuales estáticas, representaciones geométricas y mediciones, capaz de interpretar la posición y dimensiones de los todos los elementos capturados fotográficamente. Se lo puede aplicar para la realización de cartografías, ortofotografías, planes de ordenamiento territorial, etc. [21]

1.1.3.1.3 Ortofotografía

Es la representación planimétrica de un área de terreno con todos sus elementos a una misma escala, libre de errores y deformaciones que se obtiene de un procesó denominado como ortoproyección que consiste en convertir una proyección cónica a una representación ortogonal. Al carecer de información del relieve las ortografías pueden someterse a la rectificación diferencial realizado por medio de una computadora obteniendo un modelo tridimensional de una superficie terrestre. [22]

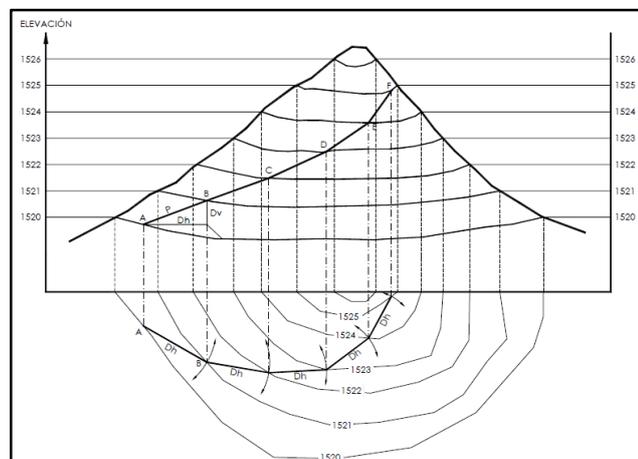
1.1.3.1.4 Puntos Georreferenciados

Son coordenadas representadas en un sistema de coordenadas planas o esféricas que pueden estar en dos dimensiones usando un plano con 2 ejes (x, y) así como también en tres dimensiones utilizando 3 ejes es decir 2 para distancias, ángulos y un tercero para definir la elevación del punto (x, y, z).

1.1.3.1.5 Curvas de Nivel

La descripción de la superficie terrestre puede ser un tema complejo debido que utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales (x, y, z) para lo cual es conveniente convertirlas a coordenadas planas (x, y) para su presentación sobre un plano basándose en un conjunto de curvas abiertas o cerradas donde cada curva representa el contorno de una superficie a una elevación específica a estas figuras se las denomina curvas de nivel.

Figura 1. Conversión de un relieve a curvas de nivel



Fuente: Instituto de Enseñanza Secundaria Morato García (2012)

1.1.3.2 Sistema de Comunicación Terrestre

1.1.3.2.1 Camino

Sección de terreno que cuenta con los elementos necesarios para la movilidad de personas, animales y medios de transporte. Cuando un camino está dentro de un centro

poblado se lo denomina como calle y cuando atraviesa sectores rurales se lo denomina como carretera. [23]

1.1.3.2 Carretera

Es una infraestructura dentro de una sección de suelo conocida como derecho de vía que une 2 o más puntos de pasos obligados y cuenta con todos los elementos necesarios para permitir la circulación de vehículos a velocidades estables y seguras en un tiempo moderado. [24]

1.1.3.3 Clasificación de Carreteras

1.1.3.3.1 Carreteras según su Jurisdicción

A. Red Vial Estatal

Su gestión está influenciada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

B. Red Provincial

Pertenecen a todas las vías gestionadas por los gobiernos provinciales.

C. Red Cantonal

Son las calles y carreteras interprovinciales gestionadas por los Consejos Municipales.

1.1.3.3.2 Carreteras según su Demanda

Se clasifican de acuerdo a la cuantificación del Tráfico Promedio Diario Anual proyectado de entre 15 a 20 años. [20]

Tabla 1. Relación función, Clase MTOP y Tráfico

| Función | Clase de Carretera (Según MTOP) | TPDA (Año final de diseño) |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Corredor Arterial | RI - RII | >8000 |
| Colectora | I | 3000 – 8000 |
| | II | 1000 – 3000 |
| Camino vecinal | III | 300 – 1000 |
| | IV | 100 – 300 |
| | V | < 100 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

A. Arteriales

Los corredores arteriales (I, II) se limitan a una sola franja con un carril para cada sentido, tienen espaldones a cada lado con anchos suficientes y en ciertos tramos pueden incluir carriles auxiliares, zonas de giro, paraderos y rampas.

Tabla 2. Tipos de corredores arteriales

| Corredor arterial | Sentido | Enumeración | Ejemplo | |
|-------------------|--------------|--------------|---|---|
| | | | Nombre | Símbologia |
| Troncal | Norte - Sur | Oeste - Este | Troncal de la Sierra; El Cóndor; 781 km |  |
| Transversal | Oeste - Este | Norte - Sur | Vía Colectora Babahoyo-Ambato; 209 km |  |

Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas (2019)

B. Vías Colectoras

Acogen el tráfico procedente de los caminos vecinales para desembocar en los corredores arteriales.

C. Caminos Vecinales

Son todos los caminos rurales que no conciernen a las clasificaciones anteriores.

1.1.3.3.3 Carreteras según su Orografía

La clasificación del terreno ayuda a proyectar ideas para la determinación de velocidades de diseño, trazado horizontal, secciones transversales, movimientos de tierras, y costos de construcción. [24]

Tabla 3. Clasificación de carreteras según la topografía

| Tipo de terreno | Pendiente transversal | Gradiente longitudinal |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Plano | < 5° | < 3% |
| Ondulado | 6° - 12° | 3% - 6% |
| Montaloso | 13° - 40° | 6% - 8% |
| Escarpado | > 40° | > 8% |

Fuente: Diseño geométrico de carreteras. Grisales (2013)

1.1.3.4 Tráfico

Se refiere a la cantidad máxima probable de vehículos que podrían circular por la carretera en un día del año al final del proyecto sin considerar el fenómeno de congestamiento. Los vehículos se clasifican por su tipo y peso. La estimación del volumen de vehículos tiene relación directa con diseño geométrico es decir que del tráfico proyectado dependen todos los elementos de la vía. [23]

1.1.3.5 Volumen de Tráfico

1.1.3.5.1 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Valor establecido mediante un tipo de conteo es el resultado del número de vehículos que transitan por una estación de la vía durante 24 horas al día durante y los 365 días del año. [20] Al realizar proyecto o estudio definitivo el TPDA deberá contar con una contabilización manual dentro de 7 días seguidos desde el lunes hasta el domingo. [20]

1.1.3.5.2 Tipos de Censos

A. Censos Manuales

Son efectuados por personal debidamente capacitadas y permiten establecer información durante etapas de corto tiempo y proporcionan información acerca el tipo de vehículo que circula por un determinado tramo de vía.

B. Censos Automáticos

Se las realiza con máquinas ubicadas en puntos estratégicos de la vía capaces emitir una carga eléctrica cuando un sensor es activado por el movimiento de un vehículo para procesar y almacenar información durante periodos extensos de tiempo sobre la conformación vehicular. [20]

1.1.3.5.3 Volumen Horario Máximo o Anual (VHMA)

Es la hora de mayor concentración vehicular de entre las 8760 horas del año.

1.1.3.5.4 Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)

Se refiere al mayor volumen de vehículos que pasan por un punto durante 60 minutos. Es el valor más representativo para verificar la capacidad de la vía. [25]

1.1.3.5.5 Factor de la Hora de Máxima Demanda (FHMD)

Se utiliza periodos de tiempo que varían de 5 – 15 minutos haciendo uso de periodos cortos en autopistas con mayor volumen de tráfico y periodos de largos para carreteras con moderado volumen de tráfico. [26]

El factor de la hora de máxima demanda calculado en intervalos de 15 minutos varia de entre 0.25 a 1, cuando este valor se acerca a la unidad expresa flujos uniformes dentro de la hora pico, de lo contrario expresario concentraciones de volúmenes de vehículos en periodos cortos y se calcula con la siguiente fórmula:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * Q_{m\acute{a}x}} \quad (F.1)$$

Donde:

FHMD = Factor de la hora de máxima demanda.

VHMD = Volumen horario de máxima demanda.

Q_{máx} = Flujo máximo en intervalos de 15 minutos.

1.1.3.5.6 Volumen Horario del Proyecto (VHP)

El método de la 30^{ava} hora estipula que el trigésimo volumen del año es el mayor y solo 29 horas al año el volumen ha sido superado o la vía se conserva congestionada.

[20]

Se puede calcular mediante el método de la 30^{ava} donde volumen horario del proyecto como un porcentaje que varía entre 10% para sectores urbanos y 15% para sectores rurales.

$$VHP = k * TPDA \quad (F.2)$$

Donde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda.

FHMD = Factor de la hora de máxima demanda.

VHP = Volumen horario del proyecto.

TPDA = Tráfico Promedio Diario Anual.

k = Factor porcentual (10% - 15%).

1.1.3.5.7 Tráfico Actual o Normal (TA)

Es la cantidad de vehículos que circular presentemente por la vía. [20] El tránsito actual está conformado por:

$$TA = Te + Tat \quad (F.3)$$

A. Tráfico Existente (Te): Es determinado antes del mejoramiento vial y solamente es propio de las carreteras que se encuentran actualmente en funcionamiento. [20]

B. Tráfico Atraído o Desviado (Tat): En carreteras nuevas solamente se tiene en cuenta un supuesto volumen de vehículos que serán atendidos y en proyectos de mejoramiento es el volumen de usuarios procedente de vías secundarias a la del proyecto. Se aproxima este valor a la siguiente fórmula:

$$Tat = n\% * TPDA_2 \quad (F.4)$$

Donde:

Tat = Tráfico atraído o desviado.

n% = Porcentaje probable de vehículos provenientes de vías secundarias o cercanas a la del proyecto.

TPDA₂ = Tráfico Promedio Diario Anual actual de una vía secundaria o cercana a la del proyecto.

1.1.3.5.8 Incremento del Tráfico

Es la incorporación de tráfico que se espera al tráfico actual en un futuro determinado. [20] El incremento del tráfico está compuesto de:

A. Crecimiento Normal de Tráfico: Limita el incremento del uso de automotores en el territorio ecuatoriano. Según un estudio realizado por MTOP [20] en un intervalo de 14 años se tiene un incremento del 6% anual.

$$CNT = TA(1 + i)^n \quad (F.5)$$

Donde:

CNT = Crecimiento normal del tráfico (Autos, Buses y Camiones).

TA = Tráfico actual.

i = Tasa de crecimiento vehicular, %.

n = Periodo del proyecto.

B. Tráfico Generado: Se produce en los 2 años consiguientes a la finalización del proyecto vial estimando la cantidad de viajes fueron y no efectuados antes y después de haber culminado la obra. [20] Puede determinarse por:

$$Tg = 0.20 TA \quad (F.6)$$

Donde:

Tg = Tráfico generado.

TA = Tráfico actual.

C. Tráfico por Desarrollo: Se produce al largo de la vida útil del proyecto o hasta cuando se lleve a cabo uno nuevo. Depende las áreas de influencia es decir si los sectores alcanzaron productivos alcanzaron sus metas. [20] Se lo determina por:

$$Td = 0.05 TA \quad (F.7)$$

Donde:

Td = Tráfico desarrollado.

TA = Tráfico actual.

1.1.3.5.9 Tráfico Futuro

Las proyecciones de tráfico se las realiza con el propósito de clasificar las carreteras estimar velocidades de diseño y apropiar los elementos geométricos a la vía. [20] Según el MTOP se lo debe calcular con la siguiente fórmula:

$$TF = TA + IT \quad (F.8)$$

$$TF = (Te + Tat) + (CNT + Tg + Td) \quad (F.9)$$

Donde:

TF = Tráfico futuro.

TA = Tráfico actual.

IT = Incremento del tráfico.

Te = Tráfico existente.

Tat = Tráfico atraído o desviado.

CNT = Crecimiento normal del tráfico.

Tg = Tráfico generado.

Td = Tráfico por desarrollo.

1.1.3.6 Velocidad de Diseño

Para que un vehículo pueda trasladarse a determinado lugar con seguridad en condiciones climatológicas favorables y sin congestionamiento es necesario una de diseño. La velocidad de diseño depende de la topografía, categoría de la vía, leyes de tránsito, climatología, cantidades de vehículos en servicio y uso del suelo. [20]

Tabla 4. Velocidad de diseño en Km/h

| Categoría de la vía | Básica | | | | Permisible en tramos difíciles | | | | | | | |
|---------------------|---|-----|--|-----|---|-----|--|-----|---|-----|--|-----|
| | (Relieve llano) | | | | (Relieve ondulado) | | | | (Relieve montañoso) | | | |
| | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal. | | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal. | | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal. | | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. | |
| | Recom | Abs | Recom | Abs | Recom | Abs | Recom | Abs | Recom | Abs | Recom | Abs |
| RI o RII | 120 | 110 | 100 | 95 | 110 | 90 | 95 | 85 | 90 | 80 | 90 | 80 |
| I | 110 | 100 | 100 | 90 | 100 | 80 | 90 | 80 | 80 | 60 | 80 | 60 |
| II | 100 | 90 | 90 | 85 | 90 | 80 | 85 | 80 | 70 | 50 | 70 | 50 |
| III | 90 | 80 | 85 | 80 | 80 | 60 | 80 | 60 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| IV | 80 | 60 | 80 | 60 | 60 | 35 | 60 | 35 | 50 | 25 | 50 | 25 |
| V | 60 | 50 | 60 | 50 | 50 | 35 | 50 | 35 | 40 | 25 | 40 | 25 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

1.1.3.7 Relación entre la Velocidad de Diseño y Circulación

La velocidad de circulación es la relación entre la longitud recorrida entre el tiempo que un vehículo se demora en recorrer dicha distancia. Se puede decir que la velocidad de circulación se reduce al incrementar la congestión vehicular. [20]

Tabla 5. Relaciones de velocidades de circulación y de diseño

| Velocidad de diseño (Km/h) | Velocidad de circulación (Km/h) | | |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | Volumen de tránsito bajo | Volumen de tránsito intermedio | Volumen de tránsito alto |
| 25 | 24 | 23 | 22 |
| 30 | 28 | 27 | 26 |
| 40 | 37 | 35 | 34 |
| 50 | 46 | 44 | 42 |
| 60 | 55 | 51 | 48 |
| 70 | 63 | 59 | 53 |
| 80 | 71 | 66 | 57 |
| 90 | 79 | 73 | 59 |
| 100 | 86 | 79 | 60 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

1.1.3.8 Diseño Geométrico de Vías

Consiste en una recreación gráfica de tres dimensiones de una posible trayectoria de camino que tiene como función empalmar dos lugares de interés basándose en las condiciones operacionales de los medios de transporte y las propiedades del suelo. [23]

Para alcanzar un óptimo diseño geométrico este debe cumplir con ciertos parámetros descritos a continuación:

- A. La funcionalidad de una vía está sujeta a ofrecer una adecuada fluencia entre los distintos volúmenes de tránsito con la geométrica de la vía.
- B. Al implementar un diseño simple, uniforme y equilibrado a lo largo del trayecto esta puede cumplir con el aspecto de seguridad.
- C. La vía ofrece comodidad cuando se restringe variaciones bruscas de velocidad al pasar por los distintos elementos geométricos de la vía.

- D. Un diseño estético se logra cuando la ruta seleccionada se ajusta al paisaje natural produciendo sensaciones satisfactorias y de confianza en el conductor.
- E. Para que la vía sea económica se debe proyectar y estudiar distintas rutas que requieran un mínimo de trabajos para la conformación del nivel de la subrasante.
- F. La compatibilidad con el medio ambiente se aplica cuando el proyecto trata en lo posible de evitar o reducir significativamente impactos ambientales. [24]

1.1.3.9 Diseño Horizontal

Es la representación gráfica de la ubicación real del eje de la vía conformado tangentes y curvas circulares sobre una franja de diseño en un plano que describe la topografía, construcciones existentes, hidrología y datos técnicos de la zona. [27]

1.1.3.9.1 Tangentes

Son líneas rectas que unen dos curvas circulares. Al intersecar dos tangentes el punto descrito por estas dos 2 rectas se denomina punto de intersección de tangentes (PI) las cuales forman un ángulo por la proyección de la anterior tangente y la siguiente tangente se denomina ángulo de deflexión (α). La distancia establecida desde el final de una curva hasta el inicio de la siguiente se llama tangente intermedia. [20]

1.1.3.9.2 Curvas Circulares

Son curvas simples o compuestas que unen dos tangentes continuas de tal modo que un vehículo pueda cambiar de dirección sin disminuir bruscamente su velocidad. [27]

A. Grado de Curvatura: Es el ángulo formado por una sección circular igual a 20 m, siendo el valor más alto para imponer seguridad de circulación con el máximo peralte a cierta velocidad. [20]

$$\frac{Gc}{20} = \frac{360}{2\pi R} \quad (F.10)$$

Donde:

Gc = Grado de curvatura.

R = Radio de la curva circular.

B. Radio de Curvatura: Es el radio necesario para unir de forma gradual 2 tangentes con distinta dirección. Se lo puede determinar en función del grado de curvatura y su fórmula es la siguiente:

$$R = \frac{360 * 20}{2 * \pi * Gc} \quad (F.11)$$

Donde:

R = Radio de la curva circular.

Gc = Grado de curvatura.

B.1. Radio Mínimo de Curvatura: Es el mínimo valor que garantiza la seguridad de circulación a una determinada velocidad de diseño. Un radio mínimo de 15 m es aplicable para terrenos montañosos, cruces difíciles, intersecciones de caminos y vías de bajo costo. En la **Tabla 6** se muestran los valores recomendados y absolutos estipulados por el **MTOP [20]** o se determina con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)} \quad (F.12)$$

Donde:

R = Radio mínimo de la curva horizontal.

V = Velocidad de diseño. Km/h

e = Peralte de la curva. m/m

f = Coeficiente de fricción lateral.

- Δc = Ángulo central de la curva circular.
- θ = Ángulo de deflexión a un punto sobre la curva circular.
- Gc = Grado de curvatura de la curva circular.
- Rc = Radio de la curva circular
- T = Tangente de la curva circular o subtangente.
- E = External.
- M = Ordenada media.
- C = Cuerda.
- CL = Cuerda larga.
- l = Longitud de un arco.
- Lc = Longitud de la curva circular.

C.1. Ángulo de Deflexión de Tangentes “ α ”: Ángulo formado por la proyección de 2 tangentes que llegan a intersecarse en un punto. [20]

C.2. Longitud de la Curva “ Lc ”: Distancia circular comprendida entre el punto inicial (PC) y el punto final (PT) de la curva y su fórmula es la siguiente:

$$\frac{Lc}{2\pi R} = \frac{\alpha}{360} \quad (F.13)$$

$$Lc = \frac{\pi R \alpha}{180} \quad (F.14)$$

Donde:

- Lc = Longitud de la curva circular.
- R = Radio de la curva circular.

C.3. Tangente de la Curva o Subtangente “ T ”: Distancia lineal desde el inicio de la curva (PC) o final de la curva (PT) hasta al punto de intersección de las tangentes (PI), [20] se lo determina con siguiente fórmula:

$$T = R * tg \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (\text{F.15})$$

Donde:

T = Tangente de la curva o subtangente.

A = Ángulo de deflexión de las tangentes.

C.4. External “E”: Longitud mínima entre la curva y el punto de intersección de las tangentes (PI), se determina por:

$$E = R \left(\sec \left(\frac{\alpha}{2} \right) - 1 \right) \quad (\text{F.16})$$

Donde:

E = External.

R = Radio de la curva circular.

α = Ángulo de deflexión de las tangentes.

C.5. Ordenada Media “M”: Longitud entre la curva y la cuerda larga (CL)

$$M = R * \left(1 - \cos \left(\frac{\Delta}{2} \right) \right) \quad (\text{F.17})$$

Donde:

M = Ordenada media.

R = Radio de la curva circular.

α = Ángulo de deflexión de las tangentes.

C.6. Deflexión en un Punto Cualquiera de la Curva “ θ ”: es el ángulo comprendido entre la tangente y la proyección de una línea desde el origen de la curva y un punto sobre la curva. [20]

$$\theta = \frac{Gc * l}{20} \quad (\text{F.18})$$

Donde:

θ = Deflexión en un punto cualquiera de la curva.

G_c = Grado de curvatura.

l = Longitud de un arco

C.7. Cuerda “C”: Es la distancia recta establecida entre 2 puntos sobre la curva y si la recta es proyectada desde el inicio hasta el final de la curva la recta toma el nombre de cuerda larga “CL”. [20]

$$C = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \text{ y}; \quad (\text{F.19})$$

$$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right) \quad (\text{F.20})$$

Donde:

C = Cuerda.

CL = Cuerda larga.

R = Radio de la curva circular.

θ = Ángulo de deflexión a un punto sobre la curva circular.

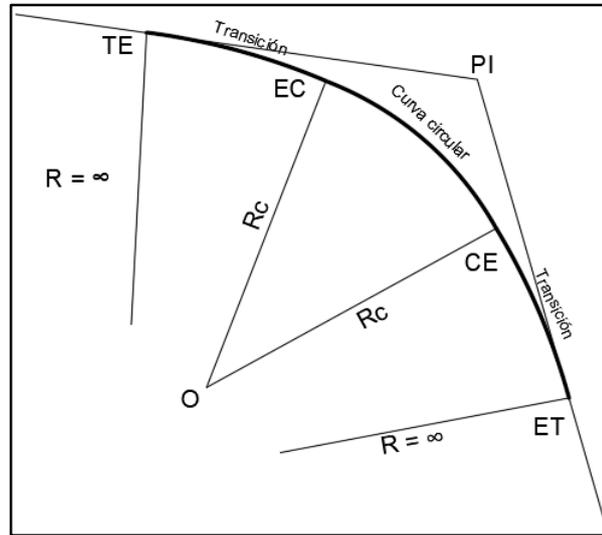
Δ = Ángulo central de la curva circular.

1.1.3.9.3 Curvas de Transición

La transición permite maniobrar un acceso seguro sin la evasión de otros carriles al ceder el desarrollo tanto del peralte transversal de la capa de rodadura como el sobre ancho de la vía, uniendo la tangente con la curva circular de forma gradual con ayuda de una curva auxiliar. [20]

A. Clotoide o Espiral de Euler: Es la forma más apropiada para efectuar transiciones. [20] La curva con radio infinito inicia desde punto de la tangente hasta el radio de la curva circular y permite el incremento o decrecimiento progresivo de la fuerza centrífuga sobre el vehículo. [28]

Figura 3. Curva de Transición



Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

Donde:

$R =$ Radio de curva de transición.

$R_c =$ Radio de la curva circular.

$TE =$ Cambio de tangente a transición.

$EC =$ Cambio de transición a curva circular.

$CE =$ Cambio de la curva circular a la siguiente transición.

$ET =$ Cambio de la transición a la siguiente tangente.

B. Longitud de la Espiral: Medida del arco de transición desde el final de la tangente hasta el inicio de la curva circular ($TE - EC$) o desde el final de la curva circular hasta el inicio de la siguiente tangente ($CE - ET$). Según el MTOP [20] se la realiza con la siguiente fórmula:

$$Le = 0.072 \frac{V^3}{R * C} \tag{F.21}$$

Donde:

$Le =$ Longitud mínima de la espiral, m.

$V =$ Velocidad de diseño, Km/h.

R = Radio de la curva circular, m.

C = Coeficiente de comodidad y seguridad. Varía entre 1 y 3 dependiendo la seguridad y confort que se quiera ofrecer.

Para constituir condiciones de seguridad y confort de medio nivel ($C = 2$), se puede hacer uso de las longitudes de espiral recomendadas.

Tabla 7. Valores mínimos recomendables de la longitud de transición

| V (Km/h) | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| R_{mín} | 18 | 20 | 25 | 30 | 42 | 56 | 75 | 110 | 160 | 210 | 275 | 350 | 430 | 520 |
| L_{mín} | 30 | 30 | 40 | 52 | 55 | 59 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 | 110 | 120 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

C. Longitud Mínima Absoluta de Transición: Para fines prácticos se hace uso de la siguiente fórmula:

$$L_e = 0.56 V \quad (F.22)$$

Donde:

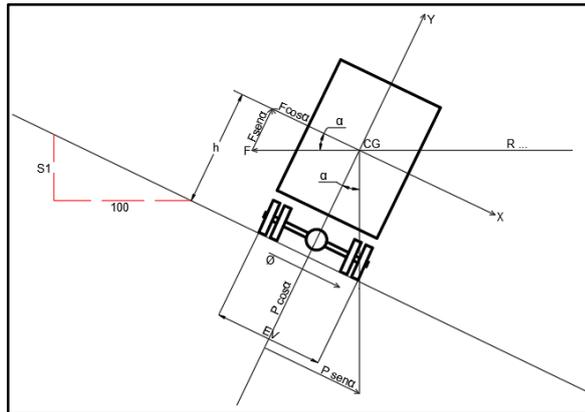
L_e = Longitud mínima de la espiral, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

1.1.3.9.4 Peralte

Cuando un objeto se mueve a una velocidad constante sobre una trayectoria circular el objeto experimenta una fuerza centrífuga (F) que impulsa al objeto fuera de su eje, pero esta puede contrarrestarse con el peso del vehículo (P), peralte (e), la fricción desarrolla por los neumáticos (f) del mismo. Estas conclusiones se las puede evidenciar en el diagrama de cuerpo libre y la única posibilidad de desequilibrio se produciría por deslizamiento o por volcamiento.

Figura 4. Estabilidad del vehículo en curvas



Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

Donde:

- S1 = Diferencia vertical del peralte.
- 100 = Diferencia horizontal del peralte.
- h = Distancia vertical del centro de gravedad referente al peso del camión.
- F = Fuerza centrífuga.
- P = Peso del camión.
- α = Ángulo formado por la inclinación del carril.
- EV = Ancho del camión de diseño.

El peralte de la curva (e) se debe calcular con la siguiente fórmula [20]:

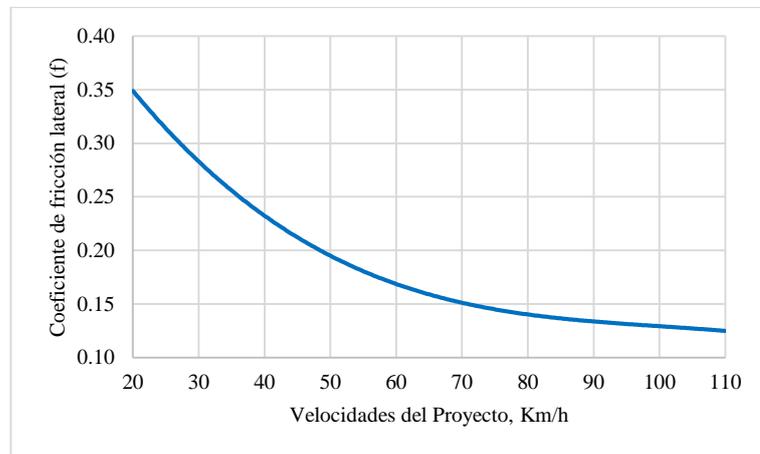
$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f \tag{F.23}$$

Donde:

- e = Peralte de la curva, m/m.
- V = Velocidad de diseño. Km/h.
- R = Radio de la curva circular, m.
- f = Máximo coeficiente de fricción lateral.

La fricción lateral depende de la velocidad de diseño por lo tanto a medida que la velocidad del vehículo aumento el coeficiente de fricción lateral decrece.

Figura 5. Coeficientes de fricción lateral para proyectos a diferentes velocidades



Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

Magnitud del Peralte

El uso de un peralte adecuado no contrarresta completamente la acción de la fuerza centrífuga (F) limitándose a un máximo debido a que al usar pendientes muy altas puede provocar el deslizamiento incontrolado de los vehículos que transitan a bajas velocidades hacia el origen de la curva, por eso es necesario complementarlo con el rozamiento lateral.

Según el MTOP [20] la fuerza centrípeta es contrarrestada el 55% por el peralte y el 45% por la acción de la fuerza de rozamiento lateral del pavimento.

Tabla 8. Peralte máximo recomendado para tipos de vías

| Peralte máximo recomendado | Velocidad | Tipo de vía | Tipo de pavimento |
|-----------------------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|
| 10% | > 50 Km/h | Carreteras y Caminos | Asfalto, concreto y pavimento |
| 8% | < 50 Km/h | Caminos vecinales | Capa granular de rodadura |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP

Nota:

No es recomendable usar valores altos en la magnitud del peralte porque:

1. Disminuye considerablemente la vida útil del pavimento.
2. Provoca un desgaste desigual de los neumáticos.
3. Evitan que el vehículo se mantenga en su propio carril.

Desarrollo del Peralte

La transición del peralte consiste en el proceso de pasar de una sección con bombeo normal hasta otra completamente peraltada o inversamente de forma suave y progresiva (Ver **Figura 7** de la **Pg. 33**). Existen tres métodos:

1. Rotando la calzada alrededor del su eje (Terrenos montañosos).
2. Rotando la calzada alrededor de un borde interior (Terrenos llanos).
3. Rotando la calzada alrededor de un borde exterior.

1.1.3.9.5 Longitud de Transición

Se usa el procedimiento que más se adapte a la topografía y condiciones hidrológicas.

Se calculará con la siguiente fórmula deducida [20]:

$$Lt = \frac{a * e}{i} \quad (F.24)$$

Donde:

Lt = Longitud de transición (m).

a = Ancho de carril (m).

e = Peralte de la curva circular (%).

i = Pendiente del borde (%).

Notas:

1. Para curvas circulares la transición debe efectuarse a lo largo de toda la espiral repartiendo el sobre ancho a ambos lados de la vía.
2. Para curvas simples dos tercios de la transición inicia en la recta y el resto dentro de la curva circular.
3. Para curvas simples especiales la mitad de la transición inicia en la recta y el resto dentro de la curva circular.
4. La diferencia entre las pendientes longitudinales de los bordes y el eje de la calzada, no debe ser mayor a los valores máximos indicados.
5. Se considera la transición mínima absoluta únicamente para terrenos montañosos.
6. La longitud de transición no deberá ser menor al mínimo calculado en la siguiente fórmula:

$$Lt_{\text{mín}} = 0.56 V \quad (\text{F.25})$$

Donde:

$Lt_{\text{mín}}$ = Longitud de transición mínima, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

7. La longitud de transición únicamente se incrementa cuando existen caminos con más de dos carriles. [20]

1.1.3.9.6 Longitud Tangencial

También denominada como longitud de aplanamiento es la longitud necesaria para que el carril exterior pierda su inclinación transversal progresivamente hasta 0%. [29]

$$N = \frac{e' * Lt}{e} \quad (\text{F.26})$$

Donde:

N = Longitud tangencial o de aplanamiento, m.

e' = Pendiente lateral de bombeo, %.

e = Peralte de la curva circular. %.

L_t = Longitud de transición, m.

1.1.3.9.7 Tangente Intermedia Mínima

Existe únicamente cuando no existe curvas consecutivas y se extienden desde el final de una curva (PT) y el comienzo de la siguiente (PC) su valor está relacionado directamente con la longitud de tangencial (N) y de transición (L_t), existen 4 casos:

A. Caso 1: Curvas circulares simples

$$T_{IM} = \frac{2}{3}L_1 + \frac{2}{3}L_2 + N_1 + N_2 \quad (F.27)$$

Donde:

T_{IM} = Tangente intermedia mínima, m.

$L_{1,2}$ = Longitudes de transición, m.

$N_{1,2}$ = Longitud tangencial, m.

La longitud mínima del arco circular = $1/3 (L_1+L_2)$

B. Caso 2: Casos críticos de topografía y no cumple con el caso 1.

$$T_{IM} = \frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} + N_1 + N_2 \quad (F.28)$$

Donde:

T_{IM} = Tangente intermedia mínima, m.

$L_{1,2}$ = Longitudes de transición, m.

$N_{1,2}$ = Longitud tangencial, m.

La longitud mínima del arco circular = $1/2 (L_1+L_2)$

C. Caso 3: Casos extremadamente críticos en vías categoría IV o V con bajas velocidades de diseño y no cumplen con el Caso 1 y 2.

$$T_{IM} = N1 + N2 \quad (F.29)$$

Donde:

TIM = Tangente intermedia mínima, m.

N 1,2 = Longitud tangencial, m.

