



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL
CON DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA VÍA TENDALES –
ALLPACRUZ, PARROQUIA QUINGEO, CANTÓN
CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

JORGE LUIS AUQUILLA COBOS

Director: Ing. Willer Edmundo Barrera Pinos

2016

Declaración

Yo, Jorge Luis Auquilla Cobos, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Jorge Luis Auquilla Cobos

Certificación

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Luis Auquilla Cobos,
bajo mi supervisión.

Ing. Willer Edmundo Barrera Pinos
DIRECTOR

Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo de tesis y todo mi estudio a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que me presentaba. A mis padres Digna y Luis por su apoyo, comprensión, por sus consejos sus valores, por una motivación constante que se me ha permitido ser una persona de bien.

A mis Hermanos Patricia, Fabián, Diana y Olga por estar siempre presentes apoyándome en todo momento y ser ejemplo fundamental en mi vida.

A mi Esposa Mercy y a mi hijo Sebastián por estar siempre conmigo apoyándome en los buenos y malos momentos.

Agradecimientos

Primeramente me gustaría agradecer a Dios por bendecirme, y permitirme llegar hasta donde he llegado, por hacer realidad este sueño anhelado y la culminación de este trabajo de tesis.

A la UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA por brindarme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi Director de Tesis, Ing. Edmundo Barrera, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación, ha logrado que llegue a culminar mis estudios con éxito.

Agradezco a mis Padres, Hermano y Hermanas por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme brindado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, siendo el mejor modelo de vida a seguir.

Agradezco a mi Esposa, por ser parte muy importante de mi vida, por el apoyo recibido desde el primer día que la conocí, por los consejos y soporte incondicional brindado.

Índice de contenidos

Declaración	II
Certificación	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos	V
Índice de contenidos	VI
Índice de tablas.....	XIII
Índice de figuras.....	XVI
Resumen	XVII
ABSTRACT	XVIII
Introducción.....	XIX
Objetivos.....	XXI
Objetivo general	XXI
Objetivos específicos	XXI
Capítulo 1.....	1
Estudios preliminares.....	1
1. Topografía.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Ubicación del Proyecto	1
1.3 Vía de acceso.....	2
1.4 Introducción y definición	3

1.5 Trazado de la poligonal.....	3
1.5.1 Elección del tipo de poligonal a usarse	3
1.5.1.1 Poligonal Abierta	4
1.5.1.2 Poligonal Cerrada	4
1.6 Levantamiento topográfico	4
1.6.1 Metodología.....	5
1.6.1.1 Instalación y puesta en condiciones de trabajo	5
1.6.1.1.1 Lectura de ligazón	5
1.6.1.1.2 Lectura para levantamiento de puntos de relleno o detalle	6
1.6.1.1.3 Equipo y herramientas	6
1.6.1.1.1 Libreta Topográfica de las coordenadas de los BM.....	7
1.6.2 Área levantada para el proyecto	9
1.6.3 Cauces y Quebradas que cruzan la vía	9
1.6.4 Pendientes longitudinales y transversales de la zona en estudio	9
1.7 Estudio de tráfico	10
1.7.1 Cálculo del trafico promedio diaria anual (TPDA)	10
1.7.1.1 Determinación del TPDA	10
1.7.1.2 Tráfico observado (To)	11
1.7.1.3 Factor Horario (FH)	11
1.7.1.4 Factor diario (FD)	11
1.7.1.5 Factor semanal (FS)	11
1.7.1.6 Factor mensual (FM)	12
1.7.1.7 Cálculo	12
1.7.2 Proyección de tráfico.....	13

1.7.2.1 Cálculo de la proyección tráfico vehicular	14
1.8 Clasificación de la vía según su orden	14
1.8.1 Clasificación por capacidad (función del TPDA)	14
1.8.1.1 Clasificación en base al TPDA	14
1.8.2 Clasificación según el desempeño de las carreteras	15
1.8.3 Clasificación por jerarquía en la red vial.....	16
1.8.4 Clasificación por condiciones orográficas	16
1.8.5 Clasificación por número de calzadas	17
1.8.6 Clasificación en función de la superficie de rodamiento.....	17
1.9 Estudio de suelos.....	17
1.9.1 Toma de muestras.....	18
1.9.2 Ensayos de laboratorio	18
1.9.2.1 Contenido de humedad (w).....	18
1.9.2.2 Análisis mecánico	18
1.9.2.3 Consistencia del suelo.....	20
1.9.2.3.1 Limite líquido (wL).....	20
1.9.2.3.2 Limite plástico (wp)	21
1.9.2.3.3 Índice de Plasticidad (Ip)	22
1.9.2.4 Compactación de suelos.....	22
1.9.2.5 Prueba Proctor estándar	23
1.9.3 Resumen de los resultados del análisis de suelos.....	23
Capítulo 2.....	25
Diseño horizontal y vertical de la vía	25
2.1 Alternativas	25

2.1.2	Coordenadas del eje de la vía	25
2.2	Normas de diseño	26
2.3	Diseño geométrico del trazado	27
2.3.1	Vehículo para diseño geométrico	27
2.3.2	Velocidad de diseño	28
2.3.3	Alineamiento horizontal	30
2.3.3.1	Entre – tangente horizontales.....	30
2.3.3.2	Sobreelevación o peralte y factor de fricción lateral	31
2.3.3.2.1	Desarrollo del peralte	32
2.3.3.3	Radios mínimos de curva.....	34
2.3.3.3.1	Resumen de curvas.....	35
2.3.3.4	Sobre ancho	36
2.3.3.4.1	Valores de diseño	37
2.3.3.4.2	Distribución del sobre ancho, en la longitud de transición y en curva espiral.....	37
2.3.3.5	Alineamiento vertical.....	38
2.3.3.5.1	Curvas verticales	38
2.3.3.4.2	Cuadro de curvas verticales	39
2.3.4	Coordinación entre Alineamiento horizontal y vertical	40
2.3.5	Diseño geométrico transversal secciones.	42
2.3.5.1	Elementos que integran la sección transversal	42
2.3.5.1.1	Calzada.....	42
2.3.5.1.2	Bombeo	43
2.3.5.1.3	Espaldones	43
2.3.5.1.4	Taludes interiores y cunetas	43

2.3.6 Cubicación.....	44
2.3.6.1 Talud	44
2.3.7.2 Calculo de áreas	44
2.3.7.3 Tipos de secciones a lo largo de la vía.....	45
2.3.7.3 Determinación de volúmenes	46
2.3.7.4 Resumen de Cálculo de área y Volumen	46
Capítulo 3.....	52
3. Diseño de pavimento flexible	52
3.1 Introducción	52
3.1.1 Método de diseño	52
3.1.2 Información del diseño	54
3.1.2.1 Período de diseño.....	54
3.1.3 Tráfico	54
3.1.3.1 Determinación de las cargas equivalentes acumuladas (Wt18).....	54
3.1.3.1.1 Proceso de cálculo del número de ejes equivalentes estándar Wt18	55
3.2.3 Confiabilidad.....	58
3.2.3.1 Elección del desviador “ZR”	58
3.2.3.2 Desviación estándar del sistema (So)	59
3.2.4 Impacto del ambiente en el pavimento.....	60
3.3 Determinación de las propiedades de los materiales para el proceso de diseño de pavimentos flexibles	60
3.3.1 Modulo resiliente del material de rasante (MR RASANTE.)	61
4.3.2 Elección del CBR de diseño	61

3.3.3 Módulo Resiliente sub-base, base y concreto asfáltico	62
3.4 Diseño estructural del pavimento.....	63
3.4.1 Determinación del número estructural requerido	63
3.4.1.1 Número estructural de la Sub-Rasante	63
3.4.1.2 Número estructural de la Carpeta Asfáltica	64
3.4.1.3 Número estructural de la base.....	64
3.4.1.4 Número estructural de la Sub-base	65
3.5 Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.....	65
3.5.1 Capa asfáltica	66
3.5.2 Base	67
3.5.3 Sub-base	67
4.6 Coeficiente de drenaje.....	68
3.7 Cálculo de espesores por capa	69
3.7.1 Diagramas de la carpeta asfáltica	71
Capítulo 4.....	72
Diseño Hidrológico.....	72
4.1 Drenaje vial	72
4.1.1 Drenaje longitudinal	72
4.1.1.1 Cunetas	72
4.1.1.1.1 Diseño hidráulico de la cuneta.	74
4.1.1.1.2 Detalle de las cunetas	76
4.1.2 Drenaje transversal	76
4.1.2.1 Alcantarillas de control.....	77
4.3 Diseño hidrológico de las alcantarillas	77

4.3.1 Caudal máximo probable.....	77
4.3.2 Parámetros de diseño.....	78
4.3.2.1 Coeficiente de escorrentía “c”	78
4.3.2.2 Intensidad de lluvia.....	79
4.3.2.3 Tiempo de Concentración.....	80
4.3.2.4 Intensidad máxima en 24 horas	80
4.4.2.5 Resumen del área de aportación quebrada.....	81
4.4.2.4 Calculo del diámetro de la alcantarilla	81
4.5 Ubicación, sección y longitud de alcantarillas	82
4.5 Protección de alcantarillas de entrada y salida.....	82
Capítulo 5.....	83
Presupuesto	83
Capítulo 6.....	84
6.1 Conclusiones	84
6.2 Recomendaciones.....	85
Capítulo 7.....	86
Bibliografía	86
Anexos	88
Anexo A: Ensayos de laboratorio, análisis de suelos.....	89
Anexo B: Planos, diseño horizontal y vertical de la vía	115

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación del terreno segun la topografía	9
Tabla 2. Censo volumétrico de tráfico.....	10
Tabla 3. Consumo de combustibles en galones Azuay- 2012	12
Tabla 4. Determinación del TPDA	13
Tabla 5. Tasas de crecimiento vehicular Azuay	13
Tabla 6. Proyección del TPDA.....	14
Tabla 7. Clasificación vial en función del TPDA.....	15
Tabla 8. Tipos de relieve del terreno	16
Tabla 9. Abertura de la serie de tamices usados en la granulometría.....	19
Tabla 10. Resultados del limite líquido	21
Tabla 11. Resultado del límite plástico.....	21
Tabla 12. Resultados del Índice de Plasticidad	22
Tabla 13. Clasificación de suelos según la SUCS	24
Tabla 14. Clasificación de suelos según la AASHTO.....	24
Tabla 15. Características geométricas del vehículo de diseño.	27
Tabla 16. Tipos de vehículos motorizados	28
Tabla 17. Peralte en función del tipo de área.....	31
Tabla 18. Gradiente longitudinal necesaria para el desarrollo del peralte.....	32
Tabla 19. Radio mínimo recomendado para peraltes de 8% y 10%.....	35
Tabla 20. Valores recomendados de C	36
Tabla 21. Índice de curvatura para curvas verticales convexas.....	38
Tabla 22. Índices de curvatura para curvas verticales cóncavas	39
Tabla 23. Ancho de espaldones	43
Tabla 24. Secciones que se encuentran en la vía	45

Tabla 25. Lapsos de diseño sugeridos	54
Tabla 26. Factores Equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, pt = 2.....	55
Tabla 27. Valores de serviciabilidad final recomendados	56
Tabla 28. Factor de equivalencia de cargas "Factor Camión"	57
Tabla 29. Valores recomendados "FDC"	57
Tabla 30. Valores recomendados del % ejes equivalentes en el carril de diseño	57
Tabla 31. Ejes equivalentes de cargas de diseño	58
Tabla 32. Niveles recomendados de confiabilidad "R"	58
Tabla 33. Valores de ZR en función de la confiabilidad	59
Tabla 34. Valores recomendados en la desviación estándar (So).....	59
Tabla 35. Valores recomendables de servicapacidad final (Pt)	60
Tabla 36. Determinación del CBR de diseño	61
Tabla 37. Cálculo del SN estructural Sub-Rasante.....	63
Tabla 38. Número estructural SN carpeta asfáltica	64
Tabla 39. Número estructural SN base	64
Tabla 40. Número estructural SN sub-base	65
Tabla 41. Clasificación de tráfico	65
Tabla 42. Criterio de la estabilidad de Marshall	66
Tabla 43. Calidad de drenaje en función del tiempo de retención de humedad	68
Tabla 44. Coeficientes de drenaje de las capas de Base y Sub-base	69
Tabla 45. Espesores de la carpeta de rodadura 2016 – 2026	70
Tabla 46. Espesores de la carpeta de rodadura 2026 – 2036	70
Tabla 47. Velocidades de erosión de diferentes materiales	73
Tabla 48. Coeficientes de rugosidad "n"	74