D. Caso 4: Trazado curvilíneo y continuo

$$T_{IM} = 0 \quad (F.30)$$

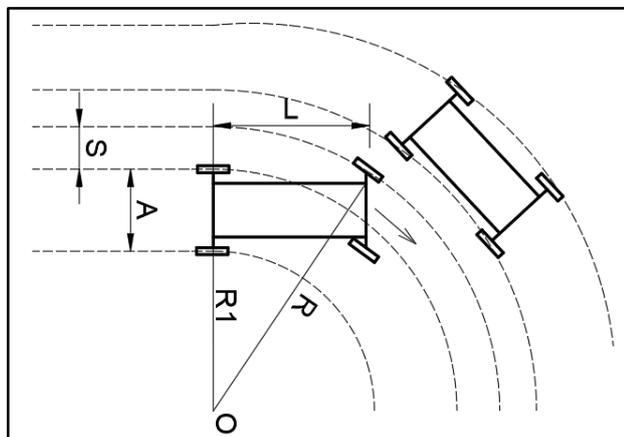
Donde:

TIM = Tangente intermedia, m.

1.1.3.9.8 Sobreancho en las Curvas

Al ingresar un vehículo en la curva este tiende a ocupar un ancho mayor a su carril de circulación invadiendo el carril adjunto debido a la inflexibilidad y dimensiones del vehículo. [29] Consecuentemente de estas características físicas se debe disponer un sobreancho suficiente para garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios. El MTOP [20] considera la siguiente fórmula:

Figura 6. Representación gráfica del sobreancho en una curva



Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}} \quad (\text{F.31})$$

Donde:

S = Sobreancho, m.

n = Número de carriles de la calzada.

R = Radio de la curva, m.

L = Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo, m.

V = Velocidad de diseño, m.

A = Ancho del vehículo, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

L = Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo, m.

Para reducir costos el MTOP [20] establece valores mínimos en función de la velocidad de diseño, el radio de giro y el vehículo de diseño.

Tabla 9. Sobreancho mínimos para distintas velocidades

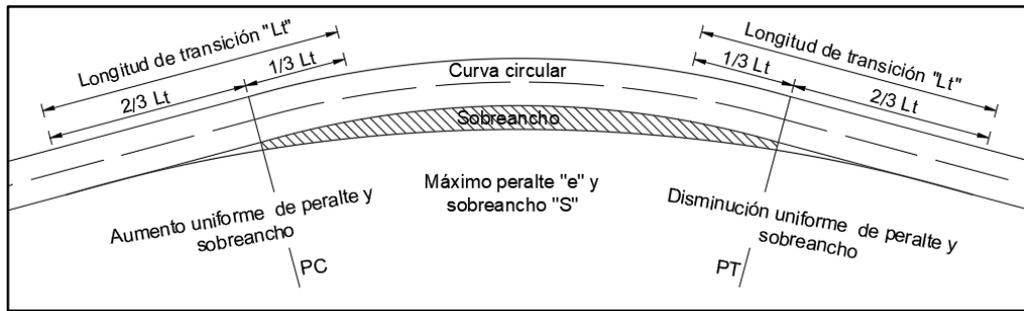
| Velocidad de diseño | Sobreancho |
|---------------------|------------|
| ≤ 50 Km/h | 30 cm |
| > 50 Km/h | 40 cm |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

A. Distribución del Sobreancho

El sobreancho debe acoplarse y desacoplarse gradualmente en toda la longitud de transición, aunque en algunos casos podrá efectuarse en longitudes menores, siendo este ancho auxiliar mínimo tanto al inicio como al final y máxima en la parte media de la curva.

Figura 7. Transición del peralte y sobreebancho para curvas simples



Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

1.1.3.10 Distancia de Visibilidad

Es la distancia que un conductor tiene disponible hacia adelante para realizar una maniobra ante la presencia de un objeto imprevisto en la vía cumpliendo con criterios de seguridad y eficiencia. [29] Existen dos distancias de visibilidad que se deben considerar para el diseño geométrico:

1.1.3.10.1 Distancia de Visibilidad para Parada

Es la longitud mínima en cualquier punto de la carretera disponible para el conductor que circula a la velocidad de diseño o inferior pueda percibir un obstáculo hacia adelante, reaccionar, disminuir su velocidad progresivamente y detenerse antes de alcanzar el objeto visualizado. [23] La distancia de visibilidad para parada se descompone las siguientes partes:

$$d_p = d_1 + d_2 \quad (F.32)$$

Donde

d_p = Distancia de visibilidad de parada, m.

d_1 = Distancia recorrida por el vehículo en el tiempo de percepción más el de reacción por parte del conductor (Ver **Figura 8** de la **Pg. 34**). Según el MTOP [20] para mantener el índice de seguridad se debe determinar de un tiempo de percepción – reacción equivalente a 2.5 segundos que se demuestra en la siguiente fórmula:

$$d1 = 2.5 \text{ seg} * \frac{1h}{3600 \text{ seg}} * \frac{1000 m}{1 KM} * V \quad (\text{F.33})$$

$$d1 = 0.7 V \quad (\text{F.34})$$

Donde

d1 = Distancia recorrida en el tiempo de percepción – reacción, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

d2 = Distancia recorrida por el vehículo durante la acción de frenado considerando la gradiente longitudinal de la vía (e) y el efecto de la capa de rodadura sobre el vehículo (f) (Ver **Figura 8** de la **Pg. 34**) como se puede apreciar en la siguiente fórmula:

$$d2 = \frac{V^2}{254 * (f \pm e)} \quad (\text{F.35})$$

Donde

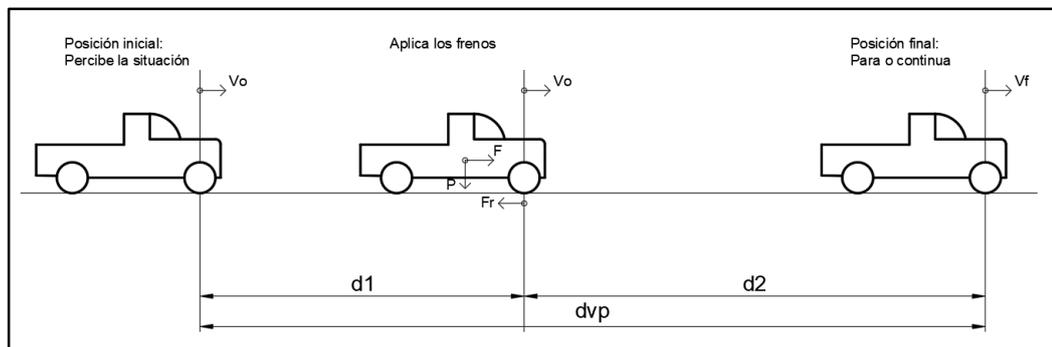
d2 = Distancia recorrida en el tiempo de frenado, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

f = Coeficiente de fricción lateral del suelo.

e = Gradiente longitudinal del eje de la vía

Figura 8. Descripción gráfica de distancia de visibilidad de parada



Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

Para determinar el coeficiente de fricción lateral se debe seleccionar el peor de los escenarios posibles, para ello la normativa toma como referencia al pavimento mojado. También se puede determinar con la fórmula siguiente.

$$f = \frac{1.15}{V_c^{0.3}} \quad (\text{F.36})$$

Donde:

f = Coeficiente de fricción lateral.

V_c = Velocidad de circulación del vehículo, Km/h.

Tabla 10. Criterio de diseño: Pavimentos mojados

| Categoría de vía | Valor Recomendable | | | Valor Absoluto | | |
|------------------|--------------------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| | L | O | M | L | O | M |
| | RI - RII | 220 | 180 | 135 | 180 | 135 |
| I | 180 | 160 | 110 | 160 | 110 | 70 |
| II | 160 | 135 | 90 | 135 | 110 | 55 |
| III | 135 | 110 | 70 | 110 | 70 | 40 |
| IV | 110 | 70 | 55 | 70 | 35 | 25 |
| V | 70 | 55 | 40 | 55 | 35 | 25 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

Al determinar las distancias de visibilidad de parada para cada tramo de la vía por el método estipulado por el MTOP [20] ninguna de estas deberá ser menor al indicado.

Tabla 11. Distancia de visibilidad mínima para parada de un vehículo

| V Km/h | Vc Km/h | f | Gradiente "e", % | | | | | | | |
|-----------|------------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | -12.00 | -9.00 | -6.00 | -3.00 | 3.00 | 6.00 | 9.00 | 12.00 |
| 20 | 20 | 0.468 | 13.75 | 13.70 | 13.60 | 13.27 | 14.34 | 14.13 | 14.06 | 14.02 |
| 25 | 24 | 0.443 | 16.47 | 16.40 | 16.26 | 15.78 | 17.33 | 17.02 | 16.91 | 16.85 |
| 30 | 28 | 0.423 | 19.18 | 19.08 | 18.89 | 18.25 | 20.35 | 19.93 | 19.77 | 19.69 |
| 35 | 33 | 0.403 | 22.55 | 22.42 | 22.15 | 21.27 | 24.18 | 23.59 | 23.37 | 23.26 |
| 40 | 37 | 0.389 | 25.23 | 25.07 | 24.73 | 23.63 | 27.28 | 26.54 | 26.27 | 26.13 |
| 45 | 42 | 0.375 | | 28.36 | 27.98 | 26.52 | 31.22 | 30.26 | 29.91 | |
| 50 | 46 | 0.365 | | 30.98 | 30.47 | 28.78 | 34.42 | 33.25 | 32.83 | |
| 60 | 55 | 0.345 | | 36.82 | 35.09 | 33.71 | 41.75 | 40.07 | 39.47 | |
| 70 | 63 | 0.332 | | | 40.00 | 37.89 | 48.44 | 46.22 | | |
| 80 | 71 | 0.320 | | | 40.99 | 41.90 | 55.28 | 52.45 | | |
| 90 | 79 | 0.310 | | | 45.81 | 45.73 | 62.28 | 58.76 | | |
| 100 | 86 | 0.302 | | | 50.54 | 48.93 | 68.54 | | | |
| 110 | 92 | 0.296 | | | | 51.57 | 74.00 | | | |
| 120 | 100 | 0.296 | | | | 56.14 | 84.24 | | | |

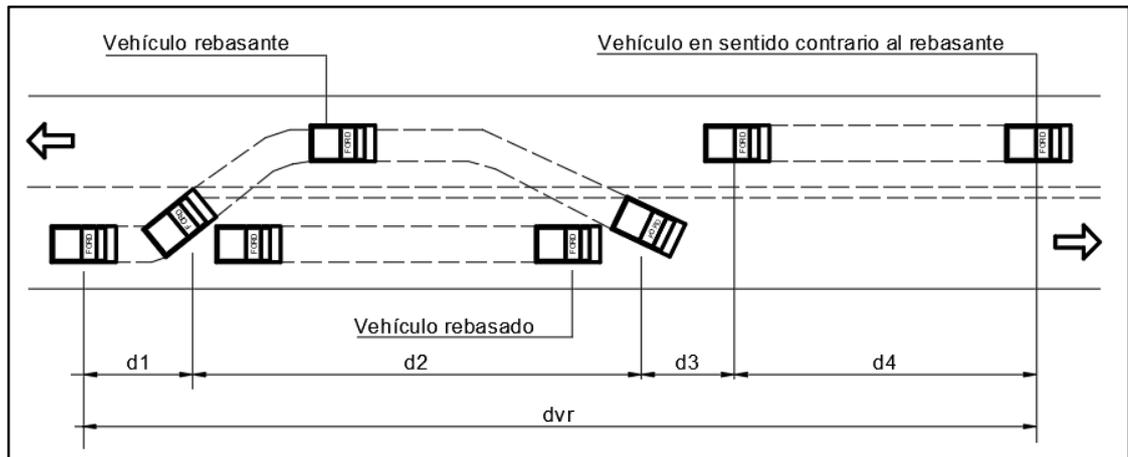
Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

1.1.3.10.2 Distancia de Visibilidad para Rebasamiento

Es la longitud mínima disponible para que un vehículo pueda adelantarse de un segundo vehículo que circula a una velocidad igual o inferior que transita en el mismo carril, sin interferir con un tercero que pueda acercarse en sentido contrario [24]. Para efectuar este proceso se deben considerar con los siguientes criterios:

1. El vehículo a rebasar mantiene su velocidad uniforme.
2. El conductor dispone escaso tiempo para percibir su entono e iniciar la maniobra.
3. El vehículo que efectúa la maniobra de rebasamiento aumenta su velocidad a 16 Km/h más que del vehículo rebasado.
4. Cuando se termina la maniobra de rebasamiento el vehículo vuelve a su carril de circulación, dejando el espacio suficiente para evitar la obstrucción de otro que se aproxime en sentido contrario. [20]

Figura 9. Descripción gráfica de distancia de visibilidad para rebasamiento.



Fuente: Diseño geométrico de carreteras. Grisales (2002)

Según el MTOP [20] la distancia de visibilidad para rebasamiento se divide en 4 partes:

$$dr = D1 + D2 + D3 + D4 \quad (F.37)$$

Donde:

$dvr =$ Distancia de visibilidad para rebasamiento.

$D1 =$ Distancia recorrida en el tiempo de percepción / reacción es decir desde el momento que el conductor decide y realiza la maniobra de rebasamiento hasta ocupar el carril de sentido contrario.

$$D1 = 0.14 t_1(2V - 2m + a * t_1) \quad (F.38)$$

Donde:

$V =$ Velocidad promedio del vehículo rebasante, Km/h.

$t_1 =$ Tiempo de la maniobra inicial, s.

$m =$ Diferencia de velocidad, 16 Kh/m

$a =$ Aceleración del vehículo rebasante, Km/h/s.

$D2 =$ Distancia total que ocupa el vehículo rebasante en sentido contrario.

$$d2 = 0.28 * V * t_2 \quad (F.39)$$

Donde:

$V =$ Velocidad promedio del vehículo rebasante, Km/h.

$t_2 =$ Tiempo durante el cual el vehículo rebasante ocupa el otro carril, s.

$D3 =$ Distancia entre el vehículo rebasante y el que se aproxima en sentido contrario.

$$D3 = 30 m a 90 m \quad (F.40)$$

$D4 =$ Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo.

[20]

$$D4 = 0.18 * V * t_2 \quad (F.41)$$

Donde:

$V =$ Velocidad promedio del vehículo rebasante, Km/h.

$t_2 =$ Tiempo durante el cual el vehículo rebasante ocupa el otro carril, s.

1.1.3.11 Diseño Vertical

Es la representación gráfica sobre un plano en dos dimensiones donde el eje horizontal representa las abscisas del eje planteado en el alineamiento horizontal mientras que el eje vertical representan las elevaciones de dichas abscisas al nivel de la rasante tomando como referencia el nivel del mar. [24] El trazado vertical está conformado por tangentes y curvas verticales y está directamente relacionado con los elementos horizontales de la vía. [20]

1.1.3.11.1 Gradiente Longitudinal

Se define como la relación existente entre la diferencia de elevación sobre la diferencia entre abscisas del eje en un determinado tramo de la vía. Su valor será mínimo dependiendo la topografía del terreno para establecer condiciones cómodas de operación de los vehículos. Según el MTOP [20] establece valores máximos para gradientes dependiendo la categoría y topografía de la vía, así como también establece longitudes máximas para la adopción de gradientes considerables.

Tabla 12. Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas

| Categoría de carretera | Valor recomendable | | | Valor absoluto | | |
|------------------------|--------------------|---|---|----------------|---|----|
| | L | O | M | L | O | M |
| RI o RII | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 6 |
| I | 3 | 4 | 6 | 3 | 5 | 7 |
| II | 3 | 4 | 7 | 4 | 6 | 8 |
| III | 4 | 6 | 7 | 6 | 7 | 9 |
| IV | 5 | 6 | 8 | 6 | 8 | 12 |
| V | 5 | 6 | 8 | 6 | 8 | 14 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

Tabla 13. Gradientes y longitudes máximas

| Gradiente | Longitud máxima |
|------------------|------------------------|
| % | m |
| 8 - 10 | 1000 |
| 10 - 12 | 500 |
| 12 - 14 | 250 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

A. Gradiente Mínima

Para mantener un adecuado drenaje de aguas lluvias se podrá optar en algunos casos por una gradiente mínima del 0.5% salvo caso de rellenos debidamente diseñados donde se podrá utilizar el 0%. [20]

1.1.3.11.2 Tangentes Verticales

Son líneas rectas que unen dos curvas verticales y cuentan con una longitud (L) y un pendiente positiva, negativa o en algunos casos neutra la cual se determina con la siguiente fórmula: [24]

$$m = \frac{\Delta y}{Tx} \quad (\text{F.42})$$

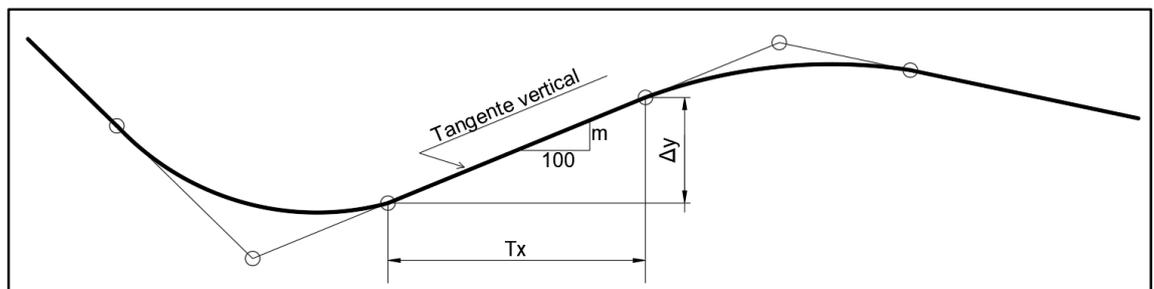
Donde:

M = Pendiente de la tangente vertical.

Δy = Diferencia de elevación de un tramo de vía, m.

T_x = Diferencia de abscisas del eje de la vía, m

Figura 10. Tangente vertical



Fuente: Diseño geométrico de carreteras. Grisales (2013)

1.1.3.11.3 Curvas Verticales

Se las utiliza para efectuar el cambio de un tramo con gradiente continua u otro con diferente gradiente longitudinal de forma gradual. [29] La forma más efectiva de realizar este proceso será por medio curvas parabólicas simples similares a curvas circulares. Las ordenadas de la parábola a sus tangentes varían con el cuadrado de la distancia horizontal a partir del punto de tangencia y está expresada por la siguiente fórmula: [20]

$$Y = \left[\frac{X}{\frac{L}{2}} \right]^2 * h = \left[\frac{2X}{L} \right]^2 * h \quad (F.43)$$

siendo h la ordenada máxima en el punto PIV y se expresa por:

$$h = \frac{AL}{800} \quad (F.44)$$

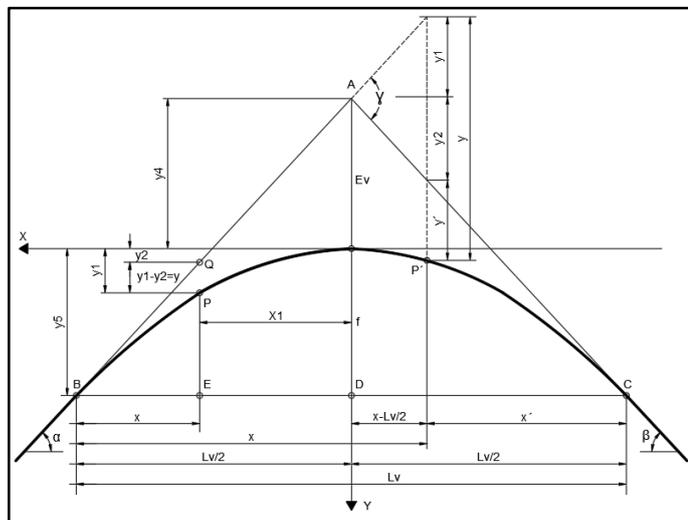
Donde:

A = Diferencia algebraica de gradientes, %.

X = Distancia horizontal medida desde el punto de tangencia hasta la ordenada, m.

L = Longitud de la curva vertical, m.

Figura 11. Elementos que caracterizan a la parábola de eje simétrico



Fuente: Diseño geométrico de carreteras. Grisales (2013)

Donde:

$A = PIV =$ Punto de intersección vertical. Es el punto donde se intersecan las dos tangentes verticales.

$B = PCV =$ Principio de la curva vertical. Donde empieza la curva.

$C = PTV =$ Principio de tangente vertical. Donde termina la curva.

$BC = L_v =$ Longitud de la curva vertical, medida en proyección horizontal.

$VA = E_v =$ Externa vertical. Es la distancia vertical del PIV a la curva.

$VD = f =$ Flecha vertical.

$P(x_1, y_2) =$ Punto sobre la curva de coordenadas (x_1, y_1) .

$Q(x_1, y_2) =$ Punto sobre la tangente de coordenadas (x_1, y_2) , situado sobre la misma vertical de P.

$QP = y =$ Corrección de pendiente. Desviación vertical respecto a la tangente de un punto de la curva P. Valor circular.

$BE = x =$ Distancia horizontal entre PCV y el punto P de la curva.

$\alpha =$ Ángulo de pendiente de la tangente de entrada.

$\beta =$ Ángulo de pendiente de la tangente de salida.

$\gamma =$ Ángulo entre las dos tangentes: Ángulo de deflexión.

$m = \tan \alpha =$ Pendiente de la tangente de entrada.

$n = \tan \beta =$ Pendiente de la tangente de salida.

$i = \tan \gamma =$ Diferencia algebraica entre las pendientes de la tangente de entrada y salida.

A. Curvas Verticales Convexas

Se forman cuando la diferencia algebraica de dos gradientes longitudinales existente entre dos tramos consecutivos resulta un valor mayor a 0 es decir positivo. Su longitud mínima viene dada por la distancia de visibilidad para parada considerando un objeto sobre la vía cuya altura es 0.15 m que es visualizado por el conductor a una altura de 1.15 m y su fórmula es:

$$L = \frac{AS^2}{426} \quad (F.45)$$

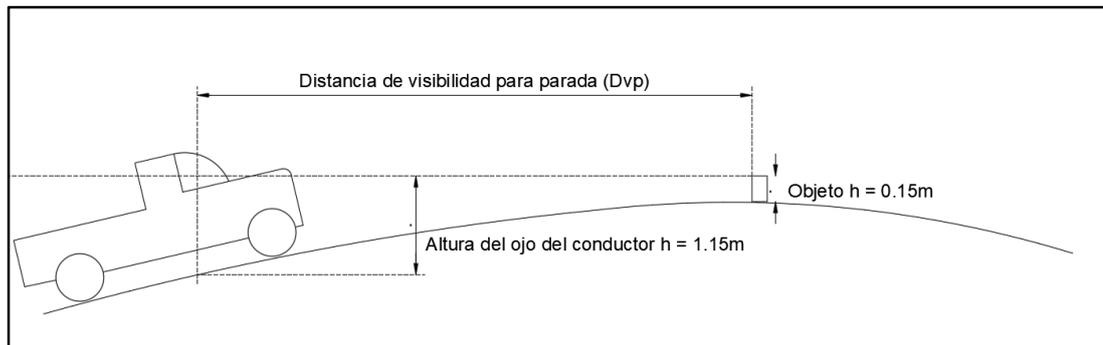
Donde:

L = Longitud de la curva vertical convexa, m.

A = Diferencia algebraica de las gradientes, %.

S = Distancia de visibilidad para parada de un vehículo, m.

Figura 12. Curva vertical convexa



Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

También se puede determinar de la forma más simple con:

$$L = K * A \quad (F.46)$$

Donde

K = Relación dada por L/A, cuyo valor mínimo depende de la magnitud de velocidad de diseño (Ver **Tabla 15** de la **Pg.43**) o tipo de carretera y topografía (Ver **Tabla 14** de la **Pg. 43**).

Tabla 14. Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales convexas mínimas

| Categoría de carretera | Valor recomendable | | | Valor absoluto | | |
|------------------------|--------------------|----|----|----------------|----|----|
| | L | O | M | L | O | M |
| RI o RII | 115 | 80 | 43 | 80 | 43 | 28 |
| I | 80 | 60 | 28 | 60 | 28 | 12 |
| II | 60 | 43 | 19 | 43 | 28 | 7 |
| III | 43 | 28 | 12 | 25 | 12 | 4 |
| IV | 28 | 12 | 7 | 12 | 3 | 2 |
| V | 12 | 7 | 4 | 7 | 3 | 2 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

La longitud de la curva vertical convexa calculada por cualquier método no deberá ser inferior a la mínima establecida en la siguiente fórmula:

$$L_{\min} = 0.6 V \quad (\text{F.47})$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical convexa, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

Tabla 15. Curvas verticales convexas mínimas

| Velocidad de diseño | Distancia de visibilidad para parada | Coeficiente $K=S^2/426$ | |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------------|------------|
| | | Calculado | Redondeado |
| Km/h | m | | |
| 20 | 20 | 0.94 | 1 |
| 25 | 25 | 1.47 | 2 |
| 30 | 30 | 2.11 | 2 |
| 35 | 35 | 2.88 | 3 |
| 40 | 40 | 3.76 | 4 |
| 45 | 50 | 5.87 | 6 |
| 50 | 55 | 7.1 | 7 |
| 60 | 70 | 11.5 | 12 |
| 70 | 90 | 19.01 | 19 |
| 80 | 110 | 28.4 | 28 |
| 90 | 135 | 42.78 | 43 |
| 100 | 160 | 60.09 | 60 |
| 110 | 180 | 76.06 | 80 |
| 120 | 220 | 113.62 | 115 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

B. Curvas Verticales Cóncavas

Se forman cuando la diferencia algebraica de dos gradientes longitudinales existente entre dos tramos consecutivos resulta un valor menor a 0 es decir negativos.

La longitud de la curva vertical cóncava está dada por la diferencia entre gradientes y distancia de visibilidad para parada la cual está dada por la proyección de los faros delanteros del vehículo con un Angulo de divergencia de 1° desde 0.60 m sobre la calzada [20]. Su fórmula es:

$$L = \frac{AS^2}{122 + 3.5S} \quad (\text{F.48})$$

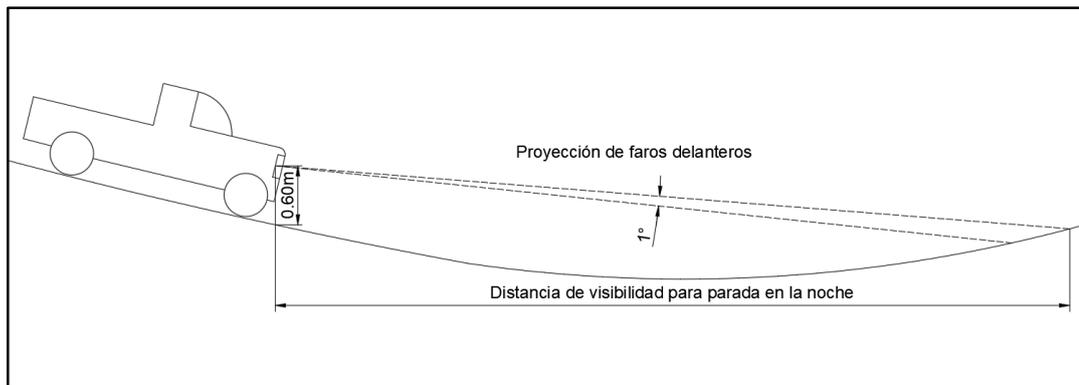
Donde:

L = Longitud de la curva vertical cóncava, m.

A = Diferencia algebraica de las gradientes, %

S = Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, m.

Figura 13. Curva vertical cóncava



Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

También se puede determinar de la forma más simple con:

$$L = K * A \quad (\text{F.49})$$

Donde:

K = Relación dada por L/A, cuyo valor mínimo depende de la velocidad de diseño (Ver **Tabla 16** en la **Pg. 45**) o tipo de carretera y topografía (Ver **Tabla 17** en la **Pg. 45**).

La longitud de la curva vertical cóncava calculada por cualquier método no deberá ser inferior a la mínima establecida en la siguiente formula:

$$L_{min} = 0.6 V \quad (\text{F.50})$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical cóncava, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

Tabla 16. Curvas verticales cóncavas mínimas

| Velocidad de diseño | Distancia de visibilidad para parada | Coeficiente $K=S^2/122+3.5S$ | |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------|
| | | Calculado | Redondeado |
| Km/h | m | | |
| 20 | 20 | 2.08 | 2 |
| 25 | 25 | 2.98 | 3 |
| 30 | 30 | 3.96 | 4 |
| 35 | 35 | 5.01 | 5 |
| 40 | 40 | 6.11 | 6 |
| 45 | 50 | 8.42 | 8 |
| 50 | 55 | 9.62 | 10 |
| 60 | 70 | 13.35 | 13 |
| 70 | 90 | 18.54 | 19 |
| 80 | 110 | 23.87 | 24 |
| 90 | 135 | 30.66 | 31 |
| 100 | 160 | 37.54 | 38 |
| 110 | 180 | 43.09 | 43 |
| 120 | 220 | 54.26 | 54 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

Tabla 17. Valores mínimos de diseño del coeficiente “K” para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas mínimas

| Categoría de carretera | Valor recomendable | | | Valor absoluto | | |
|------------------------|--------------------|----|----|----------------|----|----|
| | L | O | M | L | O | M |
| RI o RII | 115 | 80 | 43 | 80 | 43 | 28 |
| I | 80 | 60 | 28 | 60 | 28 | 12 |
| II | 60 | 43 | 19 | 43 | 28 | 7 |
| III | 43 | 28 | 12 | 28 | 12 | 4 |
| IV | 28 | 12 | 7 | 12 | 3 | 2 |
| V | 12 | 7 | 4 | 7 | 3 | 2 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

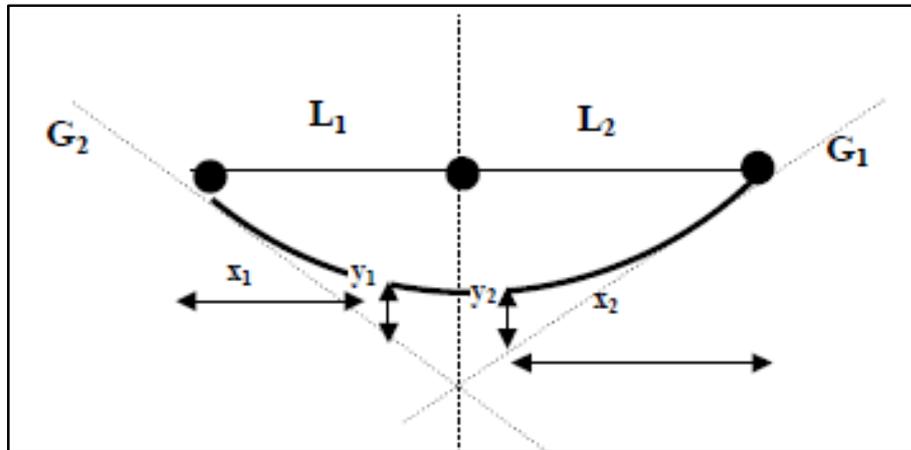
1.1.3.11.4 Fórmulas para el Cálculo de Curvas Verticales

A. Curvas Asimétricas

Son curvas cuyas proyecciones horizontales de sus tangentes son de distinta longitud delimitando un tramo de la curva debido a cierto cambio. [24] Este tipo de elementos

resultan muy útiles para acoplar de la mejor forma posible el nuevo proyecto con uno existente. [20] Se puede aplicar las siguientes fórmulas:

Figura 14. Curva vertical asimétrica



Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

Datos de Entrada:

- 8. Gradientes de entrada y salida.
- 9. Abscisa y cota del PIV.
- 10. Longitud de PCV al PIV (L_1)
- 11. Longitud del PIV al PTV (L_2)

Fórmulas:

$$A = G_2 - G_1 \tag{F.51}$$

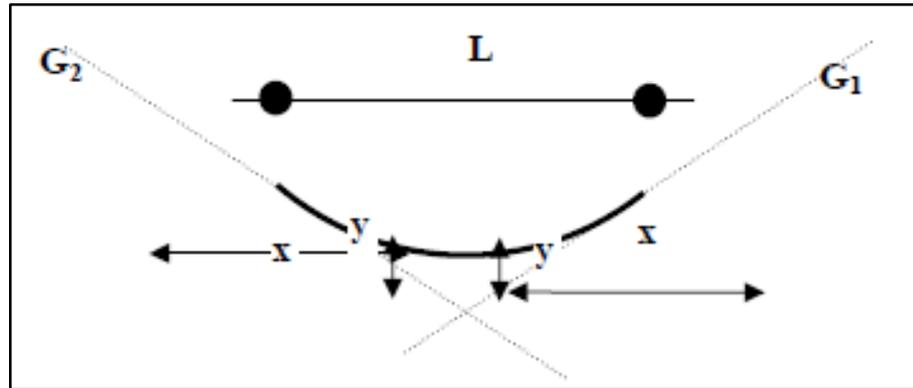
$$Y_1 = \frac{A}{L_1 + L_2} * \frac{L_2}{L_1} * \frac{X_1^2}{200} \tag{F.52}$$

$$Y_2 = \frac{A}{L_1 + L_2} * \frac{L_1}{L_2} * \frac{X_2^2}{200} \tag{F.53}$$

B. Curvas Simétricas

Para determinar las propiedades geométricas de las curvas verticales simétricas se puede utilizar las siguientes fórmulas:

Figura 15. Curva vertical simétrica



Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

$$Y = \frac{A}{200L} * X^2 \quad (F.54)$$

$$H = \frac{AL}{800} \quad (F.55)$$

1.1.3.12 Sección Transversal

Es la representación gráfica de un corte transversal a la dirección normal del eje de la vía [23] donde se definen cantidades y dimensiones los elementos físicos o reales necesarios para la movilidad de usuarios. [24] Estas construcciones dependen en gran parte del tráfico, topografía y condiciones operacionales establecidas en el alineamiento vertical y horizontal. [20]

Normalmente la sección transversal típica contiene los siguientes subcomponentes:

1.1.3.12.1 Calzada

Es el ancho de vía debidamente acondiciona destina para el transporte de vehículos y está constituida por uno o más carriles para cada sentido circulación los cuales pueden adoptar valores desde 3.00 m a 3.65 m. [24] Su dimensión depende principalmente de la categoría o clase de vía. [20]

Tabla 18. Anchos de calzada

| Categoría de carretera | Anchos de calzada (m) | |
|------------------------|-----------------------|----------------|
| | Valor recomendable | Valor absoluto |
| RI o RII | 7.30 | 7.30 |
| I | 7.30 | 7.30 |
| II | 7.30 | 6.50 |
| III | 6.70 | 6.00 |
| IV | 6.00 | 6.00 |
| V | 4.00 | 4.00 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

1.1.3.12.2 Espaldones

Según el MTOP [20] los espaldones son útiles para:

1. Servir como espacio temporal a los vehículos ante una situación inesperada.
2. Establecer fiabilidad en los usuarios al pensar que el ancho de la calzada es más amplio.
3. Mejorar distancias de visibilidad.
4. Facilitar velocidades uniformes.
5. Servir como apoyo lateral al pavimento.
6. Proveer de espacio para la señalización.

Debido a las utilidades mencionadas con anterioridad de debe fijar un ancho suficiente con una gradiente transversal que puede variar de 3% a 6% dependiendo la categoría de la vía.

Tabla 19. Valores de diseño para el ancho de espaldones (Metros)

| Categoría de carretera | Valor recomendable | | | Valor absoluto | | |
|---|--|---------|--------|----------------|---------|---------|
| | L | O | M | L | O | M |
| | (1.2) | (1.2) | (1.2) | (1.2) | (1.2) | (1.2) |
| RI o RII | 3.00 * | 3.00 * | 2.50 * | 3.00 | 3.00 * | 2.00 * |
| I | 2.50 * | 2.50 * | 2.00 * | 2.50 ** | 2.00 ** | 1.50 ** |
| II | 2.50 * | 2.50 * | 1.50 * | 2.50 | 2.00 | 1.50 |
| III | 2.00 ** | 1.50 ** | 1.00 * | 1.50 | 1.00 | 0.50 |
| IV | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| V | Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (No se considera el espaldón como tal) | | | | | |
| * La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico. | | | | | | |
| ** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente. | | | | | | |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

1.1.3.12.3 Sistemas de Drenaje

Son elementos ubicados a lo largo de la vía responsables de recolectar el agua que cae sobre la calzada transportándola a una zona adecuada para su evacuación, reduciendo o mitigando el impacto destructivo de este elemento sobre el pavimento. [20]

A. Cuneta

Son obras construidas a ambos lados de la calzada encargadas de captar rápidamente el agua lluvia que cae sobre la calzada para dirigirla hacia los puntos más bajos del trayecto sin afectar la movilidad en los vehículos.

Figura 16. Construcción de cunetas



Fuente: Municipalidad de Gualeguaychú (2019)

B. Alcantarillado

Son elementos tubulares prefabricados en concreto o acero ubicados de manera transversal al eje vial por debajo de la rasante y son recubiertos con por un relleno. Tienen la función de servir como medio de cruce del agua procedente de las cuencas hidrológicas de un lado de la vía hacia el otro sin comprometer la estabilidad del suelo. Comúnmente se los utiliza cuando las condiciones hidrológicas, topográficas y mecánicas del terreno son favorables o cuando en el proyecto no es viable la construcción de puentes.

1.1.3.12.4 Taludes

Son estructuras geológicas importantes para la seguridad y estética de la vía conformadas antes y después del proceso de explanación de la rasante, dependiendo la ruta fijada en el diseño geométrico se puede encontrar taludes de relleno o de corte. [28] Según las recomendaciones del MTOP [20] los taludes en terrenos montañosos abarcan rubros considerables por tal motivo se los debe diseñar con la mínima pendiente posible con la finalidad de realizar el mínimo movimiento de tierras.

1.1.3.13 Señalización Vial

Son todas aquellas ilustraciones instaladas a los dos lados de la vía presentadas a una adecuada distancia de visibilidad o aquellas provistas sobre la calzada, ambas tienen la función de abastecer de suficiente información a un conductor debidamente instruido para interpretar estas señales acerca de modos operacionales, restricciones y avisos que puede presentar el conductor cuando circula por la vía. [30]

1.1.3.13.1 Señalización Vertical

Son todas aquellas señales instaladas a ambos costados de la vía a una determinada distancia y elevación desde la calzada, su representación consiste en un símbolo, texto, forma y color del objeto.

A. Clasificación según su Función

1. Señales Regulatorias (R)

Controlan el movimiento vehicular y su negación influye en una infracción vehicular dictado por la Agencia Nacional de Tránsito.

2. Señales Preventivas (P)

Prevén al conductor acerca de peligro o situaciones inesperadas que podrían presentarse o no al efectuar su recorrido.

3. Señales Informativas (I)

Proporcionan fuentes informativas acerca de su posición, destinos, trayectos, direcciones y sitios de interés los cuales pueden ser desconocidos para el conductor.

4. Señales Especiales Delineadoras (D)

Limitan el paso a vehículos que no presentan las dimensiones requeridas para el uso de la vía o restringen el ingreso a la misma.

5. Señales para Trabajos sobre la Vía y Especiales (T)

Dan a conocer al conductor que circula por la vía la posibilidad de que exista personal técnico trabajando sobre la vía.

B. Clasificación según su Figura Geométrica

Las señales verticales se clasifican por su forma permitiendo a los conductores identificar e interpretar de forma rápida y sencilla el mensaje o advertencia que se quiere dar a conocer con dicho elemento. En la siguiente tabla se describen las figuras útiles en la señalización horizontal y sus diversas utilidades:

Tabla 20. Señales verticales según su forma

| Forma | Descripción | Utilidad |
|---|----------------------|------------------------------------|
|  | Octágono | Señal PARE |
|  | Triángulo equilátero | Señal SEDA EL PASO |
|  | Rectángulo eje menor | Señales regulatorias |
|  | Círculo | Cruce de ferrocarril |
|  | Rombo | Señales preventivas y trabajos |
|  | Cruz | Ubicación del cruce de ferrocarril |
|  | Rectángulo eje mayor | Señales de información |
|  | Escudo | Rutas |
|  | Pentágono | Zona escolar |

Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano; Señalización vial (2012)

C. Clasificación según su Color

1. Color Rojo

Se utiliza para indicar limitaciones, restricciones, e indicadores de peligro.

2. Color Negro

Se usa para las letras, símbolos y como fondo de algunas señales verticales.

3. Color Blanco

Utilizado como color de fondo para la señales regulatorias y delineadores.

4. Color Amarillo

Se usa para señales preventivas.

5. Color Naranja

Utilizado para señalética de trabajos sobre la vía o avisos temporales.

6. Color Verde

Usado para las señales informativas de destino.

7. Color Azul

Se usa para señalética informativa de servicio como gasolineras.

8. Color Café

Se usa para señalética informativa acerca de lugares turísticos y ambientales cercanos.

D. Ubicación de la Señalética Vertical

1. Ubicación Lateral

Para zonas rurales cuando existe cunetas según el Reglamento Técnico Ecuatoriano de señalización vial [30] se deberá estar a una distancia no menor de 60 cm desde el borde del bordillo.

2. Altura del Rotulo

Las señales verticales deben instalarse en zonas libres de vegetación con una adecuada visibilidad e iluminación. La altura mínima será de 1.50 m desde la superficie del terreno natural. [30]

Figura 17. Ubicación de la señalética vertical



Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano; Señalización Vial (2012)

1.1.3.13.2 Señalización Horizontal

Son todas aquellas señales provistas sobre la calzada las cuales deben cumplir con aspectos de necesidad, visibilidad, legibilidad, y credibilidad. [30]

A. Clasificación según su Forma

1. Líneas Longitudinales

Utilizados para limitar carriles y calzadas, restricción de modos operacionales, prohibiciones para detenerse o uso para determinados tipos de vehículos

2. Líneas Transversales

Indican la cercanía a cruces para peatones y bicicletas.

3. Símbolos y Leyendas

Se utilizan para guiar, advertir, regular la movilidad del conductor.

4. Otras

Otras señales como chevrones, etc. [30]

B. Ubicación

De ubicarse en una zona adecuado para que el conductor que circula a la máxima velocidad permitida pueda reaccionar y ejecutar su respectiva maniobra. [30]

C. Dimensiones

Las dimensiones dependerán en gran parte de la máxima velocidad permitida.

Las señales longitudinales y transversales tendrán un ancho mínimo de 10 cm y de 15 cm como máximo. [30]

D. Colores

Serán de color blanco o amarillo dependiendo el caso y están deberán ser uniformes a lo largo de la vía. [30]

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- ❖ Realizar el Diseño Geométrico de la Vía Shuyo – Pinllopata en el tramo Km 8 + 000 - 12 + 000, perteneciente a los cantones Pujilí y Pangua de la provincia de Cotopaxi.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Realizar el Levantamiento Topográfico.
- ❖ Determinar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)
- ❖ Realizar el Diseño Longitudinal, Vertical y Transversal.
- ❖ Determinar los volúmenes de masas de corte y relleno.
- ❖ Determinar el Presupuesto Referencial.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Equipos

2.1.1 Materiales

2.1.1.1 Banco de Nivel de Precisión (BM)

Se refiere a un cilindro elaborado de hormigón simple de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura los cuales son instalados sobre el suelo natural y sirven como puntos de control de los cuales se conoce su descripción y coordenadas geográficas. Además, cada Banco de nivel de precisión, servirá como referencia de la extensión de cada tramo y será implantado a cada 4 Km (Ver **Anexo A – 1** de la **Pg. 98**).

2.1.1.2 Estacas de Madera

Son fabricadas con tiras de madera de pino de 5 cm de ancho y 50 cm de longitud y cuentan con una punta del mismo material a un extremo de esta pieza para facilitar su penetración sobre el suelo natural, su uso fundamental es servir como punto de control a cada 1000 m sobre la vía actual para la georreferenciación de las ortofotografías obtenidas en el levantamiento fotogramétrico por medio de drones (Ver **Anexo A – 2** de la **Pg. 98**).

2.1.1.3 Pintura

Se refiere a una sustancia líquida a base de thinner o agua de un color vistoso sobre el terreno como el rojo. Sirve para escribir texto y dibujar símbolos sobre elementos fijos en la zona de estudio como postes, bordillos, calzada, etc. sirviendo como notas o recordatorios para posteriores procesos constructivos (Ver **Anexo A - 3** de la **Pg. 98**).

2.1.1.4 Libreta de Campo

Es un cuaderno con hojas de cualquier tipo sobre las cuales se pueden anotar descripciones, recordatorios, eventos imprevistos, seguimiento del trabajo, o cualquier otra situación que pueda presentarse al momento de ejecutar levantamiento topográfico. Se deberá incluir obligatoriamente la fecha y hora del acontecimiento dado (Ver **Anexo A - 4** de la **Pg. 98**).

2.1.2 Equipos

2.1.2.1 Drones para Fotogrametría

Equipo de vuelo no tripulado capaz de movilizarse sobre la vía por una ruta establecida mediante GPS a velocidades cercanas a los 50 Km/h con una autonomía de hasta 15 minutos. El drone tiene incorporado una cámara fotogramétrica la cual tiene como objetivo capturar imágenes con proyección cónica y proyectarlas ortogonalmente. (Ver **Anexo A - 5** de la **Pg. 99**).

2.1.2.2 Equipo de Navegación Cinética en Tiempo Real Trimble R10 (RTK)

El equipo RTK está conformando por una estación base o fija y otra móvil. La estación base utiliza las señales GPS, Glonnas y Galileo para realizar correcciones instantáneas a las posiciones que adopte la estación móvil, permitiendo precisiones milimétricas. Su función primordial será de georreferenciar los bancos de nivel de precisión (BM) y las estacas implantadas a lo largo de la vía con la finalidad de georreferenciar las ortofotografías provistas por el drone fotogramétrico (Ver **Anexo A - 6** de la **Pg. 99**).

2.1.2.3 Receptor de Geoposicionamiento Global (GPS)

Es un aparato electrónico que incorpora el sistema de posicionamiento global (GPS) utilizado para determinar la longitud, latitud y elevación con referencia al nivel del mar en tiempo real con una precisión en metros o incluso de centímetros (Ver **Anexo A - 7** de la **Pg. 99**). [31]

2.1.2.4 Trípode

Es un instrumento conformado por tres patas configurables en altura unidas a una base sólida de acero. Sirve como soporte fijo y herramienta de ajuste en nivelación manual del equipo de Posicionamiento cinético en tiempo real (RTK) y se adapta con facilidad a la altura de visión del topógrafo (Ver **Anexo A - 8** de la **Pg. 99**).

2.1.2.5 Radio de Comunicación

Permiten establecer un medio de comunicación en tiempo real entre el topógrafo y los cadeneros que realizan el levantamiento topográfico cuando se encuentran a distancias lejanas y las señales manuales o auditivas dejan de ser favorables (Ver **Anexo A - 9** de la **Pg. 100**).

2.1.2.6 Cinta Métrica

Es un instrumento de medida de gran magnitud que consiste en una cinta flexible graduada en metros y que se puede enrollar. Se utiliza para determinar anchos de calzada y ancho de la faja topográfica (Ver **Anexo A - 10** de la **Pg. 100**).

2.1.2.7 Flexómetro

Cuenta con una cinta semi-rígida graduada en metros, pies, y pulgadas se utiliza para determinar la altura del instrumento desde el punto de referencia sobre el terreno natural o estaca hasta el eje del equipo RTK, además sirve para conocer dimensiones algunos elementos sobre la vía (Ver **Anexo A - 11** de la **Pg. 100**).

2.1.2.8 Herramienta Menor

Son las herramientas de uso manual como palas, picos, barretillas, combos y machetes, las cuales son necesarias para la implantación de los bancos de nivel de precisión y estacas sobre la vía actual (Ver **Anexo A - 12** de la **Pg. 100**).

2.1.2.9 Equipo de Seguridad

Se refiere a todos los elementos de uso portátil necesarios para conformar un espacio de trabajo seguro y evitar accidentes del personal. Un equipo mínimo de seguridad incorpora: conos, chalecos reflectivos, cinta de peligro, poncho de aguas y botas con punta de acero. (Ver **Anexo A - 13** de la **Pg. 101**).

2.1.2.10 Computadora

Es necesaria para la elaboración de documentos, tramites, procedimientos y diseño de planos constructivo (Ver **Anexo A - 14** de la **Pg. 101**). Las especificaciones técnicas del computar son:

Procesador: Intel i7 Generación

Almacenamiento: Disco SSD 128 GB, HDD 1TB y RAM 16 GB

Procesador gráfico: NVIDIA GEFORCE GTX de 4 GB

2.2 Métodos

2.2.1 Ubicación del Proyecto

2.2.1.1 Ubicación Macro del Proyecto

Ecuador está situado geográficamente en el sur de América y limita al Norte con el país de Colombia, al Oeste con el Océano pacífico, al este y sur con el Perú. Su división política cuenta con 24 provincias repartidas 6 en la región Amazónica, 11 en la región Sierra, 6 en la región Costa y 1 en la región Insular repartidas en una superficie total de 283,560 km².

Figura 18. Mapa Político del Ecuador

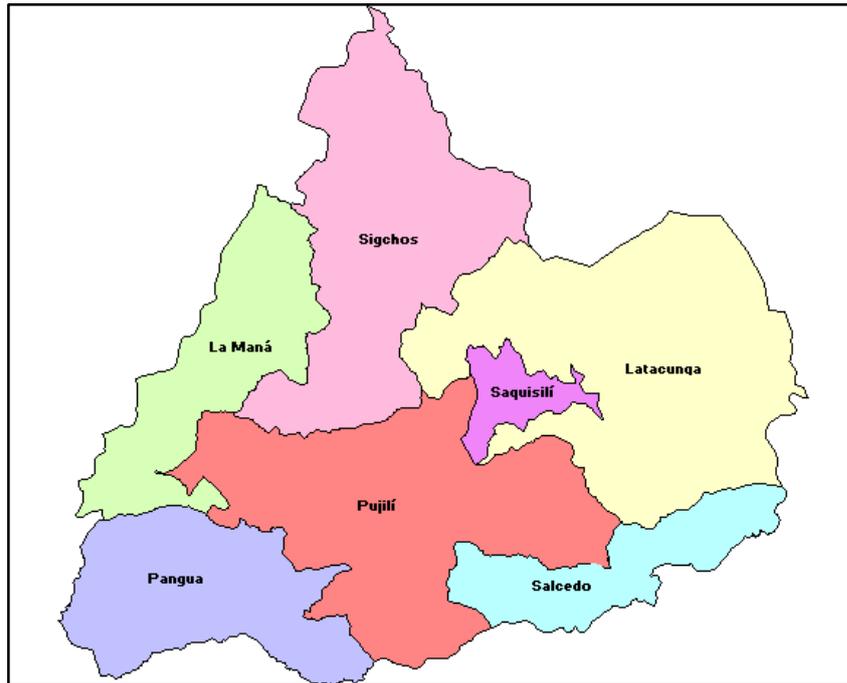


Fuente: Provincias del Ecuador (2019)

2.2.1.2 Ubicación Meso del Proyecto

Cotopaxi es una provincia del Ecuador que limita al Norte con la provincia de Pichincha al Sur con las provincias de Bolívar y Tungurahua, al Oeste con Los Ríos y al este con Napo, está conformada por 7 cantones los cuales son La Mana, Pangua, Pujilí, Salcedo, Saquisilí, Sigchos repartidos en una superficie de 6569 km².

Figura 19: Mapa Político de la Provincia de Cotopaxi



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi (2019)

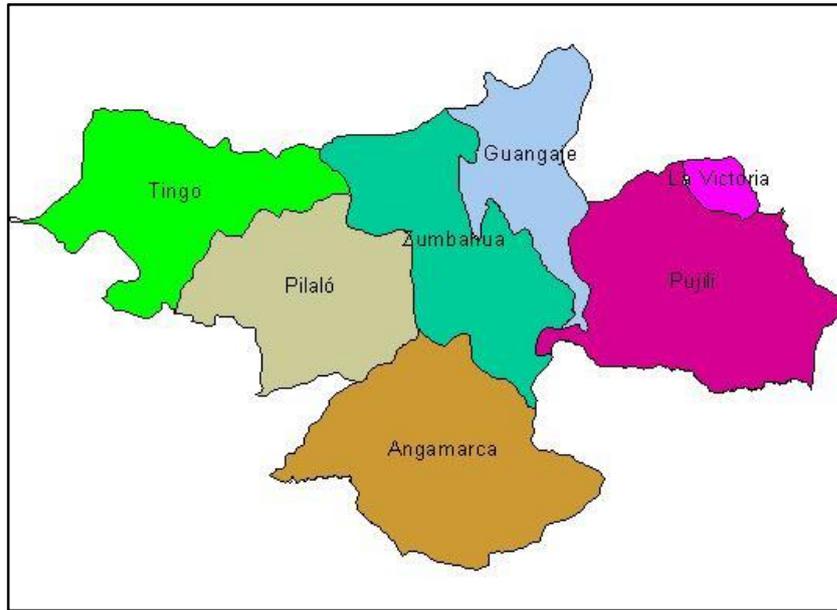
2.2.1.3 Ubicación Micro del Proyecto

El cantón Pujilí cuenta se encuentra implantada en una superficie de 1305 Km² y su altura con referencia al nivel es de 2961 m. El cantón está limitado al Norte por el cantón Sigchos, al Sur por el límite provincial de Tungurahua, al Oeste por los cantones Pangua y La Maná y al Este por los cantones de Latacunga, Saquisilí y Salcedo.

El proyecto técnico actual está situado en la parroquia rural de Angamarca perteneciente al cantón Pujilí, misma que se encuentra limitada al Norte con la parroquia Pilaló y Zumbahua, al Sur con la provincia de Bolívar, al Oeste con las Parroquias El Corazón y Pinllopata, y al Este con la parroquia de Cusubamba y la provincia de Tungurahua, con una superficie territorial de 269.91 Km² aproximadamente.

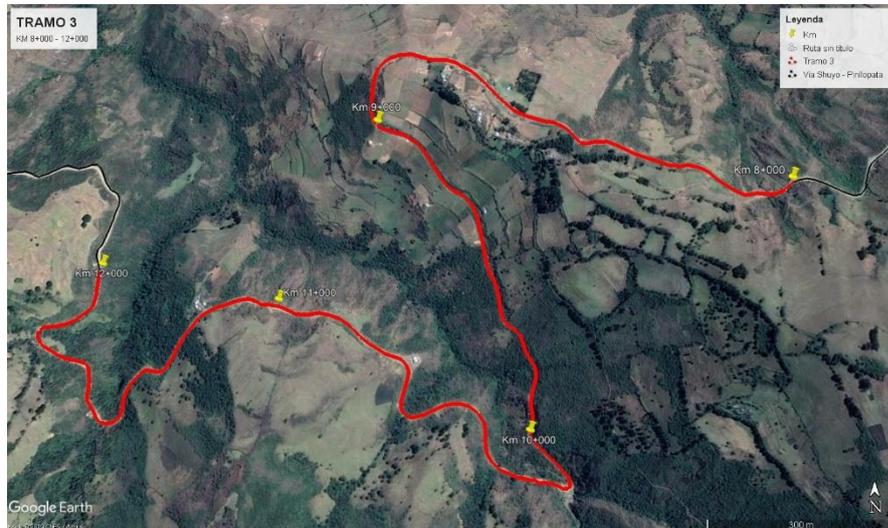
Su posición geográfica de la parroquia rural es 9867453,79 N y 737413,25 E asentada a una altitud de 2.996 m.s.n.m. ubicada en la zona 17 Sur. [32]

Figura 20. Mapa político del cantón Pujilí



Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pujilí (2019)

Figura 21. Vía Shuyo – Pinlopata Km 8+00 – 12+000, Parroquia Angamarca



Fuente: Google Earth (2019)

2.2.2 Plan de Recolección de Datos

En el presente proyecto se pretende implementar un diseño geométrico que cumpla con factores de seguridad, comodidad y condiciones de movilidad estipuladas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas conservando la ruta existente y modificando los elementos geométricos y acciones operacionales de la vía.

2.2.2.1 Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico se lo realizará a través de una fotogrametría realizada sobre el terreno de estudio con el fin de conocer el tipo de superficie en una franja total de 100 m para diseño y todos los elementos relevantes sobre la zona del proyecto. Para el cumplimiento de este objetivo se deberá proceder con los siguientes pasos:

Instalar los bancos de nivel de precisión como limitadores de tramo es decir a cada 4 Km desde el Km 0+000 hasta el Km 28+000.

Implantar las estacas como puntos de control a cada 1 Km desde el Km 8+000 hasta el Km 12+000.

Realizar la georreferenciación de los bancos de nivel de precisión y estacas con la ayuda del equipo RTK en coordenadas UTM WGS84 Datum en la Zona 17 Sur.

Trazar la ruta del dron para fotogrametría por GPS mediante un computador desde el Km 0+000 hasta el Km 28+000.

Realizar el vuelo del dron para fotogrametría desde el Km 0+000 hasta el Km 12+000 a una altura de 200 metros desde el nivel de la calzada actual asegurando la captura de los elementos de la vía como el eje, ancho del carril izquierdo y derecho, borde de taludes, ancho de franjas, construcciones civiles y estructuras hidrológicas longitudinales y transversales al eje de la vía.

Importar las ortofotografías realizadas por el Dron para fotogrametría al computador.

Procesar las ortografías en el programa para la obtención de las curvas de nivel.

2.2.2.2 Conteo Vehicular

El tráfico existente en la Alternativa Vial Shuyo – Pinllopata del Tramo Km 8+00 – 12+000 será determinado de forma manual con una persona situada en la Abscisa Km 9+150 la cual contabilizará el número de vehículos según su tipo y composición en intervalos de 15 minutos desde un día lunes hasta el domingo de 7:00 am de la mañana a 7:00 pm de la noche por día.

2.2.3 Plan de Procesamiento y Análisis de Información

2.2.3.1 Plan de Procesamiento

Los datos obtenidos en el levantamiento topográfico y conteo vehicular efectuados sobre la vía Shuyo – Pinllopata en el Tramo Km 8+000 – 12+000 servirán como información básica fundamental para el producto final y esta será procesada de la siguiente manera:

- 1) Revisión de la información física recolectada en el levantamiento topográfico.
- 2) Tabulación de los datos de tráfico obtenidos en el conteo vehicular.
- 3) Representación gráfica de la franja con ancho de 100 m y eje de la vía sobre un plano de dimensiones A1 a una escala de 1:2500.
- 4) Selección del tipo de vía a diseñar según la topografía y Tráfico Promedio Diario Anual.
- 5) Elaboración del diseño geométrico vial en sentido horizontal, vertical y transversal.
- 6) Determinación de volúmenes para corte y relleno.
- 7) Representación gráfica del diseño en láminas A1 a escala 1:1000.
- 8) Elaboración del presupuesto referencial

2.2.3.2 Análisis de Información

La información obtenida en el campo de trabajo se deberá correlacionar con las Normas de diseño geométrico de vías para la determinación de los elementos geométricos y condiciones de operación concluyendo con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y Discusión de los Resultados

3.1.1 Levantamiento Topográfico

Con la información digital obtenida por medio del drone topográfico y el equipo de posicionamiento cinético en tiempo real (RTK) desde el Km 8+000 hasta el Km 12+000 y posteriormente procesada se describió los elementos físicos de la vía como el relieve, eje, ancho de carril izquierdo y derecho, borde de taludes, una franja de diseño total de 100 metros de ancho con referencia al eje de la vía actual, construcciones civiles y de los afluentes transversales al eje de la vía. Las fotografías del campo de trabajo se encuentran disponibles en los **Anexos B** de la **Pg. 103**

En el **Anexo F-1** de la **Pg. ¡Error! Marcador no definido.** se encuentra representado de forma gráfica el levantamiento topográfico que contiene la franja de diseño con curvas de nivel debidamente etiquetadas, el eje de la vía actual abscisado desde el Km 8+000 hasta el Km 12+000, puntos de pasos obligados y descripciones de sus elementos.

3.1.2 Conteo Vehicular

Para determinar el volumen de tráfico es necesario clasificar a los vehículos que circulan por la vía en Automóviles (A), Buses (B), y Camiones (C), teniendo presente la normativa del MTOP [20] donde señala que para los proyectos definitivos se debe ejecutar un estudio del tráfico manual dentro de 7 días de la semana desde un día lunes hasta el día domingo y para establecer modelos de simulación / diseño el conteo se realizada en intervalos de 15 minutos.

Según la AASTHO 2011 [33] el volumen máximo de vehículos dentro de la hora pico está conformado por:

$$VHMD = A + B + C \quad (F.56)$$

Donde:

A = Representa la cantidad de automóviles que transitan dentro de la hora pico.

B = Representa la cantidad de buses que transitan dentro de la hora pico.

C = Representa la cantidad de camiones de hasta dos ejes que transitan dentro de la hora pico.

Se aplicó el método analítico de censo para tráfico vehicular a los datos de tráfico obtenidos dentro de los 7 días con las siguientes características:

A. Ubicación de la Estación de Contaje:

Parroquia rural de Angamarca perteneciente al cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi.

B. Tipo de Proyecto:

Alternativa de prefactibilidad

C. Tipo de Medida Aplicada:

Conteo manual con fines de Simulación / Diseño

D. Intervalo de Conteo Destinado para el Proyecto:

15 minutos

E. Fecha de Inicio y Fin del conteo

Día lunes 24 de junio del 2019 al domingo 30 de junio del 2019

F. Duración de Conteo Diario:

12 horas comprendidas de 7:00 am – 7:00 pm

G. Sentido de Circulación:

Shuyo a Pinllopata (Norte – Sur), y;

Pinllopata a Shuyo (Sur – Norte)

H. Número de Carriles Actualmente:

2 carriles de circulación

I. Particularidades de la Capa de Rodadura:

La capa de rodadura cuenta con un ancho variable de entre 5.00 a 6.50 metros desde el inicio a fin del tramo Km 8+000 – 12+000, con suelo lastrado como capa de rodadura la cual se encuentra en condiciones precarias para la movilidad vehicular.

En los **Anexos C** de la **Pg.** 109 se encuentran tabulados los datos de censo vehicular registrados desde el día lunes 24 de junio del 2019 hasta domingo 30 de junio del 2019 en intervalos de 15 minutos, desde las 7:00 de la mañana a 19:00 de la noche.

3.1.3 Pronóstico del Volumen de Tráfico Futuro

3.1.3.1 Tráfico Actual

3.1.3.1.1 Tráfico Existente

Según el método aplicado se determinó que el día con mayor circulación de entre los 7 días de conteo manual es el viernes, el cual tiene su hora pico entre las 11:30 am hasta las 12:30 pm obteniendo 9 vehículos como volumen en la hora de máxima demanda con un cuarto de hora máximo de 4 vehículos correspondiente de 12:00 pm a 12:15 pm (Ver **Tabla 21** de la Pg. 69).

El volumen de hora de máxima demanda VHMD detallado en la siguiente tabla dato de entrada para para determinación del Tráfico futuro.

Tabla 22.Registro del volumen de tráfico en la hora de máxima demanda

| Intervalo | Tipo de Vehículo | | | Total | Inter Pico |
|---------------|------------------|--------|--------|-------|------------|
| | A | B | C | | |
| 11:30 - 11:45 | | | 2 | 2 | 4 |
| 11:45 - 12:00 | | | 1 | 1 | 4 |
| 12:00 - 12:15 | 1 | | 3 | 4 | 7 |
| 12:15 - 12:30 | 1 | 1 | | 2 | 9 |
| Porcentaje | 22.22% | 11.11% | 66.67% | | 100.00% |

Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

Se determina el factor horario de máxima demanda con la siguiente fórmula:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * Q_{m\acute{a}x}} \quad (F.1)$$

$$FHMD = \frac{2 + 1 + 4 + 2}{4 * 4}$$

$$FHMD = 0.56$$

Donde:

FHMD = Factor de la hora de máxima demanda.

VHMD = Volumen horario de máxima demanda.

Qmáx = Flujo máximo en intervalos de 15 minutos.

El factor de hora de máxima demanda correspondiente a 0.56 indica concentraciones de vehículos en cortos periodos de tiempo, lo cual es razonable para este tipo de vías.

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se calcula partiendo del volumen horario del proyecto y estableciendo una relación del factor porcentual k de 0.15 para zonas rurales.

$$VHMD = k * TPDA \quad (F.2)$$

$$TPDA = \frac{VHMD}{k}$$

$$TPDA = \frac{9}{0.15}$$

$$TPDA = 60 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda/Ambos sentidos}$$

Donde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda.

VHP = Volumen horario del proyecto.

TPDA = Tráfico Promedio Diario Anual.

k = Factor porcentual (10% - 15%).

3.1.3.1.2 Tráfico Atraído o Desviado (Tat)

Teniendo en consideración que el tramo Km 8+000 – 12+000 de la alternativa vial Shuyo – Pinllopata no cuenta con conexiones secundarias de otros caminos vecinales sobre esta extensión de vía no se tiene presente el tráfico atraído.