Tabla 49. Cálculo hidráulico de las cunetas	75
Tabla 50. Coeficientes de escorrentía	78
Tabla 51. Ecuaciones de intensidades de la zona de precipitaciones 8	80
Tabla 52. Resumen de aportación de áreas.....	81
Tabla 53. Calculo diámetro de alcantarillas.	81

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la vía a ser diseñada	2
Figura 2. Ubicación del acceso a la vía a ser diseñada	2
Figura 3. Parámetros de diseño recomendados	16
Figura 4. Cambios de estado de consistencia de un suelo.....	20
Figura 5. Equipo para prueba Proctor estándar: (a) molde; (b) pisón.....	23
Figura 6. Normas 2003	29
Figura 7. Transición de una sección normal a una peraltada.....	30
Figura 8. Fuerzas que actúan sobre el vehículo a lo largo de una curva horizontal	31
Figura 9. Transición de peralte alrededor del eje	33
Figura 10. Ejemplos de coordinación entre alineamiento y pendiente AASHTO.....	41
Figura 11. Elementos que integran la sección transversal.....	42
Figura 12. Representación gráfica del talud de corte y relleno.	44
Figura 13. Estructura del pavimento Flexible	52
Figura 14. Graficación de CBR de diseño	62
Figura 15. Coeficiente estructural de la capa asfáltica.....	66
Figura 16. Coeficiente estructural de la capa Base a2.....	67
Figura 17. Coeficiente estructural de la capa Sub-base a3.....	67
Figura 18. Diagrama de la carpeta asfáltica.....	71
Figura 19. Sección tipo de cuneta	73
Figura 20. Elementos de una alcantarilla.....	77
Figura 21. Zonificación de acuerdo la precipitación del sector.....	79
Figura 22. Longitud de las alcantarillas.....	82

Resumen

El presente trabajo tiene la finalidad de mejorar las condiciones de vida de la comunidad de Tendales y Allpacruz, pertenecientes a la parroquia de Quingeo, del Cantón Cuenca, mediante el diseño Geométrico con Diseño de pavimento de la vía con una extensión de 2.492 Km.

Mediante el trabajo realizado en la zona del proyecto, se puede observar las actividades que realizan los moradores para salir adelante; el diseño de esta vía conlleva el ahorro de tiempos de viaje, y además, que los pobladores de estas comunidades tengan acceso a los recursos básicos que todo ser humano necesita para un buen vivir.

El presente proyecto está compuesto de un Diseño geométrico horizontal y vertical, basado en las normas NEVI-12 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, contando además con el diseño de la estructura de pavimento Flexible la cual va a proteger la capa de rodadura de la vía.

Una parte importante que consta en el proyecto, es que está diseñada con todas las estructuras de protección para que las lluvias no causen un deterioro rápido. Para que todo este proyecto se plasmara, hemos contado con la participación conjunta de los moradores del sector, quienes van a ser los beneficiarios de esta obra.

PALABRAS CLAVE: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, DISEÑO GEOMÉTRICO, ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, DISEÑO DE DRENAJES.

ABSTRACT

This work aims to improve the living conditions of the community Allpacruz and Tendales belonging to the parish of Quingeo through the Geometric design, paving design of the road with an extension of 2,492 Km.

Through the work done in the project zone one can see the activities performed by inhabitants to get ahead the design of this pathway entails to save travel times and also to the fact that the residents of these communities have access to basic resources all human being needs for a good living.

This project consists of a horizontal and vertical geometric design based on as possible in public NEVI-12 standards of the Ministry of Transport and Public Works also has the structure design of flexible pavement which will protect the surface layer of this road.

An important part which contains the project is that it is designed with all protection structures against rain and will not cause quick deterioration. For this whole project we have benefited from the joint involvement of residents of the sector which will be the beneficiaries of this work.

KEYWORDS: SURVEYING, GEOMETRIC DESIGN, PAVEMENT STRUCTURE, DRAINAGE DESIGN.

Introducción

Las comunidades de Tendales y Allpacruz (parroquia Quingeo, cantón Cuenca, provincia del Azuay Ecuador), está conformada en su mayoría por hogares humildes, de gente trabajadora que luchan diariamente por seguir alcanzar sus objetivos de vida y subsanar sus necesidades.

La vía Tendales –Allpacruz es un camino muy angosto, tiene un ancho promedio de 4 metros y una longitud de 2.492 Km. (Google Earth), su tránsito vehicular es casi nulo, debido a la sinuosidad del camino y la existencia de curvas y contra curvas muy cerradas de radios muy bajos, sumado al mal estado de la calzada y a pendientes altas, solo permite circular a velocidades inferiores a 20km/h en vehículos todo terreno.

De esta evaluación técnica, nace la necesidad de plasmar un diseño geométrico con alineamientos horizontal y vertical para que agilice de una manera rápida, eficiente y segura el tránsito de automotores que requieren atravesar las comunidades de Tendales –Allpacruz.

Una carretera bien diseñada toma en consideración la movilidad que necesitan los usuarios (vehículos, peatones o ciclistas) así como la seguridad y confort de los mismos, balanceando esto con restricciones físicas y naturales del entorno en el cual el proyecto se realiza, formando así un transporte seguro y eficiente. La seguridad vial esta optimizada al conectar los elementos geométricos con la velocidad de diseño y parámetros normalizados, de modo que la geometría resultante tenga una coherencia reduciendo la posibilidad que un conductor se enfrente a una situación inesperada.

Estos factores son considerados para el proyecto, haciendo uso del conocimiento sobre los principios básicos de la ingeniería, así como la experiencia y el adecuado criterio profesional que debe ser parte integral del arte del diseño de carreteras.

El presente proyecto pretende desarrollar de manera coherente los criterios modernos y el uso de software para el diseño geométrico de carreteras, estableciendo parámetros para garantizar la consistencia y conjugación armoniosa de todos sus elementos unificando los procedimientos y documentación requeridos para la elaboración y el desarrollo del trabajo de graduación.

Con el desarrollo de este proyecto se espera que los moradores de las comunidades de Tendales y Alpacruz puedan comercializar sus productos de una manera más rápida, segura y aumente el uso de tierra, junto con los servicios básicos tales como alumbrado público, sistemas de alcantarillado, agua potable, telefonía y además al servicio de transporte público.