Por lo tanto, el tráfico actual se determina con la siguiente formula:

$$TA = Te + Tat \quad (F.3)$$

$$TA = 60 \text{ veh/día} + 0 \text{ veh/día}$$

$$TA = 60 \text{ veh/día/Ambos sentidos}$$

3.1.3.2 Incremento del Tránsito

3.1.3.2.1 Crecimiento Normal del Tráfico

A) Livianos (2019 – 2020)

$$CNT = TA(1 + i)^n \quad (F.5)$$

$$CNT = 13 \left(1 + \frac{3.97\%}{100\%}\right)^1$$

$$CNT = 13 \text{ Vehículos livianos/día/Ambos sentidos}$$

B) Buses (2019 – 2020)

$$CNT = TA(1 + i)^n \quad (F.5)$$

$$CNT = 7 \left(1 + \frac{1.97\%}{100\%}\right)^1$$

$$CNT = 7 \text{ Buses/día/Ambos sentidos}$$

C) Camiones (2019 – 2020)

$$CNT = TA(1 + i)^n \quad (F.5)$$

$$CNT = 40 \left(1 + \frac{1.94\%}{100\%}\right)^1$$

$$CNT = 41 \text{ Camiones/día/Ambos sentidos}$$

Donde:

CNT = Crecimiento normal del tráfico (Autos, Buses y Camiones).

TA = Tráfico actual.

i = Tasa de crecimiento vehicular, %.

n = Periodo del proyecto.

Tabla 23. Crecimiento Normal del Tráfico

| Año | Tasa de crecimiento (i) | | | Tipo de Vehículo | | | CNT |
|------|-------------------------|-------|-------|------------------|----|----|-------|
| | A | B | C | A | B | C | Total |
| 2019 | 3.97% | 1.97% | 1.94% | 13 | 7 | 40 | 60 |
| 2020 | 3.57% | 1.78% | 1.74% | 13 | 7 | 41 | 61 |
| 2021 | 3.57% | 1.78% | 1.74% | 14 | 7 | 41 | 63 |
| 2022 | 3.57% | 1.78% | 1.74% | 14 | 7 | 42 | 64 |
| 2023 | 3.57% | 1.78% | 1.74% | 15 | 8 | 43 | 65 |
| 2024 | 3.57% | 1.78% | 1.74% | 15 | 8 | 44 | 67 |
| 2025 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 16 | 8 | 44 | 68 |
| 2026 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 17 | 8 | 45 | 69 |
| 2027 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 17 | 8 | 46 | 71 |
| 2028 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 18 | 8 | 46 | 72 |
| 2029 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 18 | 8 | 47 | 74 |
| 2030 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 19 | 8 | 48 | 75 |
| 2031 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 19 | 9 | 49 | 77 |
| 2032 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 20 | 9 | 49 | 78 |
| 2033 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 21 | 9 | 50 | 80 |
| 2034 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 21 | 9 | 51 | 81 |
| 2035 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 22 | 9 | 52 | 83 |
| 2036 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 23 | 9 | 53 | 85 |
| 2037 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 23 | 9 | 53 | 86 |
| 2038 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 24 | 10 | 54 | 88 |
| 2039 | 3.25% | 1.62% | 1.58% | 25 | 10 | 55 | 90 |

Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

3.1.3.2.2 Tráfico Generado

$$Tg = 0.20 TA \quad (F.6)$$

$$Tg = 0.20 (60 \text{ veh/día/Ambos sentidos})$$

$$Tg = 12 \text{ veh/día/Ambos sentidos}$$

Donde:

Tg = Tráfico generado.

TA = Tráfico actual.

3.1.3.2.3 Tráfico por Desarrollo

$$Td = 0.05 TA \quad (F.7)$$

$$Td = 0.05 (60 \text{ veh/día})$$

$$Td = 3 \text{ veh/día/Ambos sentidos}$$

Donde:

Tg = Tráfico por desarrollo.

TA = Tráfico actual.

3.1.3.3 Tráfico Futuro

$$TF_{(2039)} = TA + IT \quad (F.8)$$

$$TF_{(2039)} = TA + (CNT - TA + Tg + Td)$$

$$TF_{(2039)} = CNT + Tg + Td$$

$$TF_{(2039)} = (90 + 12 + 3) \text{ veh/día/Ambos sentidos}$$

$$TF_{(2039)} = 105 \text{ veh/día/Ambos sentidos}$$

Por lo tanto, para el año 2039 se estima contar con un tráfico aproximado de 105 vehículos mixtos por día para ambos sentidos de circulación al final del proyecto.

Nota:

Con el fin de mantener criterios de diseño uniformes a lo largo de los 28.8 Km aproximados de la alternativa vial Shuyo – Pinllopata se considera el tráfico futuro determinado por [34] de 737 vehículos mixtos por día para ambos sentidos de circulación en el Km 0+000 hasta el Km 4+000 al final del proyecto.

3.1.4 Clasificación de la Vía

El tráfico futuro para el año 2039 asumido por de 737 vehículos mixtos por día para ambos sentidos conlleva a clasificar a la alternativa Vial Shuyo – Pinllopata como una

vía colectora de tercer orden (Ver **Tabla 1** de la **Pg. 10**) El Tráfico futuro calculado se encuentra próximo al límite superior por lo tanto se deberá mantener los valores Recomendados por la Norma de diseño geométrico de vías MTOP [20].

3.1.5 Velocidad de Diseño

Al tratarse de una vía colectora de tercer orden con relieve de tipo montañoso el MTOP [20] recomienda usar velocidades de diseño (V) permisible para tramos difíciles de hasta 40 Km/h tanto para el diseño horizontal, vertical y sección transversal a lo largo del trayecto (Ver **Tabla 4** de la **Pg. 16**).

3.1.6 Velocidad de Circulación

Cuando la velocidad de diseño (V) es de 40 Km/h se estima la velocidad de circulación (Vc) ante volúmenes de tráfico bajo de 37 Km/h con fines de diseño, para volúmenes de tráfico intermedio con 35 Km/h con la intención de determinar distancia de visibilidad y no se utilizará los volúmenes de tráfico alto ya que no se efectuará un análisis económico para el presente proyecto técnico (Ver **Tabla 5** de la **Pg. 17**).

3.1.7 Distancia de Visibilidad

3.1.7.1 Distancia de Visibilidad de Parada

$$d1 = 0.7 V \quad (F.34)$$

$$d1 = 0.7 (40 \text{ Km/h})$$

$$d1 = 28.00 \text{ m}$$

$$d2 = \frac{V^2}{254 * (f \pm G)} \quad (F.35)$$

$$d2 = \frac{(40 \text{ Km/h})^2}{254 * (0.221 \pm 0.07)}$$

$$d2 = 21.00 \text{ m ó } 45.00 \text{ m}$$

$$dp = d1 + d2 \quad (F.32)$$

$$dp = 28.00 \text{ m} + (21.00 \text{ m} \text{ ó } 45.00 \text{ m})$$

$$dp = 49 \text{ m} \text{ ó } 73 \text{ m}$$

Donde:

dp = Distancia de visibilidad de parada, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

f = Coeficiente de rozamiento de la capa de rodadura.

G = Gradiente longitudinal.

La distancia de visibilidad de parada ante una velocidad de diseño de 40 Km/h en condiciones de ascenso será de 49 metros y ante efectos de descenso será de 73 m. Según el MTOP [20] menciona que la mínima distancia de visibilidad de parada ante la velocidad de diseño seleccionada será 40 metros.

3.1.7.2 Distancia de Visibilidad para Rebasamiento

Tabla 24. Distancia de visibilidad para rebasamiento mínima

| V Km/h | Velocidades de vehículos, Km/h | | Distancia mínima de visibilidad de rebasamiento, metros | |
|-----------|--------------------------------|-----------|---|-------------|
| | Rebasado | Rebasante | Calculada | Recomendada |
| 40 | 35 | 51 | 268 | 270 |
| 50 | 43 | 59 | 345 | 345 |
| 60 | 50 | 66 | 412 | 415 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

Según el MTOP [20] para una velocidad mínima de 40 Km/h bajo condiciones de tráfico intermedio la velocidad de circulación real del vehículo rebasado será de 35 Km/h, entonces el vehículo rebasante asumirá una velocidad mayor de 51 Km/h para realizar dicha maniobra, por lo tanto la distancia mínima de visibilidad para rebasamiento será de 270 metros y solo se la impondrá a lo largo de las tangentes.

3.1.8 Diseño Horizontal

Para el alineamiento horizontal se debe tener en cuenta los siguiente criterios de diseño dictados por del MTOP [20] en relación con la velocidad de diseño, topografía y tipo de vía proyectada para 20 años.

3.1.8.1 Radio de Curvatura Mínimo

El radio mínimo a utilizar ante una velocidad de diseño (V) de hasta 40 Km/h será de 40 metros cuando el peralte máximo de la calzada sea 10% (Ver **Tabla 8** de la **Pg. 27**) y 50 metros ante un peralte máximo del 4% (Ver **Tabla 6** de la **Pg. 20**).

Con la intención de mantener la sección actual y respaldar un mínimo movimiento de tierras, se opta por disminuir la velocidad de diseño (V) en tramos cortos con terreno de topografía escarpado de hasta 30 Km/h.

Tabla 25. Radios mínimos de curvatura para diseño horizontal

| V | e | Rmín |
|----------|----------|-------------|
| Km/h | % | m |
| 60 | 10 | 110 |
| 50 | 10 | 70 |
| 40 | 10 | 40 |
| 30 | 10 | 20 |

Fuente: Normas de diseño geométrico de vías, MTOP (2003)

3.1.8.2 Sobreancho

Debido a la complejidad del trazado geométrico en terreno montañoso se prefiere ocupar sobreancho mínimo en curvas horizontales de 40 cm para velocidades superiores a 50 Km/h y 30 cm para velocidades inferiores a 50 Km/h. (Ver **Tabla 9** de la **Pg. 32**)

3.1.9 Diseño Vertical

Para el alineamiento vertical se debe tener en cuenta los siguiente criterios de diseño dictados por del MTOP [20] en relación con la velocidad de diseño, topografía y tipo de vía proyectada para 20 años.

3.1.9.1 Gradiente Longitudinal

La gradiente longitudinal máxima recomendable para vías colectoras de tercer orden según el MTOP [20] es de 7.00% (Ver **Tabla 12** de la **Pg. 38**) y la mínima del 0.5%. Según el levantamiento topográfico la máxima gradiente longitudinal del eje de la vía actual es de 7.30% (Ver **Anexo F-1** de la **Pg. ¡Error! Marcador no definido.**). Por lo tanto, se opta por mantener el alineamiento vertical actual cuando el alineamiento horizontal sea favorable.

3.1.9.2 Curvas Convexas

El coeficiente “K” para determinar la longitud de las curvas verticales convexas como mínimo será de 12 para vías colectoras de tercer orden (Ver **Tabla 14** de la **Pg. 42**) siempre que se disponga de una distancia de visibilidad para parada mínima de 40 metros ante una velocidad de diseño de 40 Km/h (Ver **Tabla 15** de la **Pg. 43**). La longitud mínima para curva verticales convexas está dada por:

$$L_{min} = 0.6 V \quad (F.50)$$

$$L_{min} = 0.6 (40 \text{ Km/h}) = 24 \text{ m}$$

$$L_{min} = 40 \text{ m}$$

Donde:

$L_{mín}$ =Longitud mínima para curvas verticales convexas, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h

3.1.9.3 Curvas Cóncavas

El coeficiente “K” para determinar la longitud de las curvas verticales cóncavas como mínimo será de 12 para vías colectoras de tercer orden (Ver **Tabla 17** de la **Pg. 45**) siempre que se disponga de una distancia de visibilidad para parada mínima de 40 metros ante una velocidad de diseño de 40 Km/h (Ver **Tabla 16** de la **Pg. 45**). La longitud mínima para curva verticales cóncavas está dada por:

$$L_{min} = 0.6 V \quad (F.50)$$

$$L_{min} = 0.6 (40 \text{ Km/h}) = 24 \text{ m}$$

$$L_{min} = 40 \text{ m}$$

Donde:

$L_{mín}$ = Longitud mínima para curvas verticales cóncavas, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h

3.1.10 Sección Transversal

La sección trasversal deberá diseñarse teniendo en cuenta los siguiente criterios de diseño dictados por del MTOP [20] en relación con la velocidad de diseño, topografía y tipo de vía y condiciones de circulación.

3.1.10.1 Calzada

El ancho de calzada máximo a usarse sobre la vía colectora de tercer orden será de 6.70 metros de ancho. La vía colectora dispondrá de 2 carriles de diferente sentido de circulación por lo tanto cada carril tendrá un ancho de 3.35 metros (Ver **Tabla 18** de la **Pg. 48**).

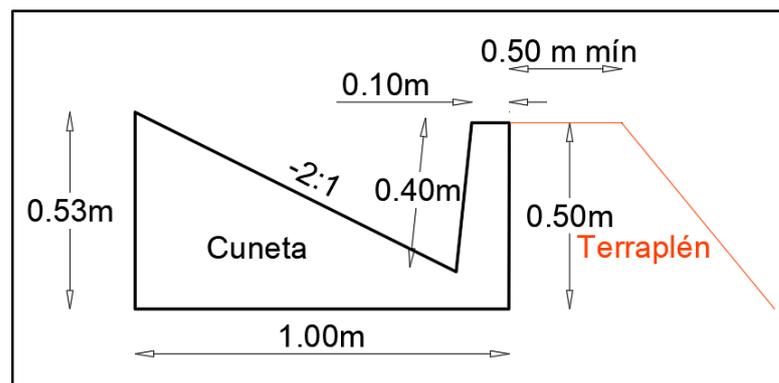
3.1.10.2 Espaldones

Se utiliza las recomendaciones del MTOP [20] y se dispondrá de un espaldón a cada lado de la calzada con un ancho máximo de 1.00 m el cual será pavimentado con el mismo material de la calzada y con un máximo de peralte transversal de 2%. (Ver **Tabla 19** de la **Pg. 49**).

3.1.10.3 Cunetas

Divido a que no se llevó a cabo un estudio hidrográfico las cunetas serán diseñadas con dimensiones mínimas, es decir: contara con un ancho de 1.00 metro, 0.40 metros de profundidad con una pendiente desde la corona de 2:1 (50%) hasta el talud de corte y 0.3 m hasta relleno a lo largo de la vía colectora. El elemento deberá ser elaborado con hormigón Simple de hasta $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 22. Tipo de cuneta recomendada



Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

3.1.10.4 Taludes

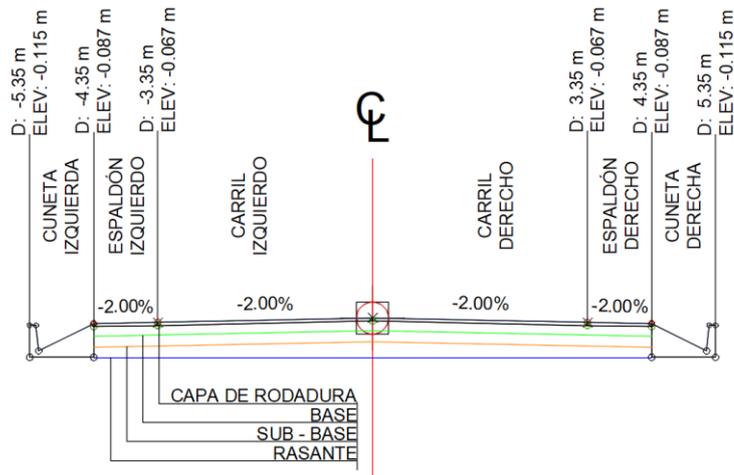
Los taludes deberán diseñarse con el mínimo de pendiente posible netamente por cuestiones económicas, al tratarse de un terreno montañoso se aconseja mantener inclinaciones de 45° (1:1) en tramos favorables y 75° (4:1) en tramos con terreno escarpado.

3.1.10.5 Sección Típica

Se procede con el ensamblaje de los elementos que conforman la sección transversal dando estableciendo una sección típica la cual deberá mantenerse a lo largo del

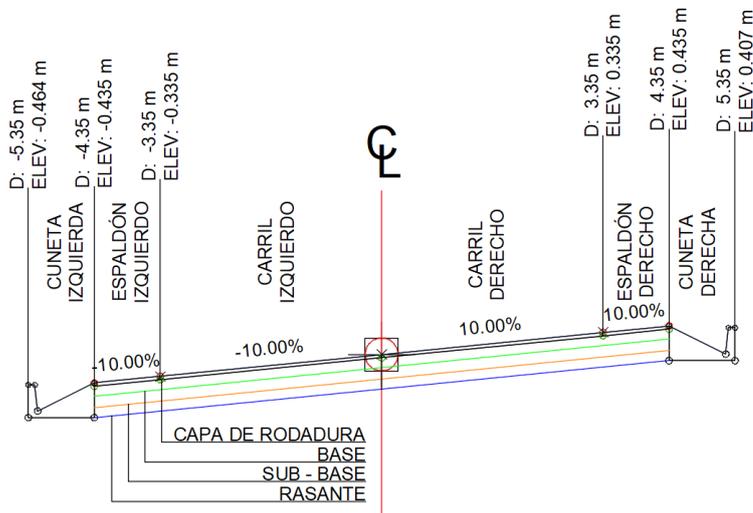
trayecto de la alternativa vial Shuyo – Pinllopatá. En la **Figura 23** se muestra la sección típica con bombeo normal del $e = 2\%$, aplicable para tangentes. Por otra parte en la **Figura 24** se puede apreciar la sección típica cuando alcanza su máximo peralte o se encuentra completamente inclinada $e = 10\%$, aplicable solo para curvas.

Figura 23. Sección típica de calzada en tangentes



Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

Figura 24. Sección típica de calzada en curvas



Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

3.1.11 Presupuesto Referencial

El presupuesto referencial está conformado por los rubros necesarios para la conformación de la rasante y cada uno se subdivide por costos directos que abarcan el

equipo, mano de obra, materiales, y transporte además de los costos indirectos relacionados con la parte administrativa, soporte técnico, y materiales de oficina, valorizados en el 20% del valor de los costos directos calculados [35]. Los costes de mano de obra deberán acogerse a los salarios mínimo por ley establecidos por la Contraloría General del Estado Ecuatoriano en el año 2019. [36] Para el costo de los materiales de construcción se toma en referencia los precios estipulados por la Cámara de construcción de Ambato. [37]

3.1.12 Especificaciones Técnicas

3.1.12.1 Rubro 1: Desbroce, Desbosque y Limpieza

Descripción: Consiste en establecer una zona limpia de árboles, arbustos, y cercas en un ancho apropiado para llevar a cabo la obra contratada.

Procedimiento de Ejecución:

Esta operación se la realizara por medios eficaces, manuales y mecánicos dentro un área comprendida hasta 10 metros de los límites de construcción.

Se dispondrá del equipo necesario para la tala de árboles, que cuente con los sistemas silenciadores, al trabajar en zonas vulnerables o pobladas.

En las zonas de excavaciones o de terraplenes de altura inferior a 2 m. deberán removerse y desecharse todos los troncos, tocones, raíces, vegetación en general y material calificado por el Fiscalizador como inadecuado.

Los árboles deberán ser removidos por completo en los lugares donde esté prevista la construcción de estructuras o subdrenes, pilotes.

El destronque de zonas para cunetas, rectificaciones de canales o cauces, se efectuará hasta obtener la profundidad necesaria para ejecutar la excavación correspondiente a estas superficies.

Todos estos trabajos deberán realizarse en forma tal que no afecten la vegetación, construcciones, edificaciones, servicios públicos, etc.,

El material considerado como inadecuado (troncos, ramas) deberá ser inmediatamente retirado de la zona de trabajo y ser transportado al depósito de residuos inservibles.

No se podrá iniciar el movimiento de tierras hasta que las operaciones de desbroce, desbosque y limpieza hayan sido totalmente concluidas. [38]

Materiales y Equipos

Motosierra a gasolina 3,5 HP

Herramienta menor (Hachas, machetes)

Medida: La cantidad a pagarse por el Desbroce, Desbosque y Limpieza será el área en hectáreas (Ha), medida en la obra, en su proyección horizontal de trabajos ordenados y aceptablemente ejecutados,

$$A = b * L \quad (F.57)$$

$$A = 100.00 \text{ m} * 3960 \text{ m}$$

$$A = 396000.00 \text{ m}^2 = 39.60 \text{ Ha}$$

Donde:

A = Área total para desbroce y limpieza de terreno, Ha.

b = Ancho de franja para para desbroce y limpieza de terreno, m.

L = Longitud de vía actual, m.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio unitario indicado en el **Anexo E - 1** de la **Pg.124**

3.1.12.2 Rubro 2: Replanteo y Nivelación del Proyecto

Descripción: El replanteo consistirá en ubicar los puntos de referencias y bancos de nivel de precisión necesarios para la conformación del ancho de calzada del proyecto sobre la vía actual y el terreno natural además de proveer los chaflanes necesarios para el corte de taludes y movimiento de tierras indicados en los planos.

Procedimiento de Ejecución:

El contratista deberá proporcionar personal debidamente calificado con el equipo y los materiales necesarios para el replanteo de la vía.

El contratista instalará puntos de control dentro del área del proyecto cada uno de ellos georreferenciado en coordenadas UTM DATUM WGS-1984 de acuerdo con el trazado de la calzada propuesta en el proyecto.

Los trabajos de topografía y de control estarán concordantes con las tolerancias que se dan en la tabla de tolerancias para trabajos de levantamientos topográficos, replanteos y estacado en construcción de carreteras.

Tabla 26. Tolerancias para trabajos de levantamientos topográficos, replanteos y estacado en construcción de carreteras

| Tolerancias Fase de trabajo | Tolerancias Fase de trabajo | |
|---|-----------------------------|-----------|
| | Horizontal | Vertical |
| Georreferenciación | 1:100 000 | ± 5 mm. |
| Puntos de Control | 1:10 000 | ± 5 mm. |
| Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias | 1:5 000 | ± 10 mm. |
| Otros puntos del eje | ± 50 mm. | ± 100 mm. |
| Sección transversal y estacas de talud | ± 50 mm. | ± 100 mm. |
| Alcantarillas, cunetas y estructuras menores | ± 50 mm. | ± 20 mm. |
| Muros de contención | ± 20 mm. | ± 10 mm. |
| Límites para roce y limpieza | ± 500 mm. | -- |
| Estacas de subrasante | ± 50 mm. | ±10 mm. |
| Estacas de rasante | ± 50 mm. | ± 10 mm. |

Fuente: Especificaciones técnicas de la obra Trocha Carrozadle

En el caso de ser necesario se podrán efectuar los ajustes necesarios provistos ante las situaciones reales que podrían presentarse en el terreno, y se podrá modificar la ruta establecida previa la autorización de la fiscalización.

Cualquier trabajo de topografía o puntos de control que no cumplan con las tolerancias establecidas serán rechazos por fiscalización.

La información sobre estos trabajos, deberá estar disponible en todo momento para su revisión y control por el Supervisor.

Materiales y Equipos:

Equipo de topografía (Estación de posicionamiento cinemático en tiempo real, RTK)

Herramientas menores (Flexómetro, Cinta métrica, Combo martillo)

Estacas de madera de 30 cm de largo

Mojones

Pintura esmalte

Clavos 2" a 2 ½"

Medida: Consistirá en cada Kilómetro (Km) de vía replanteado y nivelado, verificado y aceptado por fiscalización.

$$L = 3.960 \text{ Km} \quad (\text{F.58})$$

Donde:

L = Longitud de la vía del proyecto definitivo, Km.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará de acuerdo al precio unitario indicado en el **Anexos E - 2** de la **Pg. 125**

3.1.12.3 Rubro 3: Excavación sin Clasificar, Incluido el Desalojo.

Descripción: Estos trabajos consistirán en excavación, transporte, desecho, colocación, manipuleo, humedecimiento y compactación del material necesario a remover en zonas de corte y a colocar en zonas de relleno para lograr la construcción de la obra básica.

Procedimiento de Ejecución:

El contratista pondrá a disposición la señalética de trabajos sobre la vía y especiales necesarios a un costado de la calzada actual para dar a conocer a los usuarios de la vía sobre el desarrollo de la obra y prevenir accidentes.

El contratista tendrá la obligación de disponer de la suficiente información acerca de las redes de servicios básicos. Si es necesario remover alguna red el contratista solicitará la coordinación con la respectiva dependencia. **[38]**

Todo el material aprovechable de las excavaciones será utilizado en la construcción de terraplenes, diques y otros rellenos.

El material inadecuado deberá ser transportado hasta el lugar destinado para el desalojo de materiales inservibles.

La remoción y desalojo de materiales provenientes de desprendimientos y deslizamiento dentro de la obra deberán realizarse empleando el equipo, personal y procedimientos aprobados previamente por el Fiscalizador y de tal manera que evite en lo posible cualquier daño a la plataforma o calzada.

Durante la ejecución de la excavación, el contratista en conjunto con la fiscalización deberá verificar periódicamente las medidas y cotas, cuantas veces sea necesario, para ajustarse a las requeridas en el proyecto

El contratista deberá desalojar dicho material al mismo ritmo que el de la ejecución de las excavaciones, de manera que en ningún momento se produzcan acumulaciones injustificadas. [38]

Materiales y Equipos

Volqueta de 12 m³ de capacidad

Excavadora sobre orugas de 157 HP

Herramienta menor (Palas, picos, barretillas, etc)

Medida: Las cantidades a pagarse por la excavación de la plataforma del camino serán los metros cúbicos medidos en su posición original y calculados según el número de viajes efectuados por cada volqueta.

$$Vc = 533947.53 \text{ m}^3 \quad (\text{F.59})$$

Donde:

V = Volumen de movimiento de tierra, m³.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará de acuerdo al precio unitario indicado en el **Anexo E - 3** de 126.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por la excavación y disposición del material, incluyendo su transporte, colocación, esparcimiento, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación, o su desecho, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarios para la ejecución de los trabajos descritos en esta subsección.

3.1.12.4 Rubro 4: Excavación de Zanjas

Descripción: Se refiere a la excavación longitudinal efectuada a ambos extremos de la vía para la construcción de las cunetas, alcantarillas o cualquier obra de arte propuestas en el diseño transversal.

Procedimiento de Ejecución:

Después de terminar cada excavación, de acuerdo a las indicaciones de los planos y del Fiscalizador, el Contratista deberá informar de inmediato al Fiscalizador y no podrá iniciar la construcción de cimentaciones, alcantarillas y otras obras de arte hasta que el Fiscalizador haya aprobado la profundidad de la excavación y la clase de material de la cimentación.

El material excavado que el Fiscalizador considere no adecuado para el uso como relleno para estructuras se empleará en los terraplenes o, de ser considerado que tampoco es adecuado para tal uso, se lo desechará de acuerdo a las instrucciones del Fiscalizador. No se efectuará ningún pago adicional por la disposición de este material.

El relleno para estructuras consistirá en el suministro, colocación y compactación del material seleccionado para el relleno alrededor de las estructuras, de acuerdo a los límites y niveles señalados en los planos o fijados por el Fiscalizador. [38]

Luego de terminada la estructura, la zanja deberá llenarse por capas con material de relleno no permeable. El material seleccionado tendrá un índice plástico menor a 6 y cumplirá, en cuanto a su granulometría, las exigencias de la siguiente tabla.

Tabla 27. Tabla de granulometría para aceptación de relleno

| Tamaño del tamiz | Porcentaje que pasa |
|------------------|---------------------|
| N.- 3 (75.00 mm) | 100 |
| N.- 4 (4.75 mm) | 35 – 100 |
| N.- 30 (0.60 mm) | 25 - 100 |

Fuente: Especificaciones técnicas; Ministerio de obras Públicas (2002)

Materiales y Equipos

Retroexcavadora 94 HP y profundidad de excavación de hasta 4.698 m

Medida: La unidad será por cada metro cubico (m³) de zanja excavada y transportada hasta el sitio de desalojo.

$$V_z = 2 * \frac{a * h}{2} * L \quad (F.60)$$
$$V_z = 2 * \frac{1.00m * 0.40m}{2} * 3960m$$
$$V_z = 1584.00 m^3$$

Donde:

V_z = Volumen total de excavación para zanjas

a = Ancho de cuneta, m.

h = Profundidad de zanja, m.

L = Longitud de la vía del proyecto definitivo, Km.

Pago: La cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará de acuerdo al precio unitario indicado en el **Anexo E - 4** de la **Pg. 127**

Los rubros mencionados se encuentran descritos y formulados en los **Anexos E** de la **Pg. 124**, con los cuales se determinó en siguiente presupuesto referencial.

Tabla 28. Presupuesto Referencial



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TEMA :“DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 – 12+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

UBICACION: CANTÓN PUJILÍ, PARROQUIA RURAL DE ANGAMARCA

PRESUPUESTO REFERENCIAL

| RUBRO No. | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | P UNIT. | TOTAL |
|------------------|---|----------------|-----------------|----------------|------------------|
| 1 | Desbroce, Desbosque y Limpieza | Ha | 39.60 | 77.29 | 3060.64 |
| 2 | Replanteo y Nivelación | Km | 3.96 | 696.23 | 2757.05 |
| 3 | Excavación sin Clasificar, Incluye Desalojo | m ³ | 533947.53 | 1.53 | 818892.10 |
| 4 | Excavación de Zanjas | m ³ | 1584.00 | 9.36 | 14822.99 |
| | | | | TOTAL | 839532.78 |

CANTIDAD TOTAL: OCHOCIENTOS TREINTA Y CINCO MIL TRECIENTOS SESENTA Y DOS DÓLARES CON DIECISIETE CENTAVOS

LA CANTIDAD OFERTADA NO INCLUYE IVA

Fuente: Diego Fernando Sani Allauca

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones

4.1.1 Del estudio topográfico se obtuvo una franja de diseño de 100 metros de ancho representando su relieve montañoso y todos los elementos de vía actual.

4.1.2 El tráfico futuro fue de 109 vehículos por día para ambos sentidos de circulación para la alternativa vial Shuyo – Pinllopata, clasificándola como una vía colectora de cuarto orden para 20 años de vida útil.

4.1.3 Una vez realizado el diseño geométrico horizontal mediante la Normativa del MTOP 2003, se obtuvo una vía de colectora de tercer orden con topografía montañoso para una velocidad de diseño de 40 Km/h, radios mínimos en curvas de 40 metros y distancias de visibilidad para parada de 40 metros.

4.1.4 Del diseño geométrico vertical elaborado según la Normativa del MTOP 2003, se consiguió tangentes verticales con gradientes longitudinales máximas de 8.24%, distancias de visibilidad de parada superiores a 40 metros y de acuerdo la norma de diseño geométrico la gradiente longitudinal excede el valor permisible por lo tanto ya no se la podría considerar como una vía colectora de tercer orden.

4.1.5 Para el diseño transversal elaborado mediante las tablas y secciones transversales típicas de la Normativa del MTOP 2003, se utilizó una calzada de 6.70 metros, espaldones de 1.00 metro y cunetas de 1.00 metro de ancho con bombeo transversal de 50%

4.1.6 El volumen de corte fue de 533947.53 m³ mientras que el volumen de relleno total fue de 130.24 m³ y dado que el volumen de corte sobrepasa al de relleno necesario se dispondrá del material excavado para la terraplenes y rellenos siempre y cuando este cumpla con las especificaciones técnicas dictadas por fiscalización y la diferencia de este volumen tendrá que ser acarreado hasta el sitio de desalojo propuesto en el sector de Ullaguanga del Km 10+400 de la vía actual.

4.1.7 El presupuesto referencial fue de \$1466540.45 correspondiente a un proyecto vial de 3.96 Kilómetros de longitud de acuerdo a los rubros propuestos en la sección de Anexos respetando las especificaciones técnicas para construcción de caminos y puentes del MOP-2002

4.2 Recomendaciones

4.2.1 Debido que el presente proyecto técnico se lo realizó a nivel de prefactibilidad es recomendable la revisión y aprobación de los GAD'S de Pinllopata y Angamarca previo a su ejecución.

4.2.2 Realizar estudios de suelos para proponer una estructura de pavimento y verificar la estabilidad de los taludes propuestos.

4.2.2 Realizar estudios hidrológicos teniendo en cuenta la presencia de los arroyos ubicados en los Km 10+100, 10+600, 11+600, 12+000, y de la cascada ubicada en el Km 10+090.

4.2.4 Para la construcción de la vía se recomienda seguir la trayectoria propuesta en el presente proyecto técnico sin efectuar cambios del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. García, F. Comacho, A. Pérez, and A. Tsui, *Nuevo proceso de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras*, no. January. Madrid: Plataforma Tecnológica Española de la Carretera (PTC), 2013.
- [2] S. L. Uribe C., “Propuesta metodológica para el diseño de intersecciones urbanas,” *Inventum*, vol. 4, no. 7, pp. 46–54, 2017.
- [3] R. O. Leal, “METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN LOGÍSTICA DE VÍAS FORESTALES PARA LA COSECHA DE PLANTACIONES DE *Eucalyptus globulus* Labill . Methodology for logistic planning of forest roads for harvesting *Eucalyptus globulus* Labill . using op,” *ProQuest*, vol. 14, no. 1, pp. 51–67, 2011.
- [4] J.-R. Quintero-González, “Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible,” *Ambient. y Desarro.*, vol. 21, no. 40, p. 57, 2017.
- [5] R. Hashem, “Consistency of horizontal alignment under adverse weather conditions,” *ProQuest*, pp. 55–67, 2013.
- [6] R. A. García Depestre, D. E. Delgado Martínez, E. E. Díaz, G. Phd, and R. R. García Armenteros, “Caracterización De La Accidentalidad Vehicular Y Análisis De Las Causas En La Provincia De Villa Clara, Cuba
Characterization of Vehicular Accidents and Analysis of Causes in the Province of Villa Clara, Cuba,” *ProQuest*, vol. 175, pp. 191–200, 2012.
- [7] P. Vayalamkuzhi and V. Amirthalingam, “Influence of geometric design characteristics on safety under heterogeneous traffic flow,” *J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, vol. 3, no. 6, pp. 559–570, 2016.
- [8] R. Torres, “TRANSPORTE, COMUNICACIONES Y SEGURIDAD ALIMENTARIA,” *ProQuest*, p. 20, 2013.

- [9] Corporación Andina de Fomento, “Mantenimiento Vial. Informe Sectorial,” *ProQuest*, vol. 1, p. 68, 2012.
- [10] N. V. Quiala, L. B. Pérez, B. D. Ribas, M. L. Trujillo, L. Nuviola, and R. Verdecia, “Factores que influyen en el Diseño Geométrico de Carreteras,” *Monografías*, vol. XXI, no. 3, pp. 94–99, 2012.
- [11] J. F. Lamas, I. P. Otero, and J. G. Arias, “Trazado De Carreteras De Mínimo Impacto Ambiental, Mediante La Utilización De Un Sistema De Información Geográfica,” *Inf. la construcción*, vol. 47, pp. 43–61, 2015.
- [12] T. Echaveguren and J. Saez, “Indicadores de consistencia en el diseño geométrico de carreteras,” *Researchgate*, vol. 1, p. 13, 2014.
- [13] P. Zuriaga, A. María, C. Torregrosa, and F. Javier, “Gestión de la Seguridad vial en la Fase de Diseño,” *Repos. Universidad Politécnica Val.*, vol. 1, p. 7, 2018.
- [14] C. L. CLA, “Ecuador proyecta inversiones viales en 2018,” *Construcción Latinoamericana*, Quito, pp. 2018–2019, 02-Jan-2019.
- [15] Senplades, “Plan nacional de desarrollo 2017-202; Toda una Vida,” 2017.
- [16] M. R, “Archivo de la categoría: Región Sierra del Ecuador,” 2019. [Online]. Available: <https://ecuador1b311.wordpress.com/category/region-sierra-del-ecuador/>.
- [17] INEC, “Población por sexo, según provincia y cantón de empadronamiento,” Quito, 2010.
- [18] G. Pinllopata, “Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Pinllopata, del Cantón Pangua Provincia de Cotopaxi,” Pinllopata, 2015.

- [19] M. Z. Medina, "APUNTES DE TOPOGRAFÍA," *Repositorio UNAM - Fac. Estud. Super. Acatlán*, vol. 1, p. 231, 2012.
- [20] Ministerio de Obras Públicas, *Normas de Diseño Geometrico de Carreteras*. Ecuador, 2003, p. 475.
- [21] F. Rodríguez, "Soluciones Integrales en Geomática," vol. 23, no. 3, Bogotá, p. 2019, Sep-2019.
- [22] J. Sans, "ARQUITECTOS EXPERTOS PERICIALES, FORENSES Y MEDIADORES," 215AD. [Online]. Available: <http://www.arquitectesexperts.com/cartes-dels-agrupats/qu-es-una-fotografia-area-y-qu-es-una-ortofotografia12112014>.
- [23] P. A. CHOCONTA, *Diseño Geometrico De Vias*, 2da Ed. Bogotá, 2011.
- [24] J. Cárdenas, *Diseño geométrico de carreteras*, 2da Ed. Bogotá: Biblioteca Nacional de Colombia Cárdenas, 2013.
- [25] M. Berardo, A. Baruzzi, O. Dapás, R. Freire, M. Tartabini, and G. Vanoli, *Manual de Diseño Geométrico Vial*, 2da Ed. Argentina: Editorial Brujas, 2017.
- [26] R. Cal, R. Mayor, and C. James, *Ingenieria de Transito*, 7ma Ed. México: 1994 Ediciones Alfaomega S.A. de, 1994.
- [27] J. Jairo and A. Ospina, "Artículos De La Ingeniería," Medellín, 2002.
- [28] A. Gallego, J. Beron, E. Donado, and A. Montejo, *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito, 2013.
- [29] J. Cárdenas, *Diseño geometrico de carreteras*, 1ra Ed. Bogotá: Biblioteca Nacional de Colombia, 2002.

- [30] MTOP, INEN, and ANT, “Reglamento Técnico Ecuatoriano 004, Señalización Vial,” vol. 84, pp. 487–492, 2012.
- [31] G. Guillermo, “Qué es el GPS. Como funciona el GPS. Aplicaciones del GPS,” *Tecnología e Informatica*, 2019. [Online]. Available: <https://tecnologia-informatica.com/que-es-gps-como-funciona-aplicaciones/>.
- [32] P. O. R. E. L. Desarrollo, “Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia de Angamarca,” Pujilí, 2015.
- [33] H. Yerusolim, *DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS AASTHO-2011*. E.E.U.U: Washington, D.C., 2011, p. 486.
- [34] F. Jerez, “DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 0 + 000 – 4 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI,” Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [35] F. Albán, *Presupuestos de construcción y reajuste de precios*, 2da Ed. Quito: Editorial Mendieta, 2015.
- [36] “Reajuste de precios; Salarios Mínimos por ley,” *Contral. Gen. del Estado*, pp. 1–2, 2018.
- [37] “Modus vivendi,” *Cámara de comercio de Ambato*, Ambato, p. 100, Sep-2019.
- [38] Mop-001-F 2002, *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES*. Quito, 2002.

ANEXOS

ANEXOS A

MATERIALES Y EQUIPOS

MATERIALES

Anexo A - 1. Banco de nivel para precisión.



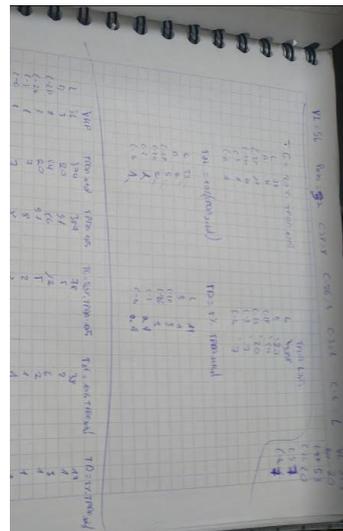
Anexo A - 2. Estacas de madera



Anexo A - 3. Pintura



Anexo A - 4. Libreta de campo



EQUIPOS

Anexo A - 5. Drone para fotogrametría



Anexo A - 6. Equipo RTK



Anexo A - 7. Receptor de geoposicionamiento



Anexo A - 8. Trípode



EQUIPOS

Anexo A - 9. Radio de comunicación



Anexo A - 10. Cinta métrica



Anexo A - 11. Flexómetro



Anexo A - 12. Herramienta menor



EQUIPOS

Anexo A - 13. Equipo de seguridad



Anexo A - 14. Computadora



ANEXOS B

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Anexo B - 1. Reconocimiento de la zona del proyecto km 10+000m



Anexo B - 2. Reunión improvisada con los representantes del cantón Pangua



Anexo B - 3. Socialización del proyecto con las autoridades del cantón Pangua



Anexo B - 4. Limitación de la franja topográfica



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Anexo B - 5. Implantación de bancos de nivel para precisión.



Anexo B - 6. Implantación de estacas



Anexo B - 7. Recubrimiento del punto de control con pintura



Anexo B - 8. Instalación y nivelación del trípode para estación fija



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Anexo B - 9. Instalación y configuración de la estación fija del equipo RTK



Anexo B - 10. Configuración de la estación móvil del equipo RTK



Anexo B - 11. Georreferenciación de los puntos de control (Km 9+000)



Anexo B - 12. Georreferenciación de los puntos de control (Km 10+000)



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Anexo B - 13. Ortofotografía Km 11+360



Anexo B - 14. Ortofotografía Km 9+700



Anexo B - 15. Pendiente transversal de montaña Km 8+360



Anexo B - 16. Línea parte aguas (Cascada) Km 10+090



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Anexo B - 17. Propuesta para sitio de desalojo (Km 10+200)



Anexo B - 18. Propuesta para sitio de desalojo (Km 10+400)



ANEXOS C

CENSO VEHICULAR

CENSO VEHICULAR

Anexo C - 1. Censo vehicular, Estación 2,
Día 2 del 25 de junio del 2019



Anexo C - 2. Censo vehicular, Estación
1; Día 4 del 27 de junio del 2019



Anexo C - 3. Censo vehicular, Estación 2;
Día 6 del 29 de junio del 2019



Anexo C - 4. Censo vehicular, Estación
1; Día 7 del 30 de junio del 2019



Anexo C - 8. Censo vehicular, jueves 27 de junio del 2019

| Intervalo | | Tipo de Vehículo | | | Total | Inter Pico | Intervalo | | Tipo de Vehículo | | | Total | Inter Pico |
|--|---|------------------|---|---|-------|------------|---------------|---|------------------|---|---|----------|------------|
| | | A | B | C | | | | | A | B | C | | |
| 7:00 - 7:15 | | | 1 | | 1 | | 13:00 - 13:15 | 1 | | | 1 | 1 | |
| 7:15 - 7:30 | | | | | | | 13:15 - 13:30 | | | | | 1 | |
| 7:30 - 7:45 | | | | | | | 13:30 - 13:45 | | | | | 1 | |
| 7:45 - 8:00 | | | | | | | 13:45 - 14:00 | | | | | 1 | |
| 8:00 - 8:15 | | | | 1 | 1 | 1 | 14:00 - 14:15 | | | | 1 | 1 | |
| 8:15 - 8:30 | | | | 3 | 3 | 4 | 14:15 - 14:30 | | | | | 1 | |
| 8:30 - 8:45 | | | | | | 4 | 14:30 - 14:45 | 1 | | | 1 | 2 | |
| 8:45 - 9:00 | 1 | | | | 1 | 5 | 14:45 - 15:00 | | | | | 2 | |
| 9:00 - 9:15 | 1 | | | | 1 | 5 | 15:00 - 15:15 | | 1 | | 1 | 2 | |
| 9:15 - 9:30 | | | 1 | | 1 | 3 | 15:15 - 15:30 | | | | | 2 | |
| 9:30 - 9:45 | | | | | | 3 | 15:30 - 15:45 | | | | | 1 | |
| 9:45 - 10:00 | | | | 2 | 2 | 4 | 15:45 - 16:00 | | | | | 1 | |
| 10:00 - 10:15 | 1 | | | | 1 | 4 | 16:00 - 16:15 | | | | | | |
| 10:15 - 10:30 | | | | | | 3 | 16:15 - 16:30 | | | | | | |
| 10:30 - 10:45 | | | | | | 3 | 16:30 - 16:45 | | | | | | |
| 10:45 - 11:00 | 1 | | | | 1 | 2 | 16:45 - 17:00 | | 1 | | 1 | 1 | |
| 11:00 - 11:15 | | | | | | 1 | 17:00 - 17:15 | | | | | 1 | |
| 11:15 - 11:30 | | | | | | 1 | 17:15 - 17:30 | | | | | 1 | |
| 11:30 - 11:45 | | | | | | 1 | 17:30 - 17:45 | 1 | | | 1 | 2 | |
| 11:45 - 12:00 | | | | | | | 17:45 - 18:00 | 1 | | | 1 | 2 | |
| 12:00 - 12:15 | | | | | | | 18:00 - 18:15 | 1 | | | 1 | 3 | |
| 12:15 - 12:30 | | | | | | | 18:15 - 18:30 | 1 | | | 1 | 4 | |
| 12:30 - 12:45 | | | | | | | 18:30 - 18:45 | | | | | 3 | |
| 12:45 - 13:00 | | | | | | | 18:45 - 19:00 | | | | | 2 | |
| Volumen de tráfico máximo (Hora Pico) | | | | | | | | | | | | 5 | |

Anexo C - 10. Censo vehicular, sábado 29 de junio del 2019

| Intervalo | | Tipo de Vehículo | | | Total | Inter Pico | Intervalo | | Tipo de Vehículo | | | Total | Inter Pico |
|--|---|------------------|---|---|-------|---------------|-----------|---|------------------|---|---|-------|------------|
| | | A | B | C | | | | | A | B | C | | |
| 7:00 - 7:15 | 1 | | | 1 | | 13:00 - 13:15 | | 1 | | 1 | 2 | | |
| 7:15 - 7:30 | | | | | | 13:15 - 13:30 | 1 | 1 | | 2 | 3 | | |
| 7:30 - 7:45 | | | | | | 13:30 - 13:45 | | | | | 3 | | |
| 7:45 - 8:00 | | | | | | 13:45 - 14:00 | 1 | | | 1 | 4 | | |
| 8:00 - 8:15 | | | | | | 14:00 - 14:15 | | | | | 3 | | |
| 8:15 - 8:30 | | 1 | | 1 | 1 | 14:15 - 14:30 | | | | | 1 | | |
| 8:30 - 8:45 | | | 1 | 1 | 2 | 14:30 - 14:45 | | | | | 1 | | |
| 8:45 - 9:00 | | | | | 2 | 14:45 - 15:00 | 1 | | | 1 | 1 | | |
| 9:00 - 9:15 | | | | | 2 | 15:00 - 15:15 | 1 | | | 1 | 2 | | |
| 9:15 - 9:30 | | | | | 1 | 15:15 - 15:30 | 2 | | | 2 | 4 | | |
| 9:30 - 9:45 | 1 | | 1 | 2 | 2 | 15:30 - 15:45 | | | | | 4 | | |
| 9:45 - 10:00 | | | 1 | 1 | 3 | 15:45 - 16:00 | | | | | 3 | | |
| 10:00 - 10:15 | | | | | 3 | 16:00 - 16:15 | | | | | 2 | | |
| 10:15 - 10:30 | | | | | 3 | 16:15 - 16:30 | | | | | | | |
| 10:30 - 10:45 | | | | | 1 | 16:30 - 16:45 | | | | | | | |
| 10:45 - 11:00 | 1 | | | 1 | 1 | 16:45 - 17:00 | | | | | | | |
| 11:00 - 11:15 | | | | | 1 | 17:00 - 17:15 | | | | | | | |
| 11:15 - 11:30 | | | | | 1 | 17:15 - 17:30 | | | | | | | |
| 11:30 - 11:45 | 2 | | | 2 | 3 | 17:30 - 17:45 | | | | | | | |
| 11:45 - 12:00 | | | | | 2 | 17:45 - 18:00 | | | | | | | |
| 12:00 - 12:15 | | | | | 2 | 18:00 - 18:15 | | | | | | | |
| 12:15 - 12:30 | | 1 | | 1 | 3 | 18:15 - 18:30 | | | | | | | |
| 12:30 - 12:45 | | | | | 1 | 18:30 - 18:45 | | | | | | | |
| 12:45 - 13:00 | | | | | 1 | 18:45 - 19:00 | | | | | | | |
| Volumen de tráfico máximo (Hora Pico) | | | | | | | | | | | 4 | | |

Anexo C - 11. Censo vehicular, domingo 30 de junio del 2019

| Intervalo | | Tipo de Vehículo | | | Total | Inter Pico | Intervalo | | Tipo de Vehículo | | | Total | Inter Pico |
|--|--|------------------|---|---|-------|---|---------------|--|------------------|---|---|----------|------------|
| | | A | B | C | | | | | A | B | C | | |
| <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL DISTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS DE ARRIBOS</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Proyecto: "Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyo - Pinlopata en el tramo Km 8+000 12+000 pertenecientes a los cantones de Pujilí y Pangua de la provincia de Cotopaxi"</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Lugar: Parroquia rural de Angamarca del cantón Pujilí provincia de Cotopaxi</p> | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación: Vía actual Km 9+130 | | | | | | Fecha: Domingo 30 de junio del 2019 | | | | | | | |
| Sentido: Ambos | | | | | | Día: 7 | | | | | | | |
| Clima: Ventoso - Soleado | | | | | | Responsable: Diego Fernando Sani Allauca | | | | | | | |
| 7:00 - 7:15 | | | | | | | 13:00 - 13:15 | | | | | | 6 |
| 7:15 - 7:30 | | | | | | | 13:15 - 13:30 | | | 2 | | 2 | 7 |
| 7:30 - 7:45 | | | | | | | 13:30 - 13:45 | | | | | | 3 |
| 7:45 - 8:00 | | | | | | | 13:45 - 14:00 | | | | 1 | 1 | 3 |
| 8:00 - 8:15 | | 2 | | | 2 | 2 | 14:00 - 14:15 | | 1 | | | 1 | 4 |
| 8:15 - 8:30 | | | | | | 2 | 14:15 - 14:30 | | | | | | 2 |
| 8:30 - 8:45 | | | | | | 2 | 14:30 - 14:45 | | | | | | 2 |
| 8:45 - 9:00 | | | | | | 2 | 14:45 - 15:00 | | | | | | 1 |
| 9:00 - 9:15 | | | | | | | 15:00 - 15:15 | | | | | | |
| 9:15 - 9:30 | | 1 | | | 1 | 1 | 15:15 - 15:30 | | | | | | |
| 9:30 - 9:45 | | | | 1 | 1 | 2 | 15:30 - 15:45 | | | | | | |
| 9:45 - 10:00 | | | | | | 2 | 15:45 - 16:00 | | | | | | |
| 10:00 - 10:15 | | | | 1 | 1 | 3 | 16:00 - 16:15 | | 1 | | | 1 | 1 |
| 10:15 - 10:30 | | | 1 | | 1 | 3 | 16:15 - 16:30 | | 1 | | | 1 | 2 |
| 10:30 - 10:45 | | | | | | 2 | 16:30 - 16:45 | | | | | | 2 |
| 10:45 - 11:00 | | | | | | 2 | 16:45 - 17:00 | | | | | | 2 |
| 11:00 - 11:15 | | 1 | | | 1 | 2 | 17:00 - 17:15 | | 1 | | | 1 | 2 |
| 11:15 - 11:30 | | | 1 | | 1 | 2 | 17:15 - 17:30 | | | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 11:30 - 11:45 | | 1 | | | 1 | 3 | 17:30 - 17:45 | | | | | | 3 |
| 11:45 - 12:00 | | | | | | 3 | 17:45 - 18:00 | | | | | | 3 |
| 12:00 - 12:15 | | 2 | | | 2 | 4 | 18:00 - 18:15 | | | | | | 2 |
| 12:15 - 12:30 | | | 1 | | 1 | 4 | 18:15 - 18:30 | | | | | | |
| 12:30 - 12:45 | | 4 | | | 4 | 7 | 18:30 - 18:45 | | | | | | |
| 12:45 - 13:00 | | 1 | | | 1 | 8 | 18:45 - 19:00 | | | | | | |
| Volumen de tráfico máximo (Hora Pico) | | | | | | | | | | | | 8 | |

ANEXOS D

VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO

Anexo D - 1. Volúmenes de corte y relleno del Km 8+000 – 8+880

| TABLA DE VOLUMENES PARA CORTE Y RELLENO | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Abcisa | Área de desmonte | Volumen de desmonte | Área de terraplén | Volumen de terraplén | Vol. desmonte acumul. | Vol. terraplén acumul. | Vol. neto acumul. |
| Km | m ² | m ³ | m ² | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ |
| 8+000.000 | 168.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8+020.000 | 158.18 | 3269.8 | 0 | 0 | 3269.8 | 0 | 3269.8 |
| 8+040.000 | 197.31 | 3550.76 | 0 | 0 | 6820.55 | 0 | 6820.55 |
| 8+060.000 | 189.63 | 3865.01 | 0 | 0 | 10685.57 | 0 | 10685.57 |
| 8+080.000 | 216.32 | 4077.99 | 0 | 0 | 14763.56 | 0 | 14763.56 |
| 8+100.000 | 256.37 | 4779.15 | 0 | 0 | 19542.71 | 0 | 19542.71 |
| 8+120.000 | 273.84 | 5347.45 | 0 | 0 | 24890.16 | 0 | 24890.16 |
| 8+140.000 | 308.4 | 5822.37 | 0 | 0 | 30712.53 | 0 | 30712.53 |
| 8+160.000 | 363.93 | 6700.68 | 0 | 0 | 37413.21 | 0 | 37413.21 |
| 8+180.000 | 240.19 | 6000.66 | 0 | 0 | 43413.87 | 0 | 43413.87 |
| 8+200.000 | 110.06 | 3474.67 | 0 | 0 | 46888.54 | 0 | 46888.54 |
| 8+220.000 | 56.64 | 1663.22 | 0 | 0 | 48551.76 | 0 | 48551.76 |
| 8+240.000 | 47.95 | 1045.81 | 0 | 0 | 49597.57 | 0 | 49597.57 |
| 8+260.000 | 42.79 | 907.34 | 0 | 0 | 50504.91 | 0 | 50504.91 |
| 8+280.000 | 40.34 | 831.32 | 0 | 0 | 51336.23 | 0 | 51336.23 |
| 8+300.000 | 38.1 | 784.39 | 0 | 0 | 52120.62 | 0 | 52120.62 |
| 8+320.000 | 41.72 | 798.13 | 0.03 | 0.28 | 52918.75 | 0.28 | 52918.47 |
| 8+340.000 | 56.56 | 982.74 | 0.32 | 3.52 | 53901.49 | 3.8 | 53897.69 |
| 8+360.000 | 97.4 | 1539.55 | 0 | 3.24 | 55441.05 | 7.04 | 55434 |
| 8+380.000 | 91.2 | 1886.02 | 0.74 | 7.4 | 57327.06 | 14.44 | 57312.62 |
| 8+400.000 | 33.44 | 1246.4 | 1.99 | 27.3 | 58573.46 | 41.74 | 58531.72 |
| 8+420.000 | 27.37 | 608.08 | 2.38 | 43.65 | 59181.54 | 85.39 | 59096.15 |
| 8+440.000 | 40.52 | 678.91 | 1.02 | 33.95 | 59860.45 | 119.34 | 59741.11 |
| 8+460.000 | 92.75 | 1332.72 | 0 | 10.19 | 61193.17 | 129.53 | 61063.64 |
| 8+480.000 | 107.44 | 2001.94 | 0 | 0 | 63195.11 | 129.53 | 63065.57 |
| 8+500.000 | 122.93 | 2303.67 | 0 | 0 | 65498.78 | 129.53 | 65369.24 |
| 8+520.000 | 124.88 | 2481.99 | 0 | 0 | 67980.77 | 129.53 | 67851.23 |
| 8+540.000 | 125.33 | 2528.35 | 0 | 0 | 70509.12 | 129.53 | 70379.59 |
| 8+560.000 | 112.92 | 2418.58 | 0 | 0 | 72927.7 | 129.53 | 72798.17 |
| 8+580.000 | 79.09 | 1935.33 | 0 | 0 | 74863.03 | 129.53 | 74733.5 |
| 8+600.000 | 67.11 | 1462.08 | 0 | 0 | 76325.11 | 129.53 | 76195.58 |
| 8+620.000 | 58.77 | 1258.81 | 0 | 0 | 77583.92 | 129.53 | 77454.39 |
| 8+640.000 | 72.04 | 1308.06 | 0 | 0 | 78891.98 | 129.53 | 78762.45 |
| 8+660.000 | 115.64 | 1876.83 | 0 | 0 | 80768.81 | 129.53 | 80639.28 |
| 8+680.000 | 112.48 | 2281.23 | 0 | 0 | 83050.05 | 129.53 | 82920.51 |
| 8+700.000 | 117.29 | 2293.65 | 0 | 0 | 85343.7 | 129.53 | 85214.16 |
| 8+720.000 | 90.72 | 2041.62 | 0 | 0 | 87385.32 | 129.53 | 87255.78 |
| 8+740.000 | 77.82 | 1658.14 | 0 | 0 | 89043.46 | 129.53 | 88913.92 |
| 8+760.000 | 100.24 | 1748.89 | 0 | 0 | 90792.35 | 129.53 | 90662.81 |
| 8+780.000 | 86.95 | 1841.01 | 0 | 0 | 92633.36 | 129.53 | 92503.82 |
| 8+800.000 | 61.84 | 1487.87 | 0 | 0 | 94121.23 | 129.53 | 93991.7 |
| 8+820.000 | 47.19 | 1090.35 | 0 | 0 | 95211.58 | 129.53 | 95082.05 |
| 8+840.000 | 83.16 | 1303.54 | 0 | 0 | 96515.12 | 129.53 | 96385.59 |
| 8+860.000 | 123.84 | 2069.97 | 0 | 0 | 98585.09 | 129.53 | 98455.56 |
| 8+880.000 | 76.71 | 1972.33 | 0 | 0 | 100557.42 | 129.53 | 100427.89 |

Anexo D - 2. Volúmenes de corte y relleno del Km 8+900 – 9+820

| TABLA DE VOLUMENES PARA CORTE Y RELLENO | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Abscisa | Área de desmonte | Volumen de desmonte | Área de terraplén | Volumen de terraplén | Vol. desmonte acumul. | Vol. terraplén acumul. | Vol. neto acumul. |
| Km | m ² | m ³ | m ² | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ |
| 8+900.000 | 61.16 | 1308.8 | 0 | 0 | 101866.22 | 129.53 | 101736.68 |
| 8+920.000 | 57.79 | 1123.8 | 0 | 0 | 102990.02 | 129.53 | 102860.49 |
| 8+940.000 | 43.07 | 954.66 | 0 | 0 | 103944.68 | 129.53 | 103815.14 |
| 8+960.000 | 36.2 | 750.77 | 0 | 0 | 104695.45 | 129.53 | 104565.91 |
| 8+980.000 | 53.57 | 877.7 | 0 | 0 | 105573.15 | 129.53 | 105443.61 |
| 9+000.000 | 51.32 | 1048.94 | 0 | 0 | 106622.08 | 129.53 | 106492.55 |
| 9+020.000 | 64.39 | 1157.16 | 0 | 0 | 107779.24 | 129.53 | 107649.71 |
| 9+040.000 | 99.21 | 1561.37 | 0 | 0 | 109340.61 | 129.53 | 109211.08 |
| 9+060.000 | 173.57 | 2590.62 | 0 | 0 | 111931.23 | 129.53 | 111801.7 |
| 9+080.000 | 90.8 | 2532.18 | 0 | 0 | 114463.41 | 129.53 | 114333.87 |
| 9+100.000 | 74.79 | 1646.13 | 0 | 0 | 116109.54 | 129.53 | 115980.01 |
| 9+120.000 | 69.39 | 1441.81 | 0 | 0 | 117551.35 | 129.53 | 117421.82 |
| 9+140.000 | 73.73 | 1432.75 | 0 | 0 | 118984.1 | 129.53 | 118854.57 |
| 9+160.000 | 83 | 1573.4 | 0 | 0 | 120557.5 | 129.53 | 120427.97 |
| 9+180.000 | 112.86 | 1968.22 | 0 | 0 | 122525.72 | 129.53 | 122396.19 |
| 9+200.000 | 179.45 | 2936.53 | 0 | 0 | 125462.26 | 129.53 | 125332.72 |
| 9+220.000 | 251.56 | 4318.99 | 0 | 0 | 129781.25 | 129.53 | 129651.71 |
| 9+240.000 | 335.62 | 5871.86 | 0 | 0 | 135653.11 | 129.53 | 135523.58 |
| 9+260.000 | 432.06 | 7676.8 | 0 | 0 | 143329.91 | 129.53 | 143200.37 |
| 9+280.000 | 438.31 | 8703.65 | 0 | 0 | 152033.56 | 129.53 | 151904.03 |
| 9+300.000 | 241.56 | 6798.67 | 0 | 0 | 158832.23 | 129.53 | 158702.7 |
| 9+320.000 | 150.52 | 3924.4 | 0 | 0 | 162756.64 | 129.53 | 162627.1 |
| 9+340.000 | 86.87 | 2394.88 | 0 | 0 | 165151.51 | 129.53 | 165021.98 |
| 9+360.000 | 53.86 | 1422.05 | 0 | 0 | 166573.56 | 129.53 | 166444.03 |
| 9+380.000 | 49.97 | 1047.53 | 0 | 0 | 167621.09 | 129.53 | 167491.56 |
| 9+400.000 | 37.95 | 879.21 | 0 | 0 | 168500.31 | 129.53 | 168370.77 |
| 9+420.000 | 55.05 | 930.03 | 0 | 0 | 169430.34 | 129.53 | 169300.8 |
| 9+440.000 | 47.86 | 1029.1 | 0 | 0 | 170459.44 | 129.53 | 170329.9 |
| 9+460.000 | 62.72 | 1105.79 | 0 | 0 | 171565.23 | 129.53 | 171435.69 |
| 9+480.000 | 88.75 | 1508 | 0 | 0 | 173073.23 | 129.53 | 172943.69 |
| 9+500.000 | 105.51 | 1934.23 | 0 | 0 | 175007.46 | 129.53 | 174877.93 |
| 9+520.000 | 82.64 | 1873.57 | 0 | 0 | 176881.03 | 129.53 | 176751.5 |
| 9+540.000 | 130.38 | 2130.22 | 0 | 0 | 179011.25 | 129.53 | 178881.72 |
| 9+560.000 | 217.96 | 3483.41 | 0 | 0 | 182494.66 | 129.53 | 182365.12 |
| 9+580.000 | 347.06 | 5650.18 | 0 | 0 | 188144.83 | 129.53 | 188015.3 |
| 9+600.000 | 450.16 | 7972.17 | 0 | 0 | 196117 | 129.53 | 195987.47 |
| 9+620.000 | 296.2 | 7463.57 | 0 | 0 | 203580.57 | 129.53 | 203451.04 |
| 9+640.000 | 132.31 | 4285.03 | 0 | 0 | 207865.6 | 129.53 | 207736.07 |
| 9+660.000 | 44.33 | 1766.39 | 0 | 0 | 209631.99 | 129.53 | 209502.45 |
| 9+680.000 | 49.17 | 935.02 | 0 | 0 | 210567.01 | 129.53 | 210437.47 |
| 9+700.000 | 78.08 | 1272.44 | 0 | 0 | 211839.45 | 129.53 | 211709.91 |
| 9+720.000 | 70.93 | 1490.1 | 0 | 0 | 213329.54 | 129.53 | 213200.01 |
| 9+740.000 | 49.44 | 1216.72 | 0 | 0 | 214546.26 | 129.53 | 214416.73 |
| 9+760.000 | 65.91 | 1163.45 | 0 | 0 | 215709.71 | 129.53 | 215580.18 |
| 9+780.000 | 73.4 | 1409.25 | 0 | 0 | 217118.96 | 129.53 | 216989.43 |
| 9+800.000 | 85.3 | 1590.11 | 0 | 0 | 218709.07 | 129.53 | 218579.54 |
| 9+820.000 | 108.11 | 1934.13 | 0 | 0 | 220643.21 | 129.53 | 220513.68 |