Objetivos

Objetivo general

Elaborar una propuesta de diseño geométrico con alineamientos horizontal y vertical en el tramo de vía comprendido entre la comunidades de Tendales-Allapacruz utilizando software especializado para diseño de carreteras.

Objetivos específicos

- Analizar la factibilidad de un diseño geométrico par la zona establecida que este dentro de las normas para diseño vial del Ecuador.
- Generar el alineamiento geométrico horizontal y vertical, tomando en consideración aspectos de la norma ecuatoriana de diseño basados en el confort, visibilidad, seguridad, viabilidad económica y sostenibilidad.
- Realizar el cálculo del TPDA (tráfico promedio diario anual), para el trazado real de la vía en estudio, acorde a la realidad física, económica y social.
- Generar planos del diseño Geométrico horizontal y vertical de la vía Tendales-Allpacruz.
- Diseñar una vía potencial que a futuro pueda convertirse en uno de los accesos principales, que de apertura al turismo en la zona, y por ende, mejorar las condiciones económicas de los pobladores.
- Disminuir el tiempo de traslado con un diseño de pavimentos desde el centro de la parroquia principal hasta las comunidades de Tendales y Allpacruz optimizando el consumo de combustible y dando origen a una menor contaminación.

- Tener accesibilidad a servicio básico (agua potable, electricidad, alcantarillado)
- Disminuir el impacto ambiental y optimizar costos en la construcción de la vía.

Capítulo 1

Estudios preliminares

1. Topografía

1.1 Antecedentes

La zona donde se realizó el estudio existe actualmente una vía de ingreso de los moradores la cual no está en condiciones aceptables en cuanto a su diseño ya que esta cuenta con un ancho promedio de 4m con pendientes pronunciadas, además se encuentra ubicada en una zona en la que la topografía del terreno es muy desfavorable al estar compuesto en su mayor parte por relieves muy pronunciados, en esta zona la vegetación es muy escasa.

1.2 Ubicación del Proyecto

El proyecto se encuentra ubicado a 36 Km de la ciudad de Cuenca en la Parroquia de Quingeo, Provincia de Azuay. Quingeo cubre un área de $116,49 \text{ Km}^2$ y de acuerdo a las proyecciones con el índice de crecimiento, tenemos que la parroquia al 2015, consta con 8691 habitantes.

El proyecto Vial se realizara entre la comunidades de Tendales y Allpacruz, el cual iniciara en la comunidad de Tendales con coordenada NORTE = 9665309,03 ESTE = 729456,993 a una altura de 2760 m y finalizara en la comunidad de Alpacruz con

coordenada NORTE = 9665634,936 ESTE = 728531,074 a una altura de 2949 m.

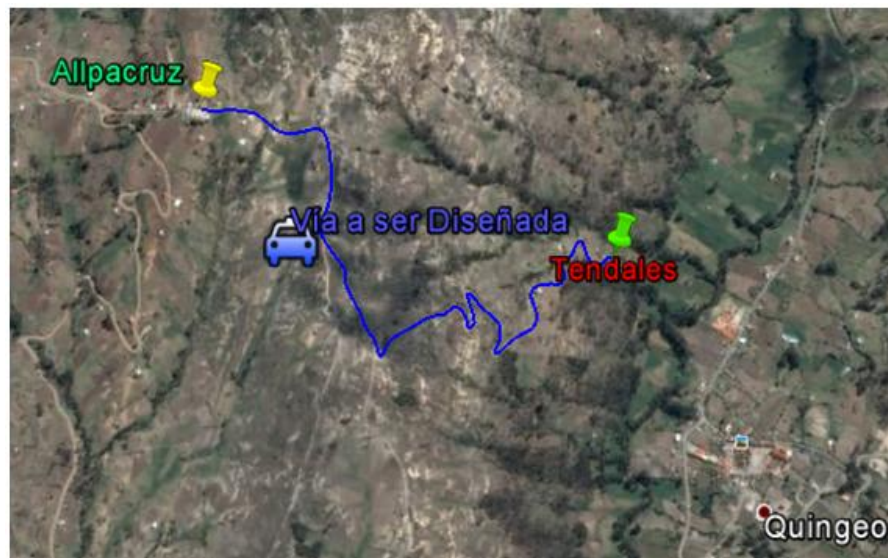


Figura 1. Ubicación de la vía a ser diseñada

Fuente: Google Earth
Elaboración: Autor

1.3 Vía de acceso

Tanto a la Comunidad de Allpacruz y Tendales se ingresa mediante la vía Cuenca-Quingeo - San Vicente, siendo esta la única vía de acceso.

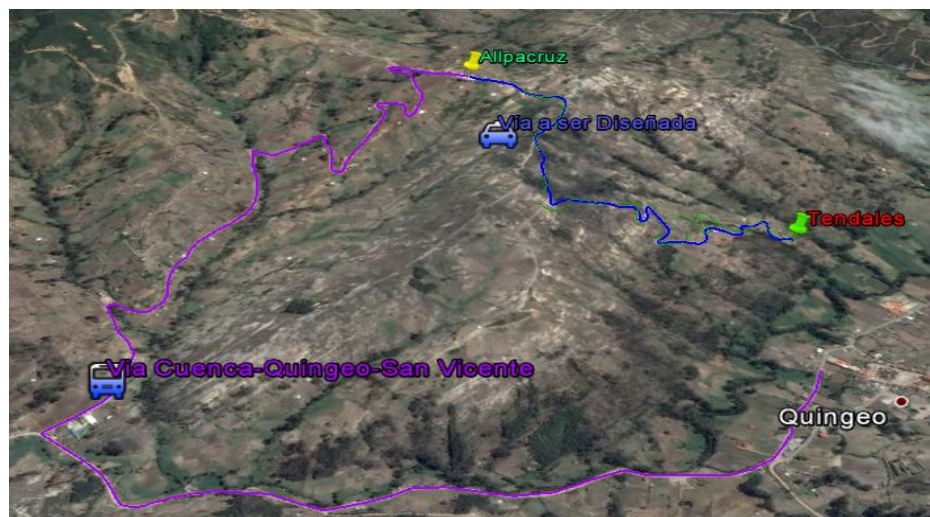


Figura 2. Ubicación del acceso a la vía a ser diseñada

Fuente: Google Earth
Elaboración: Autor

1.4 Introducción y definición

En el Diseño de una vía es primordial contar con el levantamiento topográfico, de donde se va emplazar la vía ya que es uno de los estudios principales que se debe realizar para un correcto estudio y apreciación del diseño.