Anexo D - 3. Volúmenes de corte y relleno del Km 9+840 – 10+740

| TABLA DE VOLUMENES PARA CORTE Y RELLENO | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Abscisa | Área de desmonte | Volumen de desmonte | Área de terraplén | Volumen de terraplén | Vol. desmonte acumul. | Vol. terraplén acumul. | Vol. neto acumul. |
| Km | m ² | m ³ | m ² | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ |
| 9+840.000 | 69.07 | 1771.84 | 0 | 0 | 222415.05 | 129.53 | 222285.51 |
| 9+860.000 | 53.71 | 1227.87 | 0 | 0 | 223642.92 | 129.53 | 223513.39 |
| 9+880.000 | 76.17 | 1276.74 | 0 | 0 | 224919.66 | 129.53 | 224790.13 |
| 9+900.000 | 138.68 | 2092.56 | 0 | 0 | 227012.22 | 129.53 | 226882.69 |
| 9+920.000 | 72.24 | 2054.64 | 0 | 0 | 229066.86 | 129.53 | 228937.32 |
| 9+940.000 | 52.45 | 1210.15 | 0 | 0 | 230277.01 | 129.53 | 230147.48 |
| 9+960.000 | 47.76 | 995.71 | 0 | 0 | 231272.72 | 129.53 | 231143.18 |
| 9+980.000 | 33.16 | 809.24 | 0 | 0 | 232081.95 | 129.53 | 231952.42 |
| 10+000.000 | 28.67 | 618.37 | 0 | 0 | 232700.33 | 129.53 | 232570.79 |
| 10+020.000 | 17.52 | 483.8 | 0 | 0 | 233184.13 | 129.53 | 233054.6 |
| 10+040.000 | 12.2 | 298.26 | 0 | 0.01 | 233482.39 | 129.55 | 233352.84 |
| 10+060.000 | 18.28 | 300.97 | 0 | 0.01 | 233783.35 | 129.56 | 233653.79 |
| 10+080.000 | 62.72 | 812.09 | 0 | 0 | 234595.45 | 129.56 | 234465.89 |
| 10+100.000 | 65.55 | 1282.66 | 0 | 0 | 235878.1 | 129.56 | 235748.54 |
| 10+120.000 | 51.24 | 1167.86 | 0 | 0 | 237045.96 | 129.56 | 236916.4 |
| 10+140.000 | 50.69 | 1019.28 | 0 | 0 | 238065.25 | 129.56 | 237935.69 |
| 10+160.000 | 47.95 | 986.38 | 0 | 0 | 239051.62 | 129.56 | 238922.06 |
| 10+180.000 | 58.94 | 1076.37 | 0 | 0 | 240128 | 129.56 | 239998.44 |
| 10+200.000 | 57.06 | 1188.71 | 0 | 0 | 241316.71 | 129.56 | 241187.15 |
| 10+220.000 | 33.69 | 931.25 | 0 | 0 | 242247.95 | 129.56 | 242118.39 |
| 10+240.000 | 22.74 | 572.32 | 0 | 0 | 242820.27 | 129.56 | 242690.71 |
| 10+260.000 | 26.57 | 492.33 | 0 | 0 | 243312.6 | 129.56 | 243183.04 |
| 10+280.000 | 37.45 | 640.29 | 0 | 0 | 243952.89 | 129.56 | 243823.33 |
| 10+300.000 | 59.77 | 972.25 | 0 | 0 | 244925.15 | 129.56 | 244795.59 |
| 10+320.000 | 71.04 | 1304.38 | 0 | 0 | 246229.53 | 129.56 | 246099.97 |
| 10+340.000 | 74.23 | 1435.31 | 0 | 0 | 247664.84 | 129.56 | 247535.28 |
| 10+360.000 | 74.13 | 1470.34 | 0 | 0 | 249135.18 | 129.56 | 249005.62 |
| 10+380.000 | 73.51 | 1463.91 | 0 | 0 | 250599.09 | 129.56 | 250469.53 |
| 10+400.000 | 77.25 | 1489.25 | 0 | 0 | 252088.34 | 129.56 | 251958.78 |
| 10+420.000 | 84.33 | 1609.62 | 0 | 0 | 253697.96 | 129.56 | 253568.4 |
| 10+440.000 | 76.02 | 1603.46 | 0 | 0 | 255301.42 | 129.56 | 255171.86 |
| 10+460.000 | 73.2 | 1492.14 | 0 | 0 | 256793.56 | 129.56 | 256664.01 |
| 10+480.000 | 66.98 | 1409.4 | 0 | 0 | 258202.96 | 129.56 | 258073.41 |
| 10+500.000 | 38.66 | 1073.51 | 0 | 0 | 259276.48 | 129.56 | 259146.92 |
| 10+520.000 | 30.5 | 688.14 | 0 | 0 | 259964.61 | 129.56 | 259835.05 |
| 10+540.000 | 65.57 | 978.54 | 0 | 0 | 260943.15 | 129.56 | 260813.59 |
| 10+560.000 | 91.77 | 1632.93 | 0 | 0 | 262576.08 | 129.56 | 262446.52 |
| 10+580.000 | 77.26 | 1720.79 | 0 | 0 | 264296.87 | 129.56 | 264167.31 |
| 10+600.000 | 87.01 | 1616.95 | 0 | 0 | 265913.82 | 129.56 | 265784.26 |
| 10+620.000 | 92.23 | 1768.26 | 0 | 0 | 267682.08 | 129.56 | 267552.52 |
| 10+640.000 | 95.98 | 1891.91 | 0 | 0 | 269573.99 | 129.56 | 269444.43 |
| 10+660.000 | 90.25 | 1884.27 | 0 | 0 | 271458.26 | 129.56 | 271328.7 |
| 10+680.000 | 84.75 | 1750 | 0 | 0 | 273208.26 | 129.56 | 273078.7 |
| 10+700.000 | 82.4 | 1671.5 | 0 | 0 | 274879.76 | 129.56 | 274750.2 |
| 10+720.000 | 88.27 | 1706.71 | 0 | 0 | 276586.47 | 129.56 | 276456.91 |
| 10+740.000 | 130.62 | 2188.93 | 0 | 0 | 278775.4 | 129.56 | 278645.84 |

Anexo D - 4. Volúmenes de corte y relleno del Km 10+760 – 11+660

| TABLA DE VOLUMENES PARA CORTE Y RELLENO | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Abscisa | Área de desmonte | Volumen de desmonte | Área de terraplén | Volumen de terraplén | Vol. desmonte acumul. | Vol. terraplén acumul. | Vol. neto acumul. |
| Km | m2 | m3 | m2 | m3 | m3 | m3 | m3 |
| 10+760.000 | 208.67 | 3392.85 | 0 | 0 | 282168.24 | 129.56 | 282038.69 |
| 10+780.000 | 272.77 | 4814.36 | 0 | 0 | 286982.6 | 129.56 | 286853.05 |
| 10+800.000 | 316.82 | 5895.9 | 0 | 0 | 292878.51 | 129.56 | 292748.95 |
| 10+820.000 | 275.81 | 5926.29 | 0 | 0 | 298804.8 | 129.56 | 298675.24 |
| 10+840.000 | 248.06 | 5189.99 | 0 | 0 | 303994.79 | 129.56 | 303865.23 |
| 10+860.000 | 85.73 | 3305.13 | 0 | 0 | 307299.91 | 129.56 | 307170.35 |
| 10+880.000 | 40.45 | 1252.15 | 0 | 0 | 308552.06 | 129.56 | 308422.5 |
| 10+900.000 | 36.36 | 767.21 | 0 | 0 | 309319.26 | 129.56 | 309189.71 |
| 10+920.000 | 35.32 | 716.81 | 0 | 0 | 310036.07 | 129.56 | 309906.52 |
| 10+940.000 | 52.2 | 875.21 | 0 | 0 | 310911.28 | 129.56 | 310781.73 |
| 10+960.000 | 77.16 | 1293.56 | 0 | 0 | 312204.84 | 129.56 | 312075.29 |
| 10+980.000 | 76.87 | 1540.29 | 0 | 0 | 313745.14 | 129.56 | 313615.58 |
| 11+000.000 | 66.34 | 1432.08 | 0 | 0 | 315177.21 | 129.56 | 315047.66 |
| 11+020.000 | 56.93 | 1232.65 | 0 | 0 | 316409.87 | 129.56 | 316280.31 |
| 11+040.000 | 46.09 | 1008.13 | 0 | 0 | 317417.99 | 129.56 | 317288.44 |
| 11+060.000 | 31.93 | 763.39 | 0 | 0 | 318181.39 | 129.56 | 318051.83 |
| 11+080.000 | 26.12 | 571.34 | 0 | 0 | 318752.73 | 129.56 | 318623.17 |
| 11+100.000 | 47.14 | 726.28 | 0 | 0 | 319479.02 | 129.56 | 319349.46 |
| 11+120.000 | 91.53 | 1373.86 | 0 | 0 | 320852.88 | 129.56 | 320723.32 |
| 11+140.000 | 77.9 | 1679.1 | 0 | 0 | 322531.98 | 129.56 | 322402.42 |
| 11+160.000 | 71.97 | 1491.54 | 0 | 0 | 324023.52 | 129.56 | 323893.96 |
| 11+180.000 | 77.4 | 1491.34 | 0 | 0 | 325514.86 | 129.56 | 325385.3 |
| 11+200.000 | 96.27 | 1731.79 | 0 | 0 | 327246.65 | 129.56 | 327117.09 |
| 11+220.000 | 109.07 | 2053.4 | 0 | 0 | 329300.05 | 129.56 | 329170.49 |
| 11+240.000 | 142.17 | 2512.48 | 0 | 0 | 331812.53 | 129.56 | 331682.97 |
| 11+260.000 | 143.7 | 2858.7 | 0 | 0 | 334671.23 | 129.56 | 334541.67 |
| 11+280.000 | 173.93 | 3176.24 | 0 | 0 | 337847.47 | 129.56 | 337717.91 |
| 11+300.000 | 351.28 | 5252.07 | 0 | 0 | 343099.54 | 129.56 | 342969.98 |
| 11+320.000 | 763.61 | 11148.92 | 0 | 0 | 354248.46 | 129.56 | 354118.91 |
| 11+340.000 | 1065.43 | 18290.4 | 0 | 0 | 372538.86 | 129.56 | 372409.31 |
| 11+360.000 | 886.9 | 19523.31 | 0 | 0 | 392062.18 | 129.56 | 391932.62 |
| 11+380.000 | 1166.31 | 20532.18 | 0 | 0 | 412594.36 | 129.56 | 412464.8 |
| 11+400.000 | 819.33 | 19368.94 | 0 | 0 | 431963.3 | 129.56 | 431833.74 |
| 11+420.000 | 615.09 | 13927.6 | 0 | 0 | 445890.9 | 129.56 | 445761.35 |
| 11+440.000 | 470.51 | 10667.94 | 0 | 0 | 456558.84 | 129.56 | 456429.29 |
| 11+460.000 | 344.5 | 8037.75 | 0 | 0 | 464596.6 | 129.56 | 464467.04 |
| 11+480.000 | 212.9 | 5498.82 | 0 | 0 | 470095.42 | 129.56 | 469965.86 |
| 11+500.000 | 146.5 | 3540.14 | 0 | 0 | 473635.55 | 129.56 | 473506 |
| 11+520.000 | 147.04 | 2910.58 | 0 | 0 | 476546.13 | 129.56 | 476416.57 |
| 11+540.000 | 148.01 | 2950.5 | 0 | 0 | 479496.64 | 129.56 | 479367.08 |
| 11+560.000 | 139.15 | 2871.55 | 0 | 0 | 482368.19 | 129.56 | 482238.63 |
| 11+580.000 | 203.19 | 3423.4 | 0 | 0 | 485791.6 | 129.56 | 485662.04 |
| 11+600.000 | 389.13 | 5923.21 | 0 | 0 | 491714.81 | 129.56 | 491585.25 |
| 11+620.000 | 480.05 | 8691.79 | 0 | 0 | 500406.6 | 129.56 | 500277.04 |
| 11+640.000 | 424.52 | 9045.75 | 0 | 0 | 509452.35 | 129.56 | 509322.79 |
| 11+660.000 | 333.33 | 7578.51 | 0 | 0 | 517030.86 | 129.56 | 516901.3 |

Anexo D - 5. Volúmenes de corte y relleno del Km 11+680 – 11+960

| TABLA DE VOLUMENES PARA CORTE Y RELLENO | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Abscisa | Área de desmonte | Volumen de desmonte | Área de terraplén | Volumen de terraplén | Vol. desmonte acumul. | Vol. terraplén acumul. | Vol. neto acumul. |
| Km | m ² | m ³ | m ² | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ |
| 11+680.000 | 210.03 | 5433.59 | 0 | 0 | 522464.45 | 129.56 | 522334.89 |
| 11+700.000 | 147.65 | 3576.81 | 0 | 0 | 526041.26 | 129.56 | 525911.7 |
| 11+720.000 | 62.35 | 2099.97 | 0 | 0 | 528141.24 | 129.56 | 528011.68 |
| 11+740.000 | 27.42 | 919.23 | 0 | 0 | 529060.46 | 129.56 | 528930.91 |
| 11+760.000 | 9.58 | 372.14 | 0 | 0 | 529432.61 | 129.56 | 529303.05 |
| 11+780.000 | 8.31 | 176.69 | 0.01 | 0.1 | 529609.3 | 129.65 | 529479.65 |
| 11+800.000 | 23.85 | 325.62 | 0 | 0.1 | 529934.92 | 129.75 | 529805.17 |
| 11+820.000 | 38.44 | 626.52 | 0 | 0 | 530561.44 | 129.75 | 530431.69 |
| 11+840.000 | 40.38 | 788.2 | 0 | 0 | 531349.63 | 129.75 | 531219.89 |
| 11+860.000 | 19.58 | 599.61 | 0 | 0 | 531949.24 | 129.75 | 531819.49 |
| 11+880.000 | 14.94 | 331.15 | 0.02 | 0.25 | 532280.39 | 130 | 532150.39 |
| 11+900.000 | 21.8 | 352.71 | 0 | 0.25 | 532633.1 | 130.24 | 532502.85 |
| 11+920.000 | 22.01 | 433.82 | 0 | 0 | 533066.92 | 130.24 | 532936.68 |
| 11+940.000 | 21.53 | 435.38 | 0 | 0 | 533502.3 | 130.24 | 533372.06 |
| 11+960.000 | 23 | 445.23 | 0 | 0 | 533947.53 | 130.24 | 533817.29 |

ANEXOS E

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Anexo E - 1. Análisis de precios unitarios: Rubro 1

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA CIVIL | | |  | |
|---|----------|--|--------------|---|---|--|
| TEMA : "DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 – 12+000 UBICACION: CANTÓN PUJILÍ, PARROQUIA RURAL DE ANGAMARCA ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | | |
| RUBRO: 1 | | UNIDAD: Km | | | | |
| DETALLE: Desbroce y limpieza del terreno | | | | | | |
| EQUIPO | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO | |
| | A | B | C=AxB | R | D=C*R | |
| Herramienta Menor 5% de M.O. | | | | | 2.32 | |
| Motosierra | 2.00 | 2.40 | 4.80 | 3.250 | 15.60 | |
| SUBTOTAL M | | | | | 17.92 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO | |
| | A | B | C=AxB | R | D=C*R | |
| Peón (EO E2) | 2.00 | 3.58 | 7.16 | 3.228 | 23.11 | |
| Operador de Equipo Liviano (EO D2) | 2.00 | 3.62 | 7.24 | 3.228 | 23.37 | |
| SUBTOTAL N | | | | | 46.48 | |
| MATERIALES | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | COSTO | | |
| | | A | B | C=AxB | | |
| SUBTOTAL O | | | | | 0.00 | |
| TRANSPORTE | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO | | |
| | | A | B | C=AxB | | |
| SUBTOTAL P | | | | | 0.00 | |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | | | 64.41 | |
| INDIRECTOS (20%) | | | | | 12.88 | |
| UTILIDAD (0%) | | | | | 0.00 | |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | | 77.29 | |
| VALOR UNITARIO | | | | | 77.29 | |
| VALOR OFERTADO: SETENTA Y SIETE DÓLARES CON VEINTINUEVE CENTAVOS | | | | | | |
| VALOR UNITARIO NO INCLUYEN IVA | | | | | | |
| AMBATO, NOVIEMBRE DEL 2019 | | | | EGDO. FERNANDO SANI ELABORADO | | |

Anexo E - 2. Análisis de precios unitarios: Rubro 2

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA CIVIL | | |  | |
|--|----------|--|--------------|-------------|---|--|
| TEMA : "DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 – 12+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI". UBICACION: CANTÓN PUJILÍ, PARROQUIA RURAL DE ANGAMARCA ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | | |
| RUBRO: 2 | | UNIDAD: Km | | | | |
| DETALLE: Replanteo y Nivelación | | | | | | |
| EQUIPO | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO | |
| | A | B | C=AxB | R | D=C*R | |
| Herramienta Menor 5% de M.O. | | | | | 13.35 | |
| Equipo de Topografía | 1.00 | 15.00 | 15.00 | 14.200 | 213.00 | |
| SUBTOTAL M | | | | | 226.35 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO | |
| | A | B | C=AxB | R | D=C*R | |
| Topógrafo 2 (EO C1) | 2.00 | 4.01 | 8.02 | 14.200 | 113.88 | |
| Cadenero (EO D2) | 1.00 | 3.62 | 3.62 | 14.200 | 51.40 | |
| Peón (EO E2) | 2.00 | 3.58 | 7.16 | 14.200 | 101.67 | |
| SUBTOTAL N | | | | | 266.96 | |
| MATERIALES | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | COSTO | | |
| | | A | B | C=AxB | | |
| Estacas de madera de 30 cm | u | 100.0 | 0.60 | 60.00 | | |
| Pintura Esmalte | galón | 0.250 | 16.80 | 4.20 | | |
| Mojón de hormigón | u | 4.000 | 5.00 | 20.00 | | |
| Clavos de 2 a 2 1/2" | kg | 2.000 | 1.34 | 2.68 | | |
| SUBTOTAL O | | | | | 86.88 | |
| TRANSPORTE | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO | | |
| | | A | B | C=AxB | | |
| SUBTOTAL P | | | | | 0.00 | |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | | | 580.19 | |
| INDIRECTOS (20%) | | | | | 116.04 | |
| UTILIDAD (0%) | | | | | 0.00 | |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | | 696.23 | |
| VALOR UNITARIO | | | | | 696.23 | |
| VALOR OFERTADO: SEISCIENTOS NOVELTA Y SEIS DÓLARES CON VEINTE Y TRES CENTA VOS | | | | | | |
| VALOR UNITARIO NO INCLUYEN IVA | | | | | | |
| AMBATO, NOVIEMBRE DEL 2019 EGDO. FERNANDO SANI ELABORADO | | | | | | |

Anexo E - 3. Análisis de precios unitarios: Rubro 3

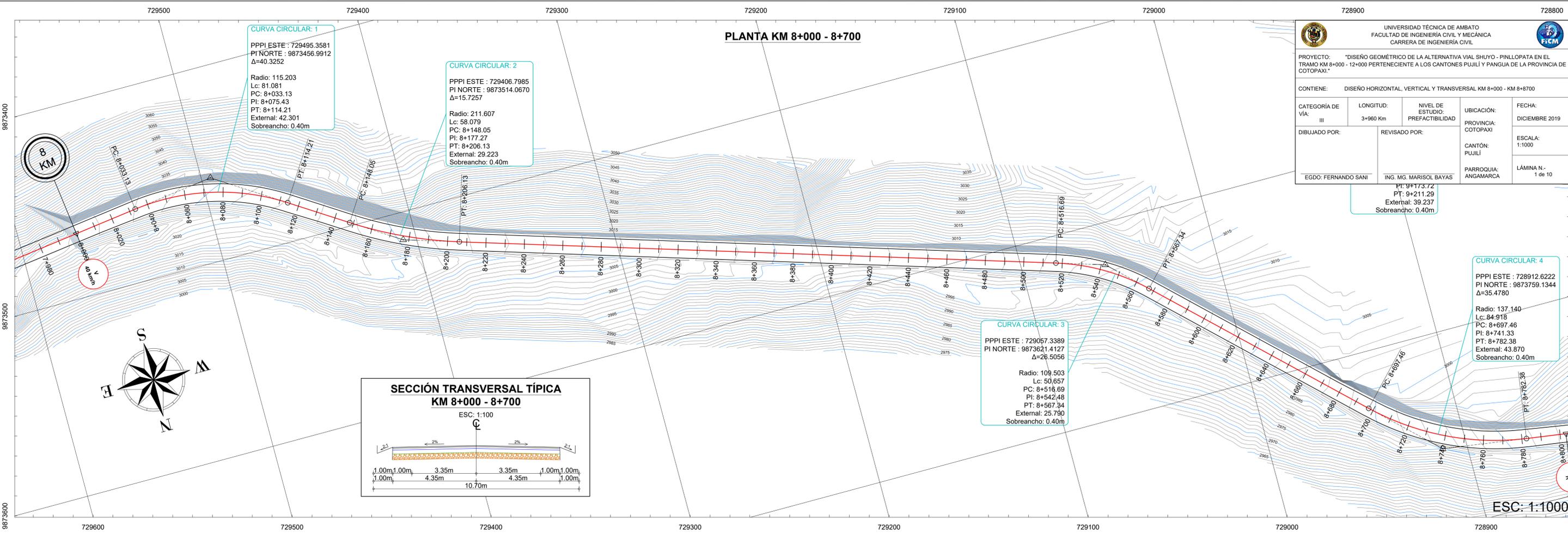
|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA CIVIL | | |  | |
|--|----------|--|--------------|---|---|-------------|
| TEMA : "DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 – 12+000 UBICACION: CANTÓN PUJILÍ, PARROQUIA RURAL DE ANGAMARCA ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | | |
| RUBRO: 3 | | | | | UNIDAD: m ³ | |
| DETALLE: Excavación sin clasificar, incluye desalojo de material | | | | | | |
| EQUIPO | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO | |
| | A | B | C=AxB | R | D=C*R | |
| Herramienta Menor 5% de M.O. | | | | | 0.01 | |
| Volqueta 12 m ³ | 1.00 | 15.00 | 15.00 | 0.008 | 0.12 | |
| Excavadora | 1.00 | 20.00 | 20.00 | 0.045 | 0.90 | |
| SUBTOTAL M | | | | | 1.03 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO | |
| | A | B | C=AxB | R | D=C*R | |
| Operador de Excavadora (OP C1) | 1.00 | 4.01 | 4.01 | 0.045 | 0.18 | |
| Chofer Volquetas (CH C1) | 1.00 | 5.26 | 5.26 | 0.008 | 0.04 | |
| SUBTOTAL N | | | | | 0.22 | |
| MATERIALES | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | COSTO | | |
| | | A | B | C=AxB | | |
| SUBTOTAL O | | | | | 0.00 | |
| TRANSPORTE | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO | | |
| | | A | B | C=AxB | | |
| SUBTOTAL P | | | | | 0.00 | |
| | | | | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | 1.25 |
| | | | | INDIRECTOS (20%) | | 0.28 |
| | | | | UTILIDAD (0%) | | 0.00 |
| | | | | COSTO TOTAL DEL RUBRO | | 1.53 |
| | | | | VALOR UNITARIO | | 1.53 |
| VALOR OFERTADO: UN DÓLAR CON CINCUENTA Y TRES CENTA VOS | | | | | | |
| VALOR UNITARIO NO INCLUYEN IVA | | | | | | |
| AMBATO, NOVIEMBRE DEL 2019 | | | | EGDO. FERNANDO SANI ELABORADO | | |

Anexo E - 4. Análisis de precios unitarios: Rubro 4

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA CIVIL | | |  | |
|---|----------|--|--------------|---|---|--|
| TEMA : "DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO – PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 – 12+000 UBICACION: CANTÓN PUJILÍ, PARROQUIA RURAL DE ANGAMARCA ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | | |
| RUBRO: 4 | | UNIDAD: m ³ | | | | |
| DETALLE: Excavación de zanjas | | | | | | |
| EQUIPO | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO | |
| | A | B | C=AxB | R | D=C*R | |
| Herramienta Menor 5% de M.O. | | | | | 0.30 | |
| Retroexcavadora | 1.00 | 20.00 | 20.00 | 0.08 | 1.58 | |
| SUBTOTAL M | | | | | 1.88 | |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO | |
| | A | B | C=AxB | R | D=C*R | |
| Operador de Retroexcavadora (OP C1) | 1.00 | 4.01 | 4.01 | 0.044 | 0.18 | |
| Peón (EO E2) | 1.00 | 3.58 | 3.58 | 1.066 | 3.82 | |
| Cadenero (EO D2) | 1.00 | 3.62 | 3.62 | 0.533 | 1.93 | |
| SUBTOTAL N | | | | | 5.92 | |
| MATERIALES | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | COSTO | | |
| | | A | B | C=AxB | | |
| SUBTOTAL O | | | | | 0.00 | |
| TRANSPORTE | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO | | |
| | | A | B | C=AxB | | |
| SUBTOTAL P | | | | | 0.00 | |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | | | 7.80 | |
| INDIRECTOS (20%) | | | | | 1.56 | |
| UTILIDAD (0%) | | | | | 0.00 | |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | | 9.36 | |
| VALOR UNITARIO | | | | | 9.36 | |
| VALOR OFERTADO: NUEVE DÓLARES CON TREINTA Y SEIS CENTAVOS | | | | | | |
| VALOR UNITARIO NO INCLUYEN IVA | | | | | | |
| AMBATO, NOVIEMBRE DEL 2019 | | | | EGDO. FERNANDO SANI ELABORADO | | |

ANEXOS F

PLANOS DE DISEÑO

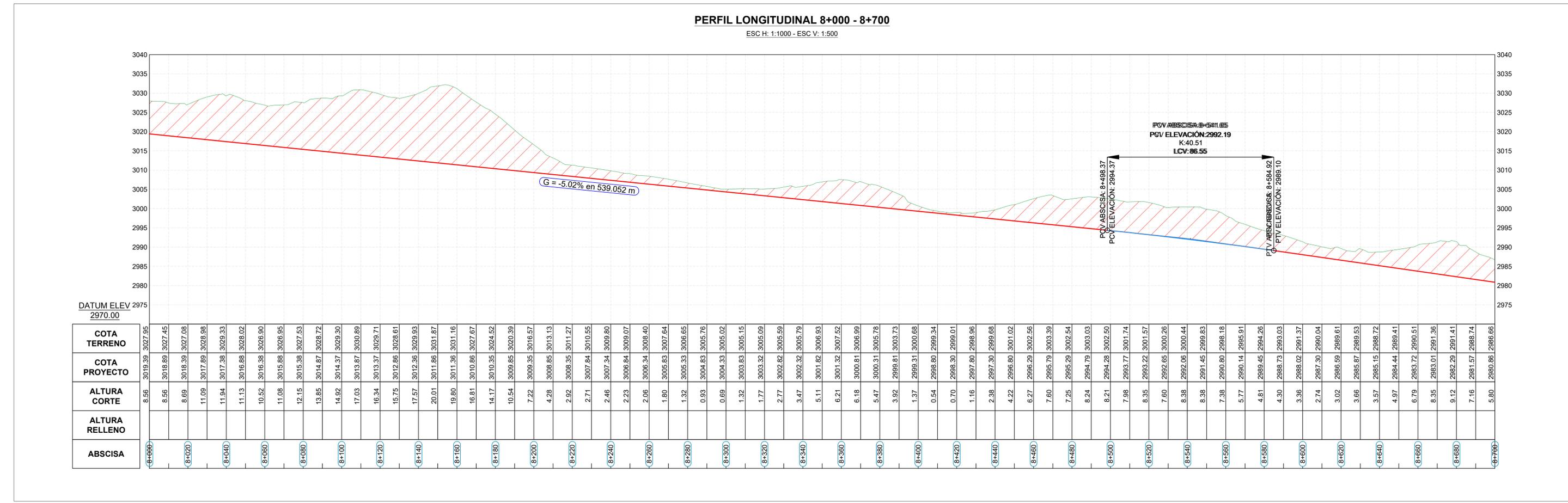


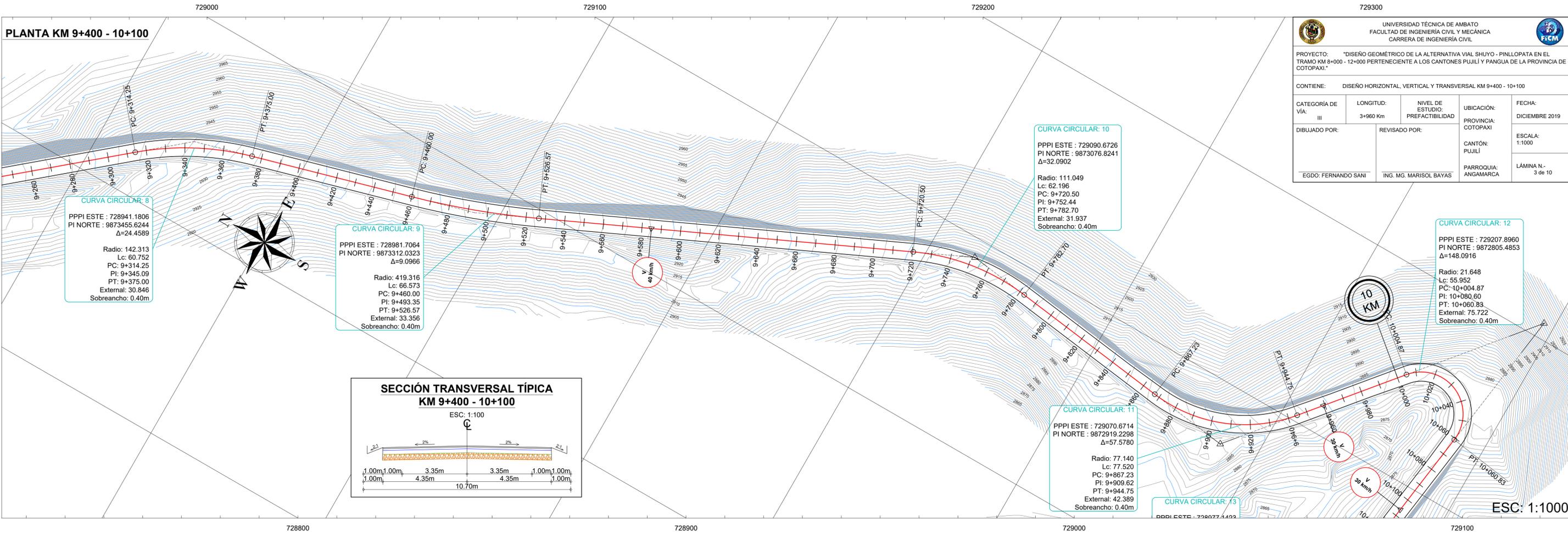
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: "DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO - PINLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 - 12+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

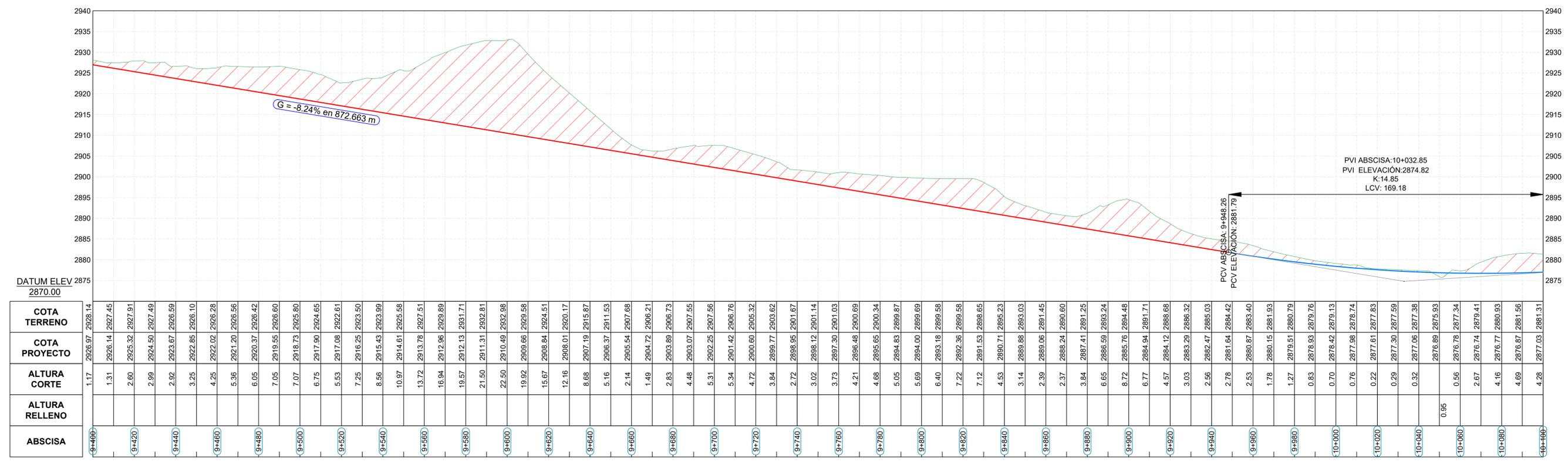
CONTIENE: DISEÑO HORIZONTAL, VERTICAL Y TRANSVERSAL KM 8+000 - KM 8+700

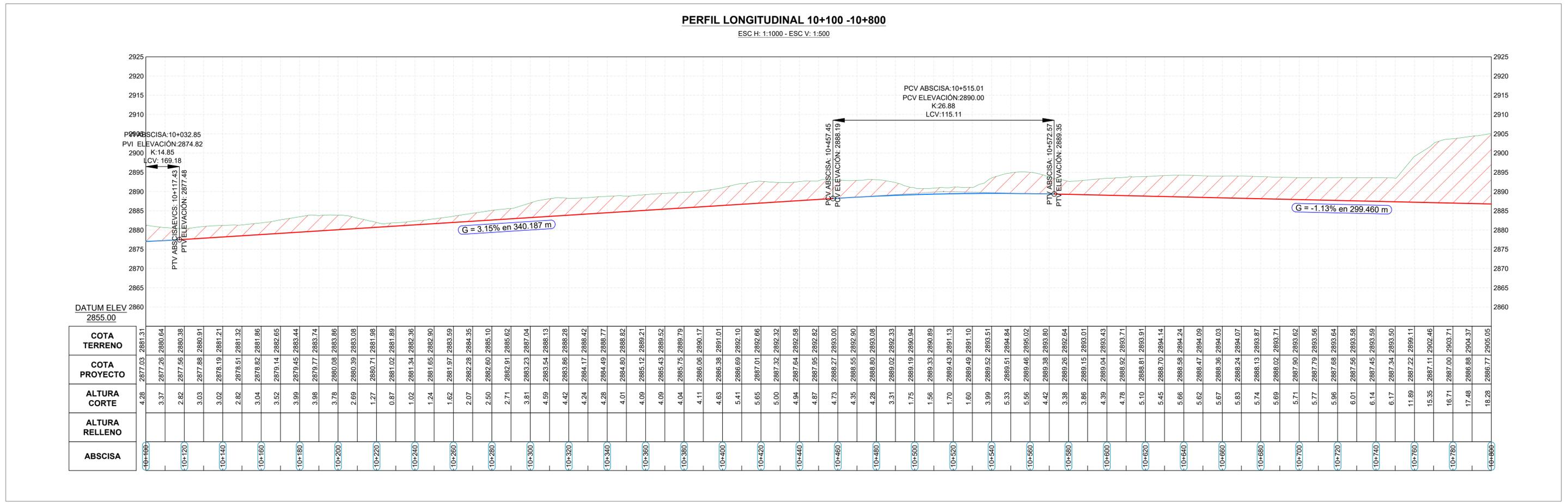
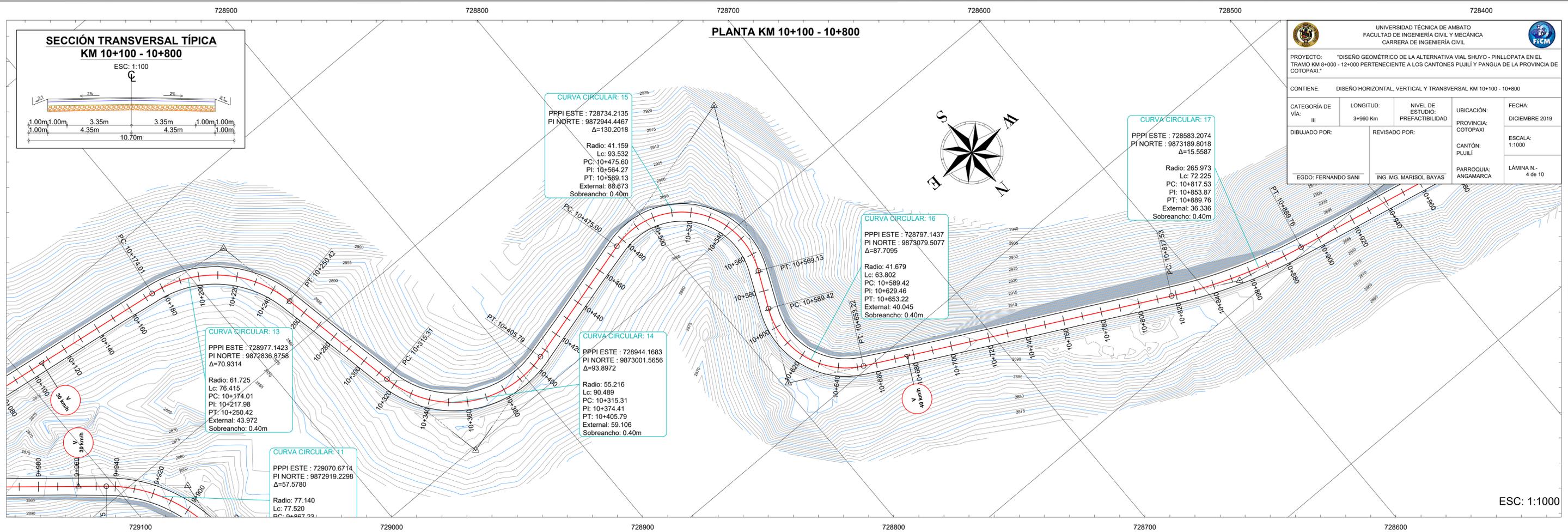
| | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|---|------------------------|
| CATEGORÍA DE VÍA: III | LONGITUD: 3+960 Km | NIVEL DE ESTUDIO: PREFACTIBILIDAD | UBICACIÓN: COTOPAXI |
| DIBUJADO POR: EGDO: FERNANDO SANI | | REVISADO POR: ING. MG. MARISOL BAYAS | |
| CANTÓN: PUJILÍ | | FECHA: DICIEMBRE 2019 | |
| PARROQUIA: ANGAMARCA | | ESCALA: 1:1000 | |
| | | LÁMINA N.º: 1 de 10 | |

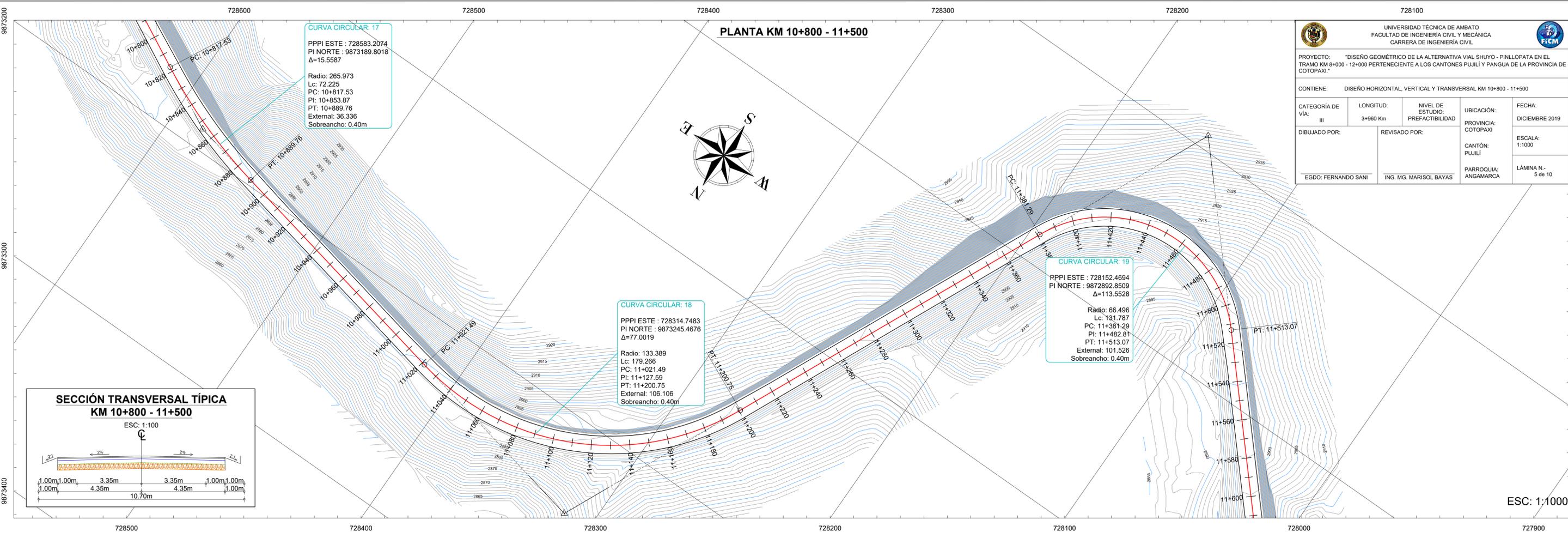




PERFIL LONGITUDINAL 9+400 - 10+100
 ESC H: 1:1000 - ESC V: 1:500

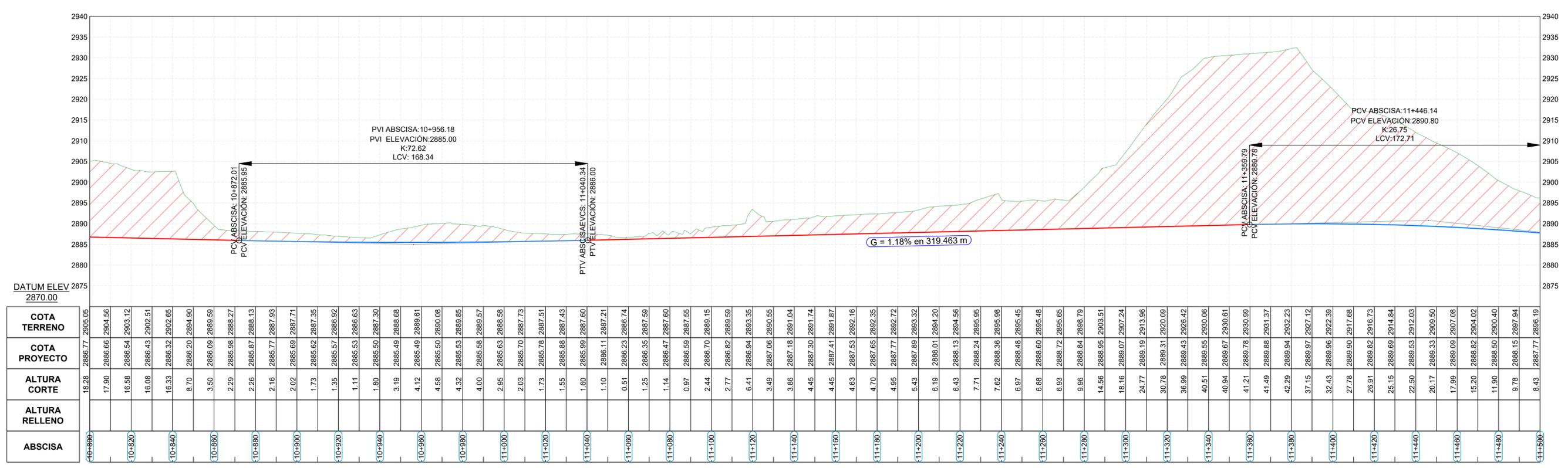




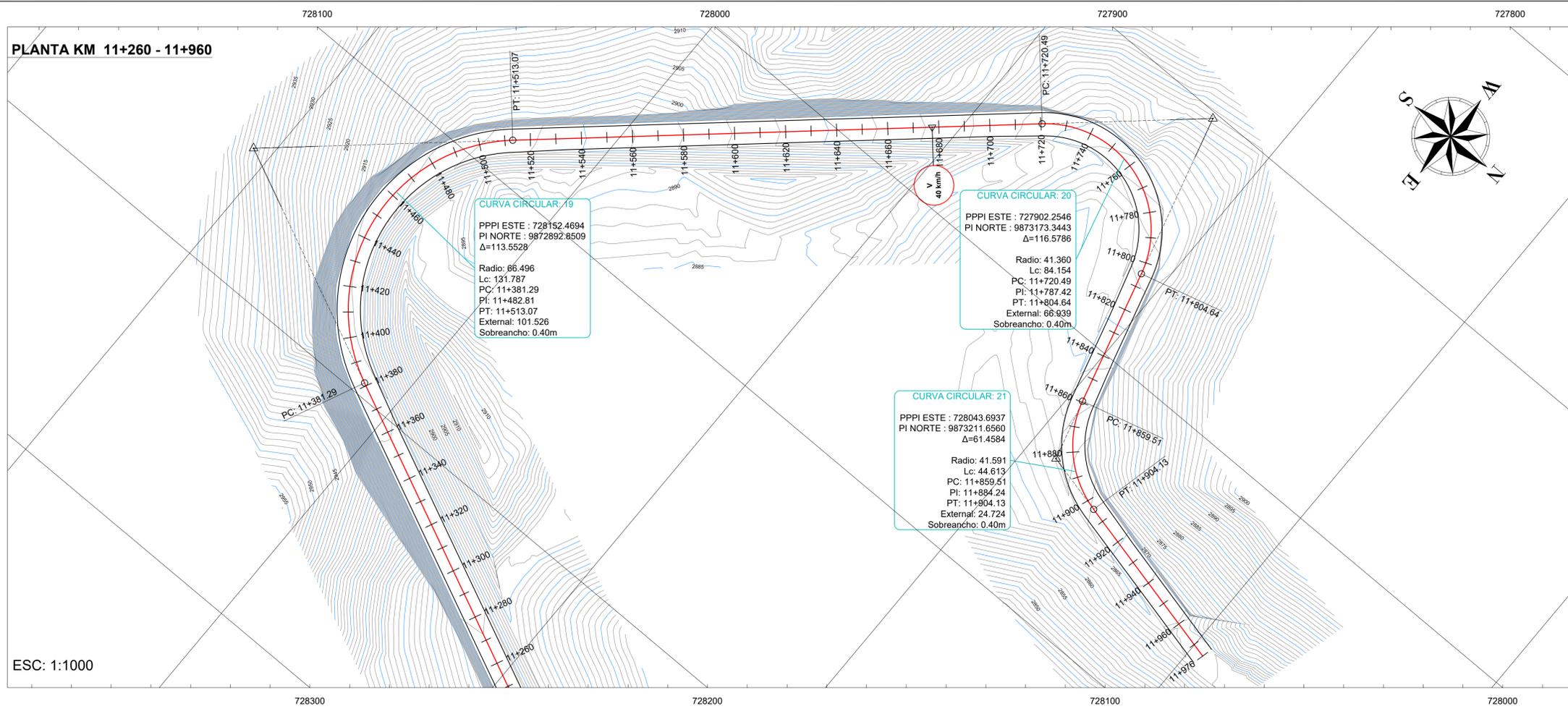


PERFIL LONGITUDINAL 10+800 - 11+500

ESC H: 1:1000 - ESC V: 1:500



PLANTA KM 11+260 - 11+960



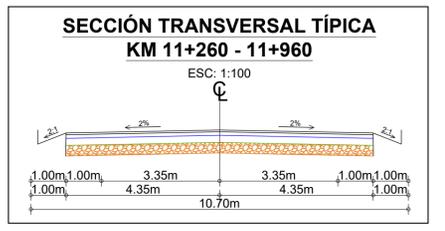
ESC: 1:1000

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

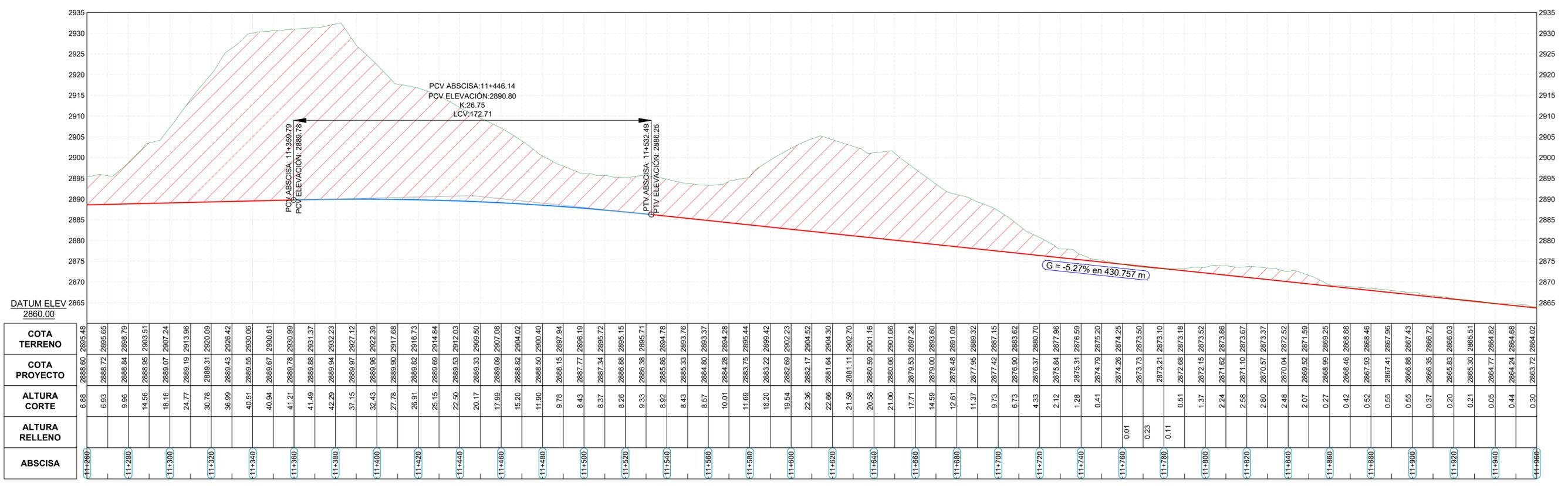
PROYECTO: "DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO - PINLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 - 12+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

CONTIENE: DISEÑO HORIZONTAL, VERTICAL Y TRANSVERSAL KM 11+260 - 11+960

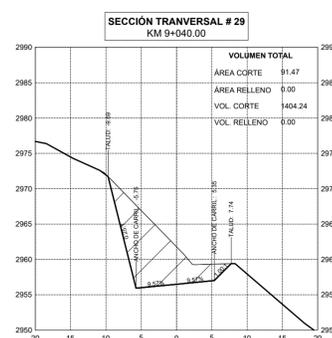
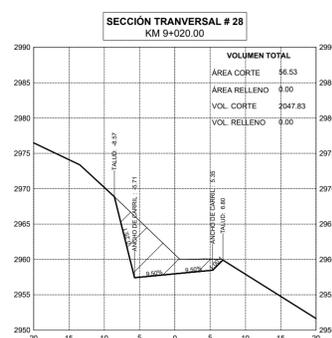
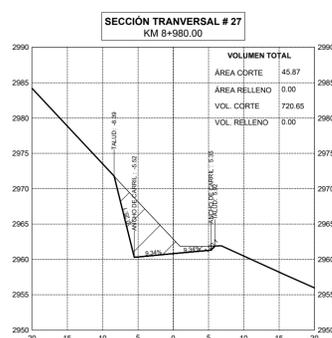
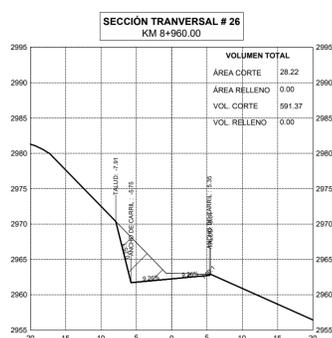
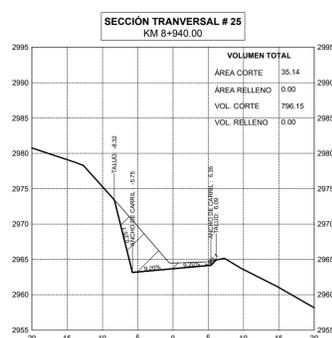
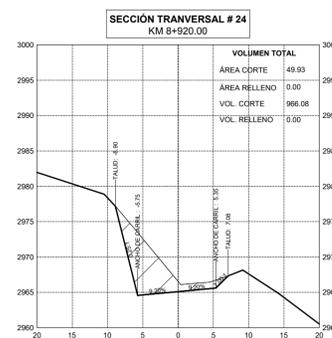
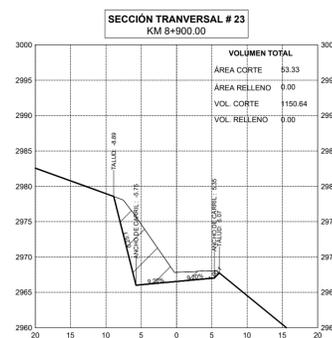
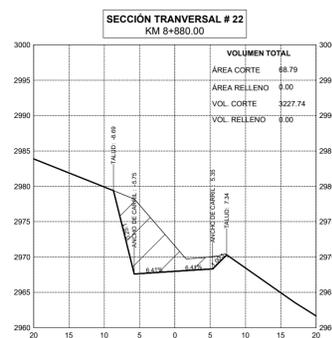
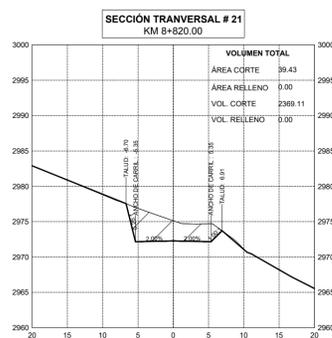
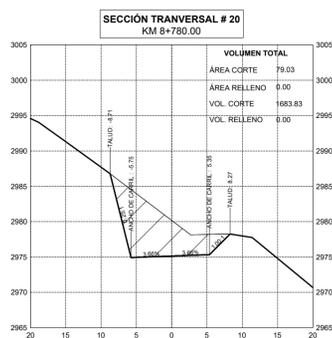
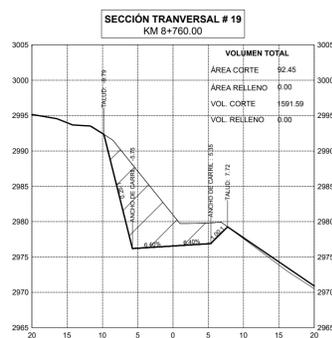
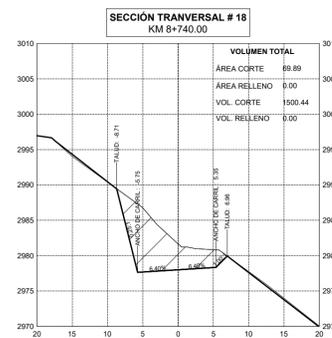
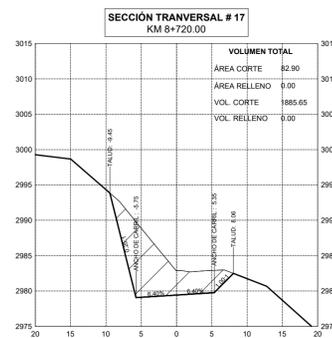
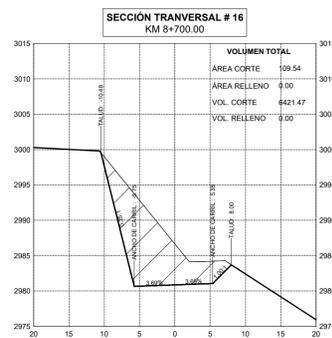
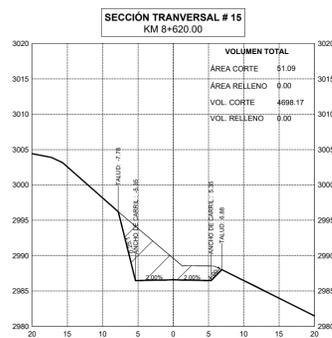
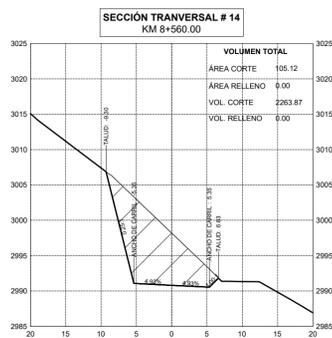
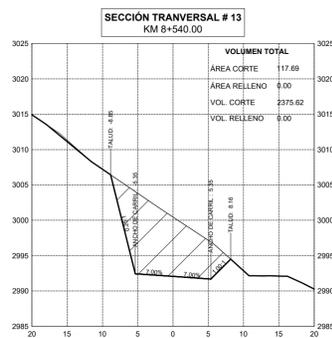
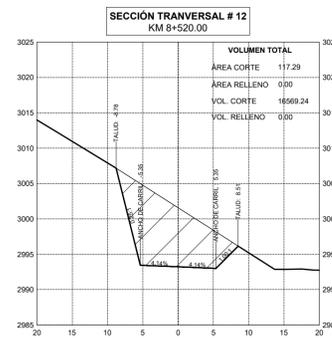
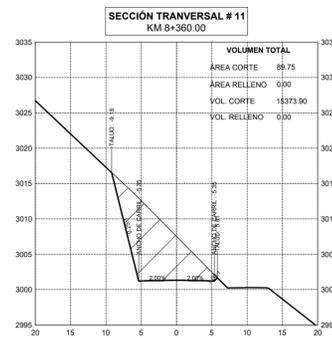
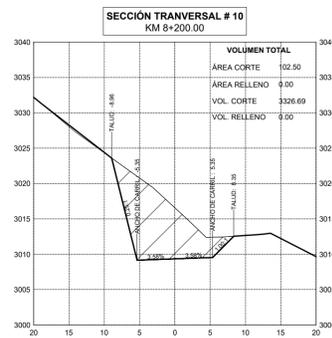
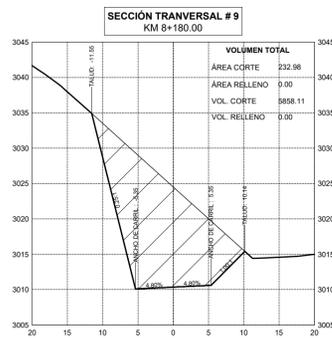
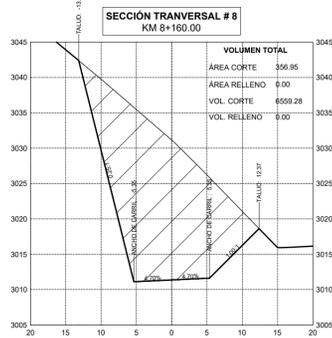
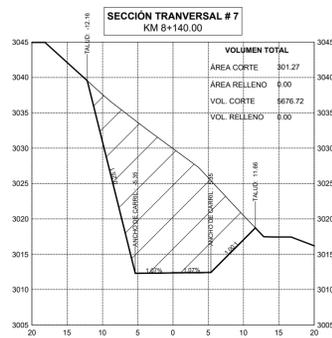
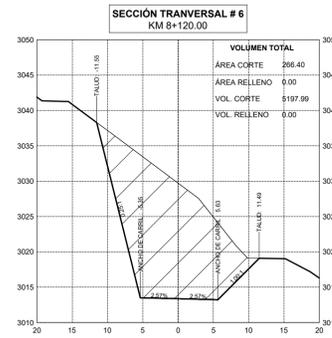
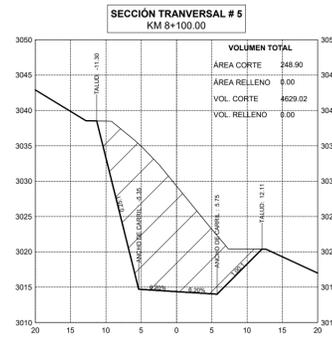
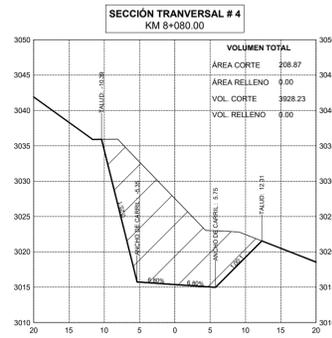
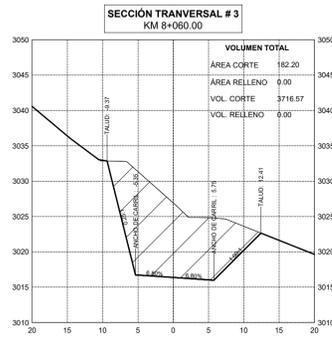
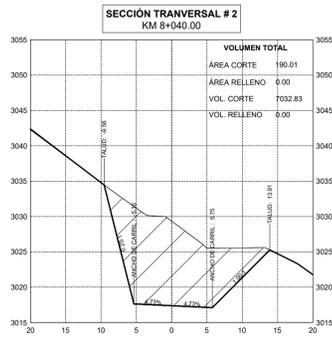
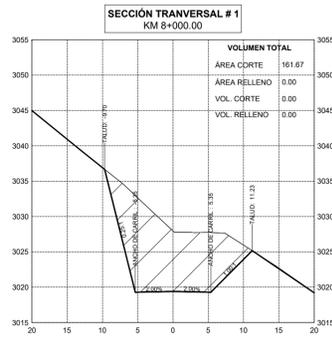
| | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|---|-------------------------|--------------------------|
| CATEGORÍA DE VÍA: III | LONGITUD: 3+960 Km | NIVEL DE ESTUDIO: PREFACTIBILIDAD | UBICACIÓN: COTOPAXI | FECHA: DICIEMBRE 2019 |
| DIBUJADO POR: EGDO: FERNANDO SANI | | REVISADO POR: ING. MG. MARISOL BAYAS | PROVINCIA: COTOPAXI | ESCALA: 1:1000 |
| | | | CANTÓN: PUJILÍ | LÁMINA N.º: 6 de 10 |
| | | | PARROQUIA: ANGAMARCA | |