“La topografía Estudia el conjunto de procedimientos para determinar la posición de un punto sobre la superficie terrestre, por medio de medidas según los tres elementos del espacio: dos distancias y una elevación o una distancia”. (Navarro Sergio, 2008).

1.5 Trazado de la poligonal

Después de haber realizado la visita al tramo en donde se emplazará la vía y con la ayuda de los moradores de las comunidades se estableció los puntos obligatorios por donde pasará la vía ya sean viviendas, lugares agrícolas etc.

Según las normas de diseño geométrico de carreteras del Ministerio de Transporte y Obras Publicas MTOP (2012) se debe considera varias alternativas de diseño, también de debe tener en cuenta los diferentes tramos que unan puntos obligatorios con sus respectivos sub tramos, se debe establecer sus características topográficas y geométricas para saber la gradiente que prioriza cada sub tramo y así elegir la más conveniente.

1.5.1 Elección del tipo de poligonal a usarse

Para esta elección se debe tener en cuenta los diferentes tipos de poligonal que puede usarse, según Jiménez Cleves, Gonzalo (2007) clasifica las poligonales según el control en su libro Topografía para Ingenieros Civiles en:

1.5.1.1 Poligonal Abierta

Control en ángulo.- los lados inicial y final de una poligonal poseen orientación, permitiendo verificar los ángulos al transportar el ángulo inicial; no se verifica cada ángulo, sólo se detalla al cierre final.

Control total: poligonal que parte de un punto con coordenadas conocidas y orientada a partir de una línea anterior.

Sin control: Poligonal que parte de un punto desconocido y llega a otro punto desconocido (Angulo y Distancia). Se comprueba repitiendo el trabajo.

1.5.1.2 Poligonal Cerrada

“Es aquella cuyo punto inicial coincide con el punto final”. (Jiménez (2007))

Control Interno: Es el control angular entre los lados del polígono, la poligonal puede cerrar en ángulo y distancia pero no es posible determinar la precisión de errores sistemáticos. (Jiménez (2007)).

Control Externo: En este tipo los dos puntos más alejados de la poligonal deben ser posibles contrastarlos con información de otra poligonal, tienen que tener coordenadas conocidas de esta manera se puede tener un control geométrico y también detectar algún error sistemático

De tal manera se consideró para el proyecto el uso de una poligonal abierta sin control ya que parte de un punto desconocido y llega a otro punto desconocido.

1.6 Levantamiento topográfico

El levantamiento que se empleó en el proyecto son los levantamientos distancio métricos mediante la taquimetría considerando el relieve del terreno. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

1.6.1 Metodología

Para el presente diseño se utilizó un levantamiento de tipo radial o polar (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), se hizo uso de nuevas tecnologías aplicadas a la topografía para lectura de coordenadas con respectiva cota de terreno, además la descripción de cada punto, en consecuencia es una libreta topográfica electrónica.

La forma para obtener datos de este modo se lo hace con el uso de poligonales, sean estas de primero, segundo, tercer orden y de tipo auxiliar, apoyadas en la red de transporte de coordenadas de la zona según lo establece el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2012).

“El levantamiento de detalles altimétricos como fondos de quebradas, cimas de montículos, etc., debe ser cuidadoso para que éstos resulten bien representados y sirvan de líneas de «quebres o de frontera» que resultan indispensables para el desarrollo de modelos digitales del terreno”. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 290)

1.6.1.1 Instalación y puesta en condiciones de trabajo

Previamente se deberá de verificar las condiciones de operación de la estación midiendo ángulos horizontales, verticales y tomando distancias. Cada estación topográfica donde se ubique la maquina deberán pertenecer a monolitos del sistema de transporte de coordenadas o de no ser el caso a estaciones auxiliares y provisorios, según los diferentes tipos de poligonales que se usen (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

1.6.1.1.1 Lectura de ligazón

“Instalado el instrumento sobre una estación de coordenadas conocidas, se procederá en primer término a efectuar las operaciones para ligarse, planimetría y

altimétricamente, a la estación anterior y a la siguiente, según se describe a continuación”. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 291).

- Se debe tomar datos iniciales como altura instrumental, temperatura, presión atmosférica, altura de prismas, etc.
- Se debe encerrar la estación con la anterior.
- Medir y guardar la siguiente estación tomando en cuenta la lectura de los grados al segundo y las distancias hacia el prisma al milímetro. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

1.6.1.1.2 Lectura para levantamiento de puntos de relleno o detalle

Se llaman puntos de relleno o detalle aquellos puntos que individualizan accidentes del terreno o relieve. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2012))

Para realizar el levantamiento de puntos de detalle debe seguirse un orden que facilite el proceso de confección del plano, tomando en forma consecutiva y con lógica los puntos que representan los detalles, como ser: cercos, borde de camino, cursos de agua, etc. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2012))

1.6.1.1.3 Equipo y herramientas

El equipo y los instrumentos que se van utilizar en cualquier levantamiento topográfico deben encontrarse en buenas condiciones de funcionalidad los más utilizados dentro de estos tipos de levantamientos son los siguientes (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

- Estación total que genere una precisión $5\text{mm} + 5\text{mm/km}$ en distancias y en ángulos de al menos 50 segundos
- Prismas
- Bastones porta prismas con nivel esférico de preferencia.

- Trípode
- Cinta métrica de 2 o 3 m, para toma de altura instrumental.
- Machete
- Clavos
- Combo

1.6.1.1.1 Libreta Topográfica de las coordenadas de los BM

LIBRETA TOPOGRAFICA				
P	Este	Norte	Elevacion	Descripcion
1	729109.795	9665146.961	2896.859	ESTACION_A
2	729122.027	9665142.374	2894.699	ESTACION_B
3	729146.064	9665078.351	2882.478	ESTACION_E
4	728800.343	9665515.484	2963.584	ESTACION_E
5	729142.024	9665082.070	2883.017	ESTACION_F
6	728801.872	9665502.918	2963.715	ESTACION_F
7	729163.653	9665115.626	2877.730	ESTACION_G
8	728801.828	9665362.932	2973.810	ESTACION_G
9	729163.401	9665119.617	2877.486	ESTACION_H
10	728799.053	9665355.555	2974.184	ESTACION_H
11	729143.707	9665190.263	2868.676	ESTACION_I
12	728795.824	9665339.870	2973.088	ESTACION_I
13	729137.292	9665193.173	2868.941	ESTACION_J
14	728798.578	9665342.467	2973.651	ESTACION_J
15	729176.325	9665154.034	2861.775	ESTACION_K
16	728845.243	9665222.668	2954.128	ESTACION_K
17	729171.948	9665156.630	2862.492	ESTACION_L
18	728842.147	9665228.758	2955.175	ESTACION_L
19	729231.961	9665089.334	2848.141	ESTACION_M
20	728849.562	9665176.104	2945.227	ESTACION_M
21	729232.273	9665093.303	2848.727	ESTACION_N
22	728850.369	9665174.151	2944.995	ESTACION_N
23	728910.830	9665068.817	2932.121	ESTACION_O
24	729197.635	9665009.065	2842.172	ESTACION_P
25	729275.280	9665099.031	2833.373	ESTACION_Q
26	728936.918	9665009.732	2924.906	ESTACION_Q
27	729280.629	9665101.704	2831.851	ESTACION_R
28	728941.325	9665007.455	2924.892	ESTACION_R
29	728963.633	9665060.972	2917.541	ESTACION_S
30	728957.535	9665054.825	2918.503	ESTACION_T
31	729099.853	9665127.791	2899.113	ESTACION_X

32	729320.655	9665128.993	2821.427	ESTACION_A1
33	729318.785	9665139.119	2819.368	ESTACION_B1
34	729219.616	9665133.190	2846.979	ESTACION_B3
35	729300.873	9665199.974	2807.259	ESTACION_C1
36	729299.908	9665195.251	2808.063	ESTACION_D1
37	729367.994	9665247.503	2790.328	ESTACION_E1
38	729361.848	9665247.875	2790.524	ESTACION_F1
39	729404.414	9665302.267	2779.784	ESTACION_G1
40	729389.624	9665298.424	2783.689	ESTACION_H1
41	729416.258	9665324.575	2777.003	ESTACION_I1
42	729417.455	9665328.901	2776.365	ESTACION_J1
43	729472.793	9665294.371	2759.931	ESTACION_K1
44	729472.035	9665297.734	2760.140	ESTACION_L1
45	728944.177	9665007.427	2924.906	ESTACION_Z1
46	728948.598	9665005.178	2924.892	ESTACION_Z2
47	728964.239	9664977.376	2917.292	ESTACION_Z3
48	728986.494	9665071.563	2915.431	ESTACION_Z4
49	728989.760	9665074.045	2914.882	ESTACION_Z5
50	729067.519	9665131.326	2899.693	ESTACION_Z6
51	729066.659	9665134.103	2898.853	ESTACION_Z7
52	729117.198	9665172.454	2886.711	ESTACION_Z8
53	729110.583	9665174.487	2885.643	ESTACION_Z9

1.6.2 Área levantada para el proyecto

Para el presente proyecto se consideró la vía existente, desde esta vía se realizó el levantamiento topográfico estableciendo una franja de 30m a cada lado a partir del eje de la vía actual. También entre la abscisa 0+720 hasta la 0+760 se realizó el levantamiento con una franja mayor para obtener mayores datos del terreno y de esta manera disminuir las pendientes de la vía.

1.6.3 Cauces y Quebradas que cruzan la vía

Existen una quebrada que en tiempos de verano se encuentra seca pero según opiniones de moradores de los sectores en invierno tiene un caudal medio, está quebrada atraviesa la vía en las abscisas 0+212, 0+305, 0+420, 0+578 y tiene una longitud de 500m aproximadamente. Además existe cauces de agua que han sido realizados por los moradores del sector que se consideró para el diseño de alcantarillas.

1.6.4 Pendientes longitudinales y transversales de la zona en estudio

En la topografía del terreno tenemos pendientes longitudinales promedio de un 17% y pendientes transversales de un 41% por lo tanto se puede clasificar a nuestro terreno como escarpado según la siguiente tabla.

Tabla 1. Clasificación del terreno según la topografía

tipo	topografía	sección	
1	Plano	transversal	< 5%
		longitudinal	< 3%
2	Ondulado	transversal	6% al 12%
		longitudinal	3% al 6%
3	Montañoso	transversal	13% al 40%
		longitudinal	6% al 8%
4	Escarpado	transversal	> 40%
		longitudinal	> 8%

Elaboración: Autor-NEVI 2012

Fecha: Marzo 2016

1.7 Estudio de tráfico

El estudio del tráfico afecta directamente en el diseño de la vía, tanto para el diseño geométrico, en su alineamiento, velocidad de diseño y para obtener pendientes requeridas.

1.7.1 Cálculo del tráfico promedio diaria anual (TPDA)

Para el presente trabajo de investigación se realizó el censo volumétrico de tráfico que se detalla a continuación en Tabla 2

Tabla 2. Censo volumétrico de tráfico

		DÍAS							
TIPO DE VEHÍCULO		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL
LIVIANOS		13	11	9	12	14	12	15	86
PESADOS	BUSES	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAMIONES	2	2	1	3	2	3	4	17
	TRAILER	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo 2016

1.7.1.1 Determinación del TPDA

Para la determinación del TPDA se realizó un conteo vehicular en la vía en estudio además de encuestas de destino a un grupo de vehículos que circulan por la vía principal Cuenca-Quingueo-San Vicente como lo recomienda el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (NEVI-2012), se procede a calcular el TPDA mediante la ecuación (1) utilizando los datos del censo volumétrico que se detalla en la tabla 2.

$$TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

To = tráfico observado

FH = factor horario

FD = factor diario

FS = factor semanal

FM = factor mensual

1.7.1.2 Tráfico observado (To)

Se realizó mediante conteo vehicular y encuestas de destino mediante la cual se obtuvo que haya un promedio diario de 13 vehículos livianos A2, además de un promedio diario de 3 camiones de transporte de carga C-1.

1.7.1.3 Factor Horario (FH)

“Nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a Volumen Diario Promedio” (Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, NEVI-2012).