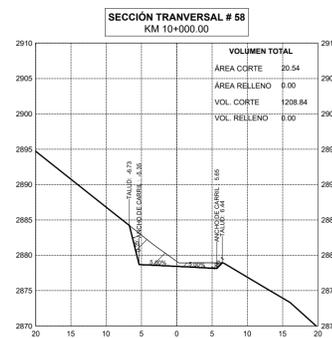
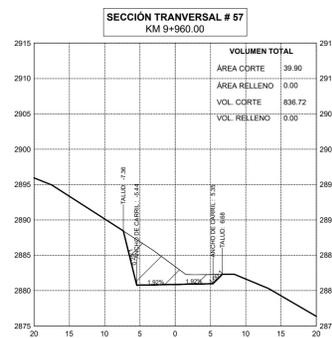
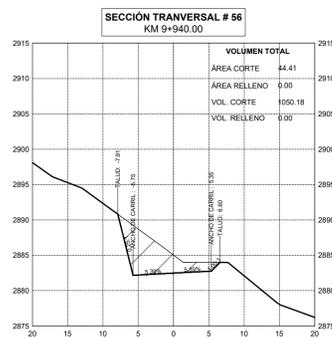
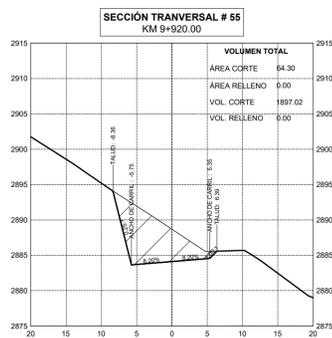
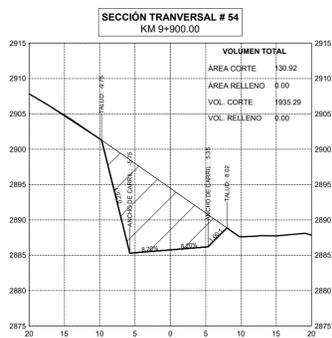
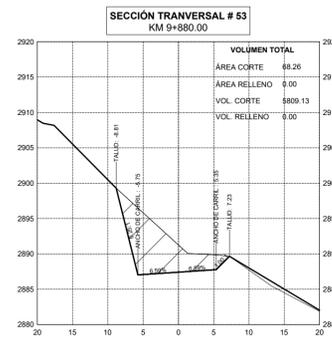
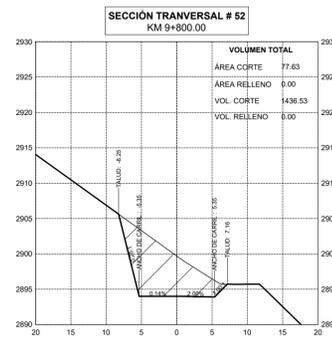
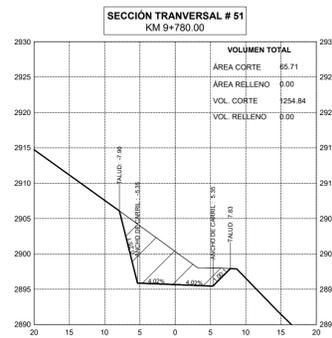
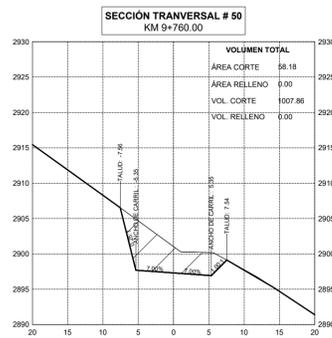
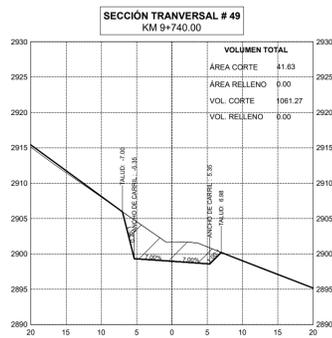
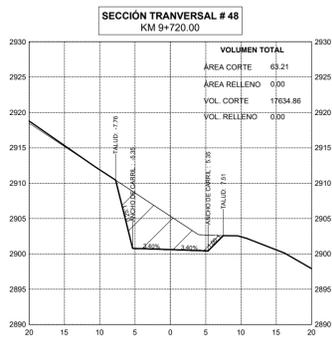
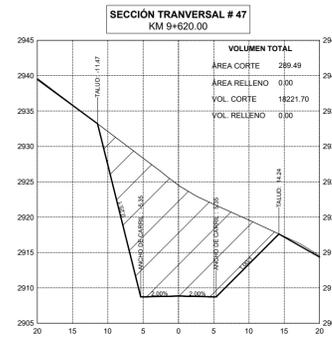
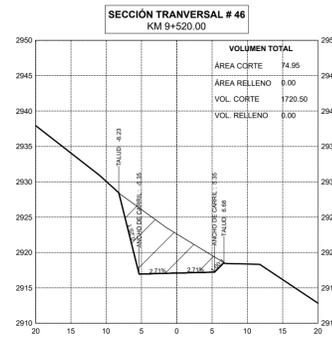
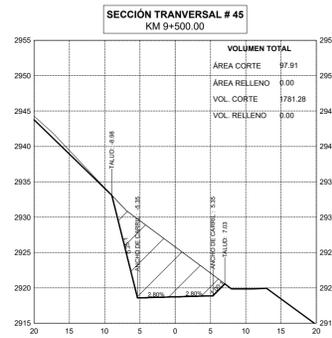
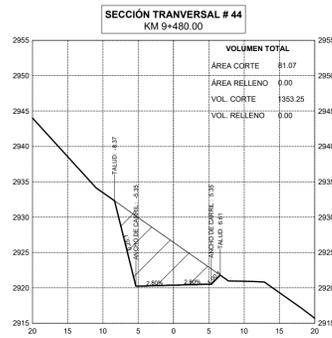
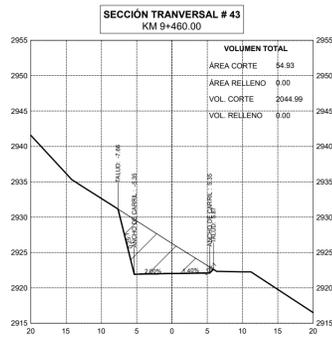
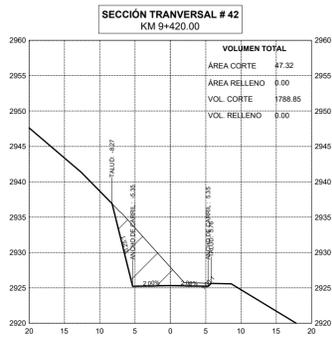
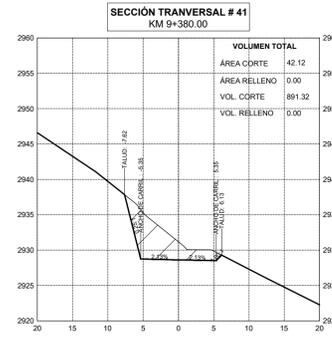
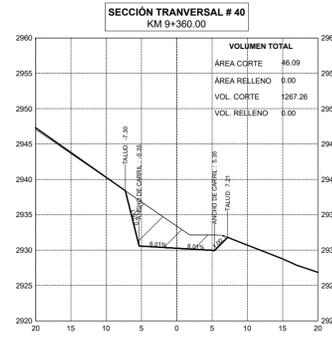
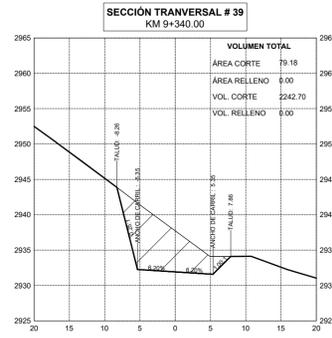
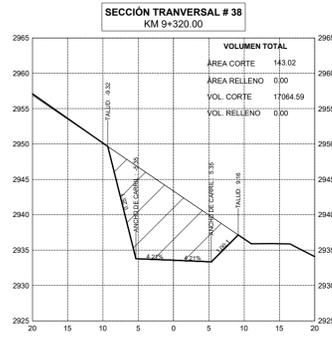
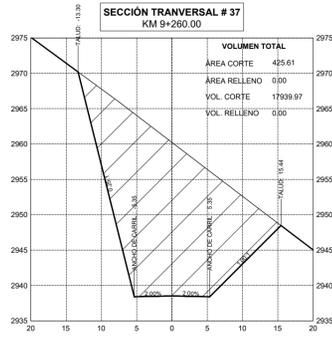
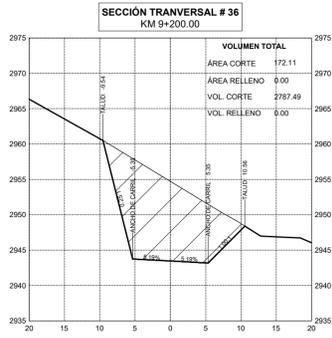
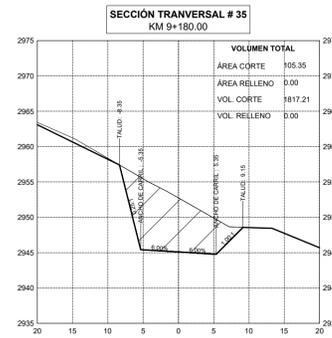
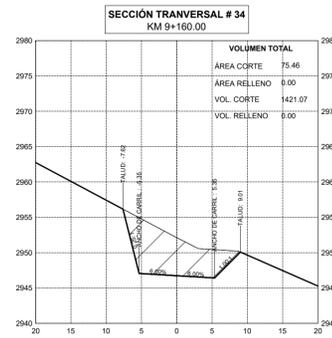
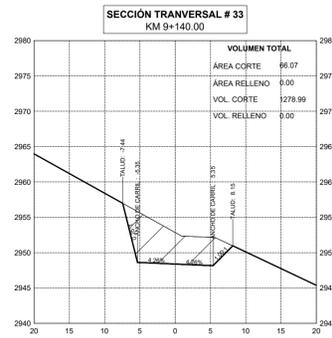
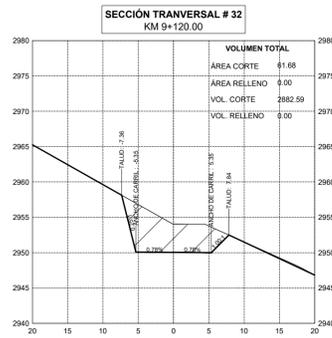
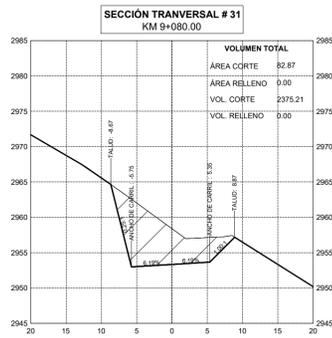
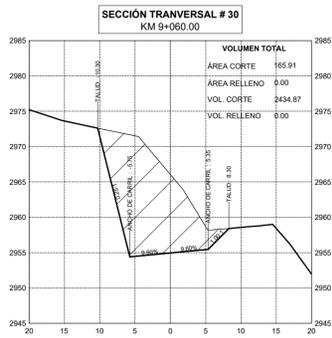
PERFIL LONGITUDINAL 11+260 - 11+960
ESC H: 1:1000 - ESC V: 1:500



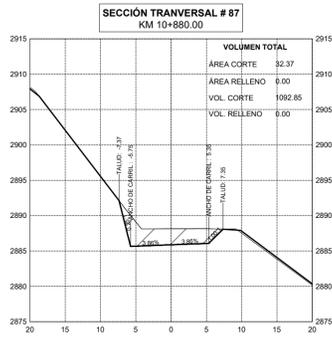
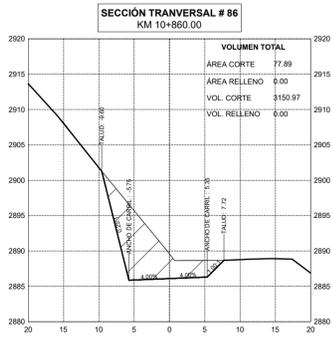
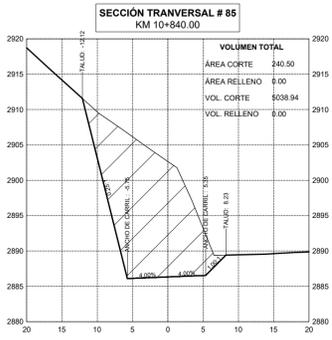
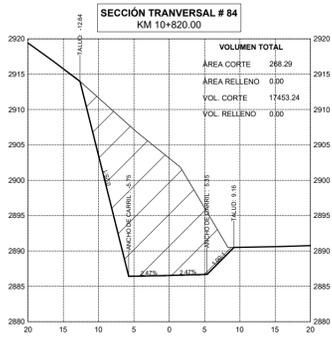
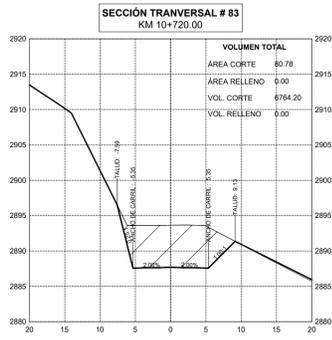
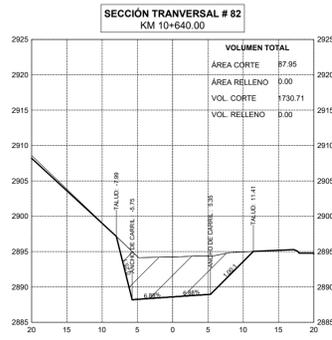
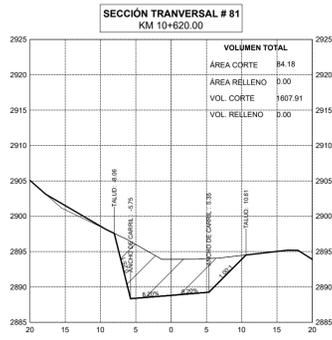
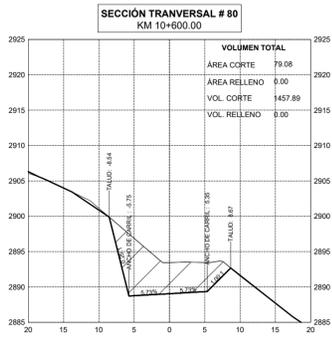
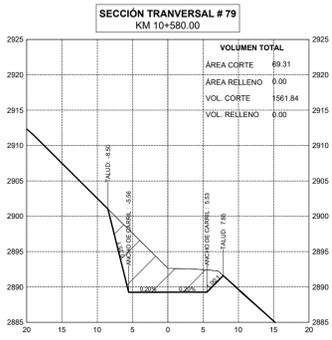
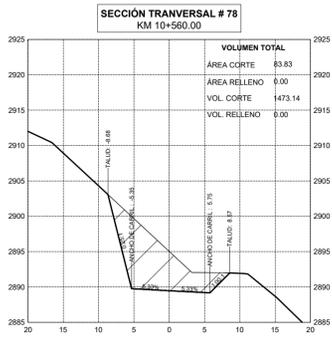
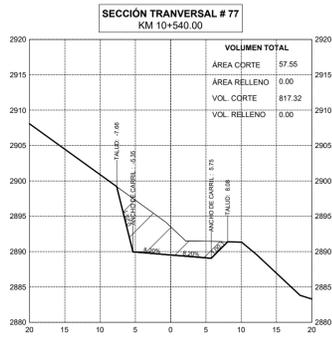
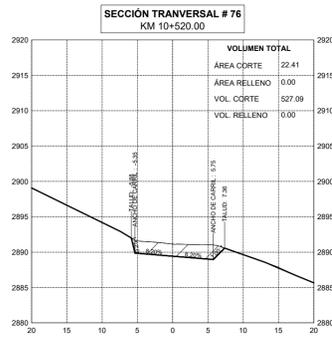
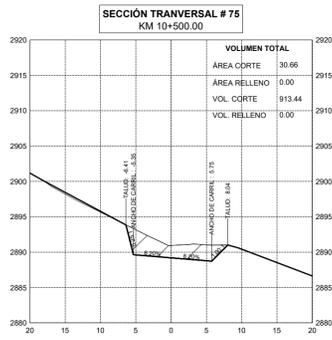
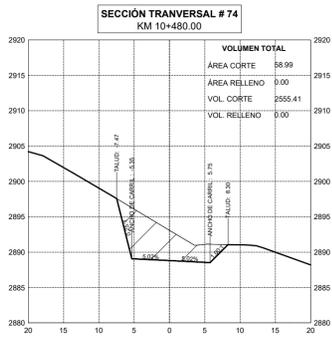
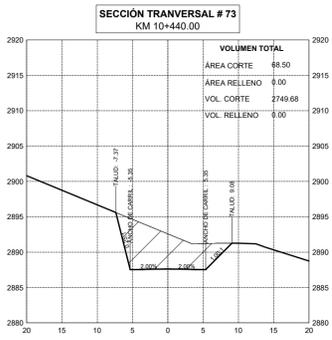
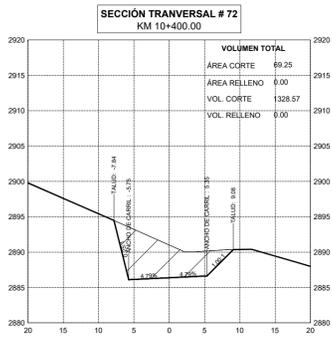
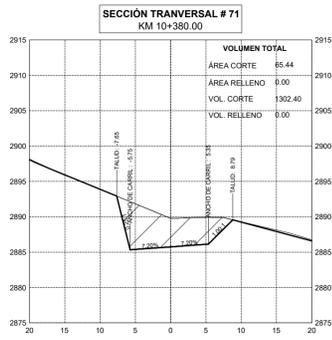
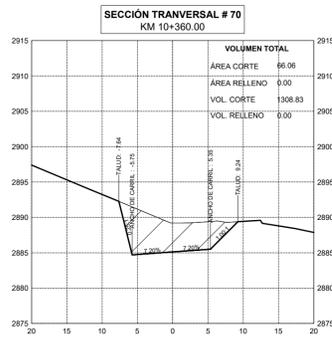
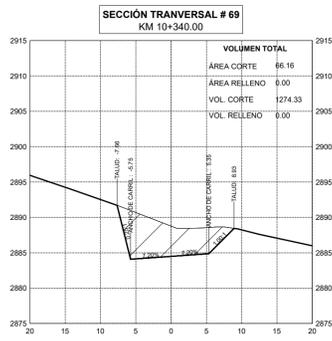
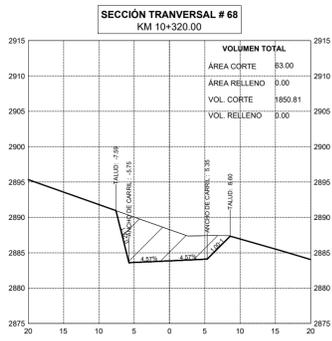
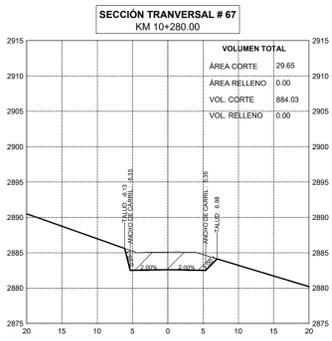
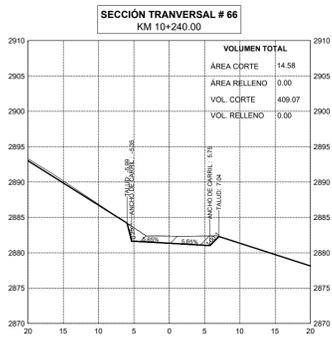
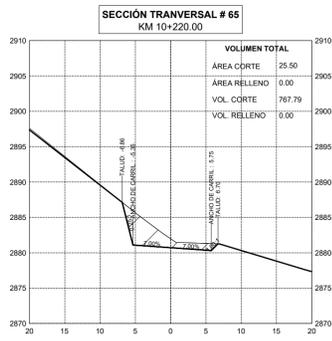
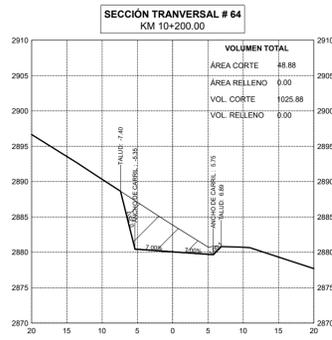
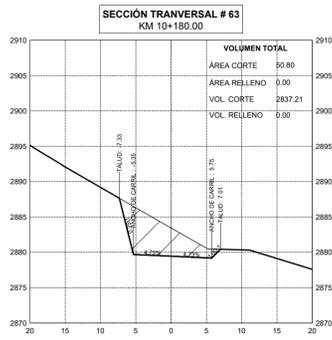
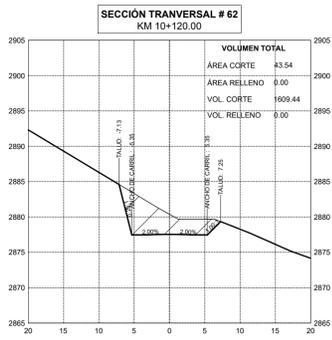
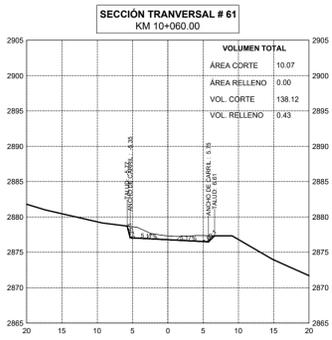
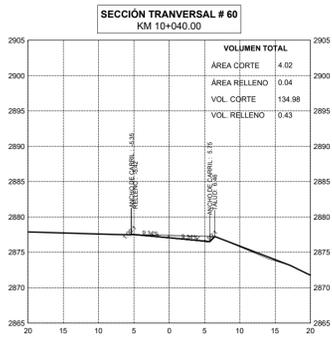
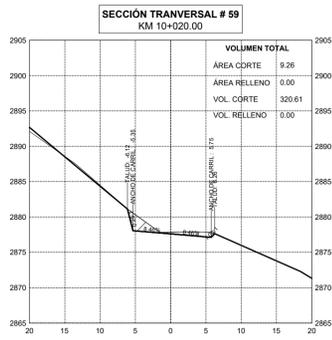
DATUM ELEV
2865.00



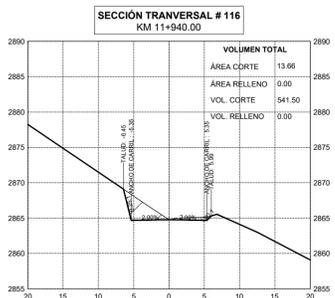
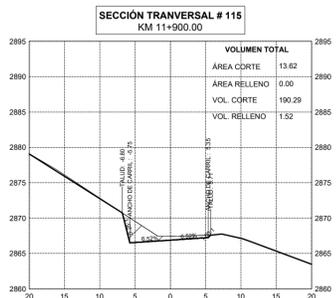
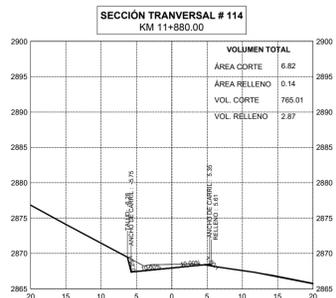
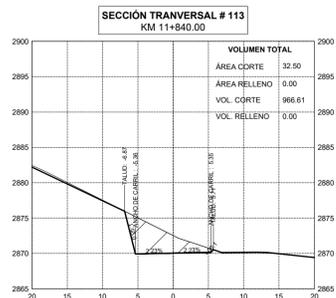
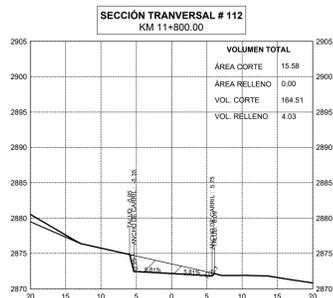
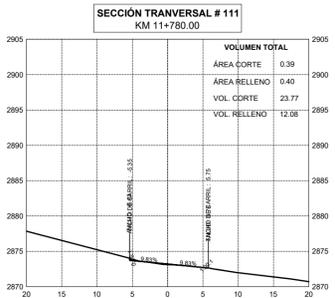
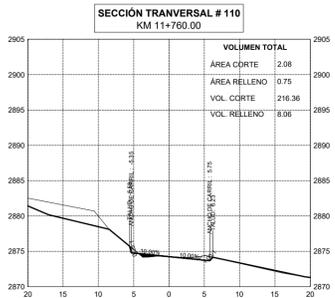
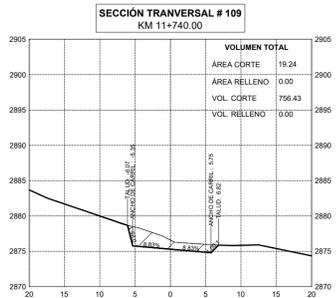
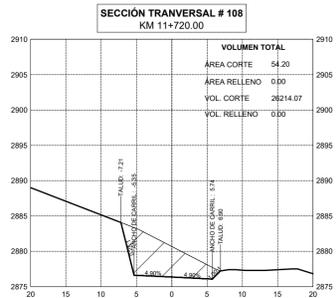
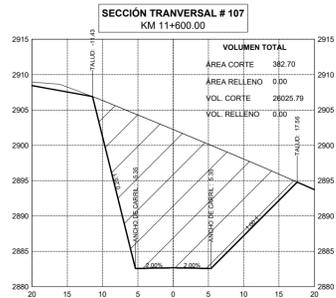
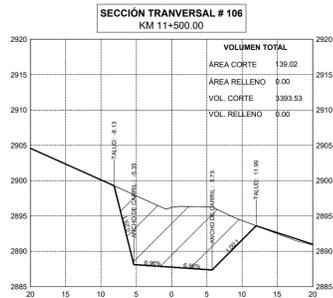
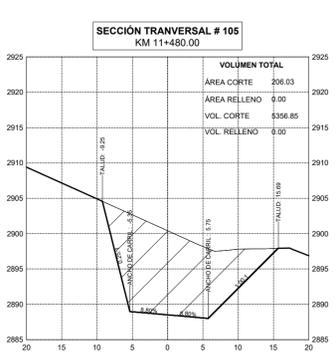
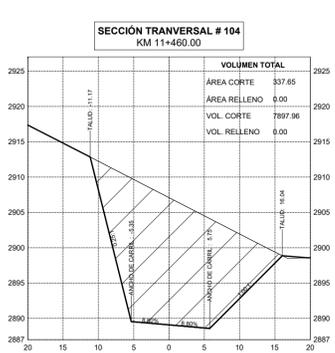
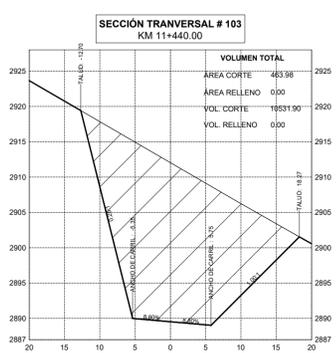
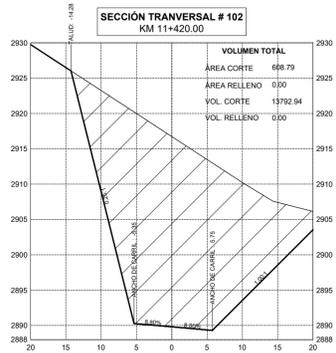
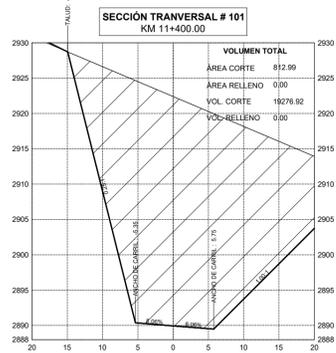
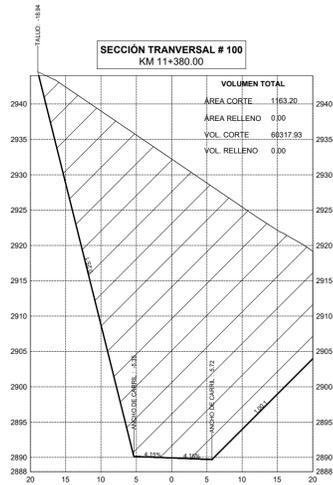
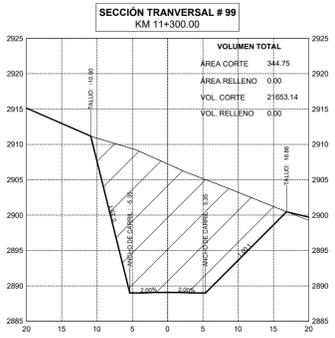
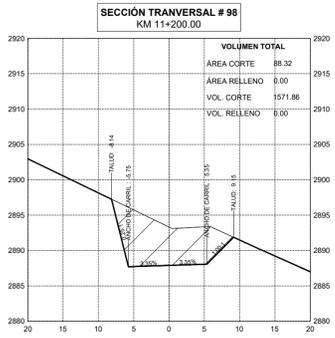
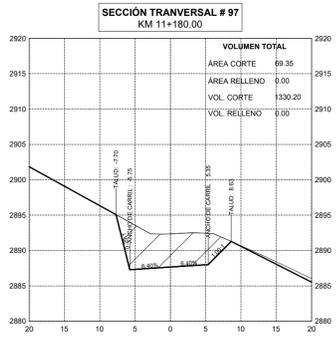
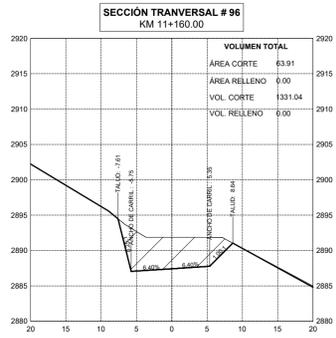
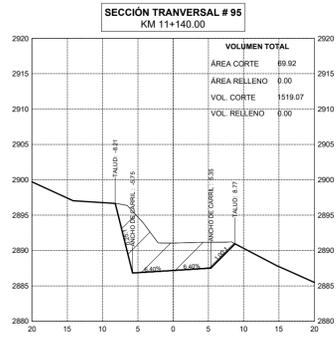
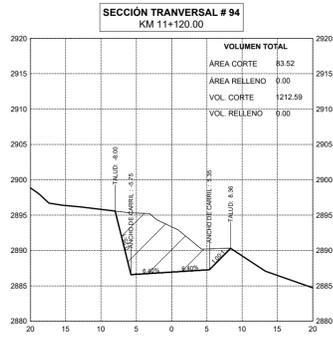
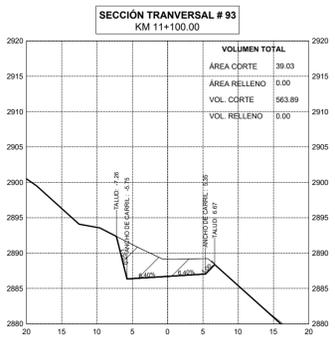
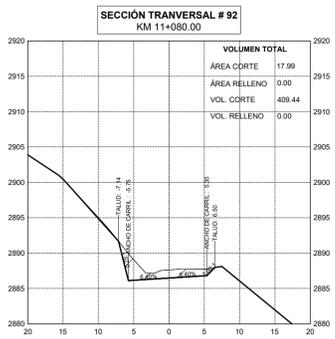
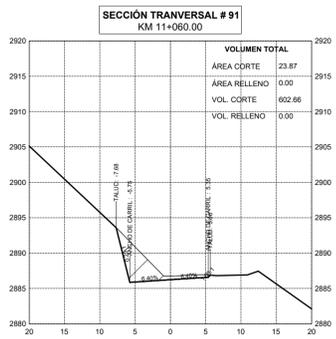
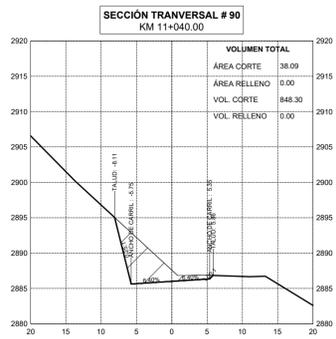
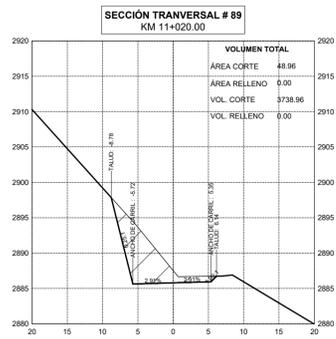
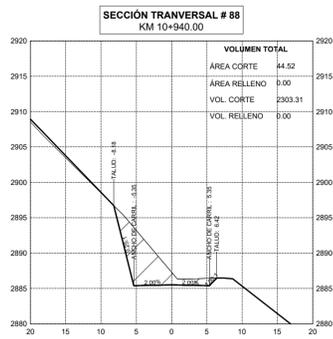
| | | | | | |
|--|---------------------|--|------------------------|-------------------|---|
| | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| PROYECTO: "DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO - PINLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 - 12+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI." | | | | | |
| CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES KM 8+000 - KM 9+040 | | | | | |
| CATEGORÍA DE VÍA: | III | LONGITUD DE ESTUDIO: | 3+960 Km | NIVEL DE ESTUDIO: | PREFACTIBILIDAD |
| DIBUJADO POR: | EGDO. FERNANDO SANI | REVISADO POR: | ING. MG. MARISOL BAYAS | UBICACIÓN: | PROVINCIA: COTOPAXI CANTÓN: PUJILÍ PARROQUIA: ANGAMARCA |
| | | | | FECHA: | DICIEMBRE 2019 |
| | | | | ESCALA: | 1:500 |
| | | | | LÁMINA N.º: | 7 de 10 |



| | | | | |
|---|------------------------|---|----------------------|-------------------|
|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | |  | | |
| PROYECTO: *DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO - PINLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 - 12+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILI Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.* | | | | |
| CONTIENE: SECCIONES TRANVERSAL KM 9+060 - 10+000 | | | | |
| CATEGORÍA DE VÍA: | LONGITUD: | NIVEL DE ESTUDIO: | UBICACIÓN: | FECHA: |
| III | 3+960 Km | PREFACTIBILIDAD | PROVINCIA: COTOPAXI | NOVIEMBRE 2019 |
| DIBUJADO POR: | REVISADO POR: | | CANTÓN: PUJILI | ESCALA: 1:500 |
| EGDO. FERNANDO SANI | ING. MG. MARISOL BAYAS | | PARROQUIA: ANGAMARCA | LÁMINA N. 8 de 10 |



| | | | |
|--|------------------------|-------------------|-----------------------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| PROYECTO: "DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO - PINLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 - 12+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILI Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI." | | | |
| CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES KM 10+020 - 10+880 | | | |
| CATEGORÍA DE VÍA: | LONGITUD: | NIVEL DE ESTUDIO: | UBICACIÓN: |
| III | 3+960 Km | PREFACTIBILIDAD | PROVINCIA: COTOPAXI |
| DIBUJADO POR: | REVISADO POR: | | CANTÓN: PUJILI |
| EGDO. FERNANDO SANI | ING. MG. MARISOL BAYAS | | PARROQUIA: ANGAMARCA |
| | | | FECHA: DICIEMBRE 2019 |
| | | | ESCALA: 1:500 |
| | | | LÁMINA N. 9 de 10 |



| | | | | |
|---|------------------------|---|----------------------|---------------------|
|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL | |  | | |
| PROYECTO: *DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO - PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8+000 - 12+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILI Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.* | | | | |
| CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES KM 10+940 - 11+940 | | | | |
| CATEGORÍA DE VÍA: | LONGITUD: | NIVEL DE ESTUDIO: | UBICACIÓN: | FECHA: |
| III | 3+960 Km | PREFACTIBILIDAD | PROVINCIA: COTOPAXI | NOVIEMBRE 2019 |
| DIBUJADO POR: | REVISADO POR: | | CANTÓN: PUJILI | ESCALA: 1:500 |
| EGDO: FERNANDO SANI | ING. MG. MARISOL BAYAS | | PARROQUIA: ANGAMARCA | LÁMINA N.º 10 de 10 |