En nuestro caso al existir el conteo vehicular utilizaremos la ecuación número (2).

$$FH = \frac{\text{Total de vehiculos desde las 00h a 24 h}}{\text{Total de vehiculos desde y hasta la hora de conteo}} \quad \text{Ecuación 2}$$

1.7.1.4 Factor diario (FD)

“Transforma el volumen de tráfico diario promedio en Volumen Semanal Promedio”. (Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, NEVI-2012). Este factor se calcula con la ecuación (3).

$$FD = \frac{\text{Total de vehiculos en los 7 dias de la semana}}{\text{Total de vehiculos observados en la semana}} \quad \text{Ecuación 3}$$

1.7.1.5 Factor semanal (FS)

“Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio” (Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, NEVI-2012). Se calcula mediante la ecuación número (4), se toma en consideración el mes de enero de 2016

que es el mes donde se realizó el conteo, además de los 29 días que tiene el mes de febrero en este año.

$$FS = \frac{\text{Número de días del mes hecho el conteo}}{\text{Número de días del mes de febrero} = 29} \quad \text{Ecuación 4}$$

1.7.1.6 Factor mensual (FM)

“Transforma el volumen mensual promedio de tráfico en Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)” (Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, NEVI-2012).

En este cálculo se utilizó el consumo de combustibles del año 2012 de la provincia del Azuay proporcionado por Petro. Comercial (Tabla 2) y utilizando la ecuación (5) tomando al mes enero.

$$FM = \frac{\text{Consumo mensual promedio}}{\text{Consumo del mes de conteo}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Tabla 3. Consumo de combustibles en galones Azuay- 2012

Mes	Gas.Ext	Dies.Prem	Gas.Sup	Diesel 2	Total
Enero	3622755	4040065	713854	36613	8413287
Febrero	3308580	3888162	705940	0	7902682
Marzo	3757166	4243605	730579	0	8731350
Abril	3489568	4067110	628805	0	8185483
Mayo	3842505	4372993	644979	0	8860477
Junio	3760483	4266426	619097	0	8646006
Julio	3834237	4355031	634345	0	8823613
Agosto	4100802	4276157	635003	0	9011962
Septiembre	3809522	4084740	561127	0	8455389
Octubre	3994172	4401091	574686	0	8969949
Noviembre	3681192	4326207	573306	0	8580705
Diciembre	3772644	4535771	600426	0	8908841
Total	44.973.626	50.857.358	7.622.147	36.613	103.489.744
Promedio de consumo mensual					8.624.145

Fuente: Petroecuador, 2012

Elaboración: Petroecuador

1.7.1.7 Cálculo

El cálculo de todos los factores se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 4. Determinación del TPDA

Trafico Observado To		Factor Horario	Factor Diario	Factor Semanal	Factor Mensual	TPDA inicial
Tipo	Volumen	FH	FD	FS	FM	
A2	86	1.000	1.000	1.069	1.025	94.232
C	17					18.627
					Total	112.860

Elaboración: Autor.

Fecha: Marzo 2016.

Como indica la Tabla 4 tenemos 113 vehículos.

1.7.2 Proyección de tráfico

Para la proyección del tráfico vehicular se utilizara la ecuación número (6) dada por el ministerio de Transporte y obras Públicas, (NEVI-2012).

$$TPDA_{2036} = Ta * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

Ta = tráfico actual

i = tasa de crecimiento de vehículos

n = número de años

Considerando la tasa de crecimiento vehicular del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para la Provincia del Azuay, indicadas en la tabla 5 observamos la tasa de crecimiento vehicular entre los años 2010-2035.

Tabla 5. Tasas de crecimiento vehicular Azuay

Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2010-2015	4.39	1.69	3.37
2015-2020	3.88	1.5	3.08
2020-2025	3.38	1.35	2.78
2025-2030	3.02	1.23	2.52
2030-2035	2.77	1.13	2.29

Fuente: MTOP, 2012

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), autor.

1.7.2.1 Cálculo de la proyección tráfico vehicular

Utilizando la ecuación número (6) y considerando la tabla 5, para un periodo de diseño de 20 años tenemos:

Tabla 6. Proyección del TPDA

TPDA	#Automóviles A2	#Camiones C	Total
2016	94	19	113
2020	110	21	131
2025	130	24	154
2030	150	27	178
2036	178	31	209

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

Con la proyección realizada tenemos que para el año 2036 tendremos 209 vehículos diarios promedio anual como podemos observar en la tabla 6.

1.8 Clasificación de la vía según su orden

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (NEVI-2012) clasifica a las carreteras según los siguientes criterios:

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

1.8.1 Clasificación por capacidad (función del TPDA)

1.8.1.1 Clasificación en base al TPDA

“Para normalizar, la estructura de la red vial del país de este siglo, se ha clasificado a las carreteras de acuerdo al volumen de tráfico que procesa o que se estima procesará

en el año horizonte o de diseño”. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 64)

Considerando la tabla 7 y los 209 vehículos proyectados para el año 2036, el proyecto se establece como (C3), ya que está dentro de los límites de 0 a 500 vehículos.

Tabla 7. Clasificación vial en función del TPDA

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA_d			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA _d) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

* TPDA = Tráfico Promedio Diario Anual

** TPDA_d = TPDA correspondiente al año horizonte o de diseño

En esta clasificación considera un TPDA_d para el año horizonte se define como:

TPDA_d = Año de inicio de estudios + Años de Licitación, Construcción + Años de Operación

C1 = Equivale a carretera de mediana capacidad

C2 = Equivale a carretera convencional básica y camino básico

C3 = Camino agrícola / forestal

Se define como años de operación (n); al tiempo comprendido desde la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil, teniendo las siguientes consideraciones:

Proyectos de rehabilitación y mejoras.....n= 20 años.

Proyectos especiales de nuevas vías.....n= 30 años.

Mega Proyectos Nacionales.....n =50 años.

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), pp. 64

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

1.8.2 Clasificación según el desempeño de las carreteras

“Según lo establecido en el Plan Estratégico de Movilidad PEM según su diseño se clasifican de la siguiente manera” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 64):

Velocidad de proyecto: 30 km/h

Pendiente máxima: 14%

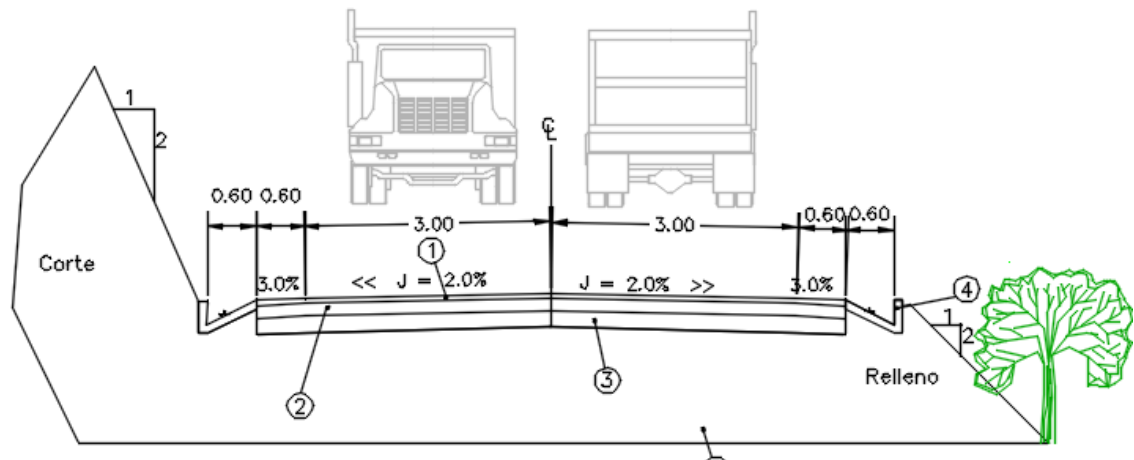


Figura 3. Parámetros de diseño recomendados
Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), pp. 65
Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

1.8.3 Clasificación por jerarquía en la red vial

Nuestro proyecto en estudio se encuentra como Camino Vecinal ya que es una carretera convencional básica que incluye a caminos rurales destinados a recibir tráfico doméstico, producción agrícola o acceso a sitios turísticos. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

1.8.4 Clasificación por condiciones orográficas

El presente proyecto tiene un relieve muy accidentado el cual constituye un 90% de su longitud, al variar su pendiente transversal entre 40 a 100% (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

Tabla 8. Tipos de relieve del terreno

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 69)

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

Según la tabla 8. Asumiremos en el presente proyecto un tipo de relieve muy accidentado cuya inclinación media es $25 < i$.

1.8.5 Clasificación por número de calzadas

El presente proyecto tendrá como Calzada Única, son aquellas que tienen una sola calzada para ambos sentidos de circulación sin tener algún tipo de separación física entre carriles. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

1.8.6 Clasificación en función de la superficie de rodamiento

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2012), clasifica a las vías en cuatro tipos de superficie de rodamiento:

- Pavimentos flexibles
- Pavimentos rígidos Afirmados
- Superficie natural
- Pavimento articulado

Para el presente proyecto hemos elegido una superficie en función del tráfico y el costo que representara, se eligió la superficie de rodamiento de pavimento Flexible.

1.9 Estudio de suelos

Comprende una investigación de campo a lo largo del eje de la carretera en proyecto, mediante la exploración del terreno y la obtención de calicatas en cantidades suficientes para ser sometidas a pruebas de laboratorio. Con los datos obtenidos se realiza trabajo de gabinete para obtener de forma gráfica y escrita los resultados requeridos para dicho proyecto.

Para clasificar los suelos dentro de la construcción de una carretera se recomienda la utilización del método ASSHTO y para las cimentaciones el método SUCS tomando en

consideración que nuestra carretera servirá tanto como una vía de comunicación y también como cimentación de las obras de arte, (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

1.9.1 Toma de muestras

Para el presente proyecto se tomó muestras de suelo realizando pozos de 1 m² cada 500m a 1,5m de profundidad como recomienda la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2012).

1.9.2 Ensayos de laboratorio

1.9.2.1 Contenido de humedad (w)

Es un ensayo de laboratorio que se utiliza para determinar la cantidad de agua en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco (ecuación (7)) (manual de laboratorio de suelos, Bowles, 1980).

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} * 100 \text{ Ecuación 7}$$

Dónde:

W_w = peso de agua presente en la masa del suelo.

W_s = peso de los sólidos en el suelo.

1.9.2.2 Análisis mecánico

“El análisis granulométrico de suelos es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada” (manual de laboratorio de suelos, Bowles, 1980, p.37)

Para esto es recomendable tener muestras representativas de la masa del suelo, al no ser eso posible la práctica solo agrupa materiales por rango de tamaño. Para esto se

utiliza una serie de tamices cuya abertura de malla va disminuyendo a diámetros ligeramente más pequeños. (Bowles, 1980, p.37)

Para el trabajo se utilizó la abertura indicadas en la tabla 8.

Tabla 9. Abertura de la serie de tamices usados en la granulometría.

Tamiz N°	Abertura mm	Tipo de suelo	
1 ½	38.1	Grava	Suelos de grano grueso
1	25.4		
¾	19.1		
½	12.7		
03-ago	9.52		
N° 4	4.76	Arena	Suelos de grano fino
N° 10	2		
N° 40	0.42		
N° 200	0.074		
Fondo		Limo o arcilla	Suelos de grano fino

Fuente: Braja

Elaboración: Autor.

Con la curva de distribución granulométrica se pueden obtener diámetros característicos como **D₁₀, D₁₅, D₃₀, D₆₀, etc.** Siendo (D) el tamaño del grano y los subíndices (10, 15, 30) el porcentaje del material más fino.

El coeficiente de uniformidad **C_u** no indica la variación del tamaño de granos en una muestra de suelo, se define como observamos en la ecuación número (8):

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ Ecuación 8}$$

Valore grandes en este parámetro indica que los diámetros **D₆₀** y **D₁₀** difieren en tamaño considerablemente.

Para determinar la medida de la forma de la curva entre **D₆₀** y **D₁₀** se utiliza el coeficiente de concavidad **C_c**, se define mediante la ecuación (9).

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{10} * D_{60})} \text{ Ecuación 9}$$

Si existe valores C_c diferentes de 1, faltan diámetros entre los tamaños correspondientes D_{60} y D_{10} (manual de laboratorio de suelos, Bowles, 1980, p.40)

1.9.2.3 Consistencia del suelo

“Albert Mauritz Atterberg, desarrolló un método para la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variables dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y líquido” (fundamentos de ingeniería geotécnica de Braja (2001)). como muestra la Figura 4.

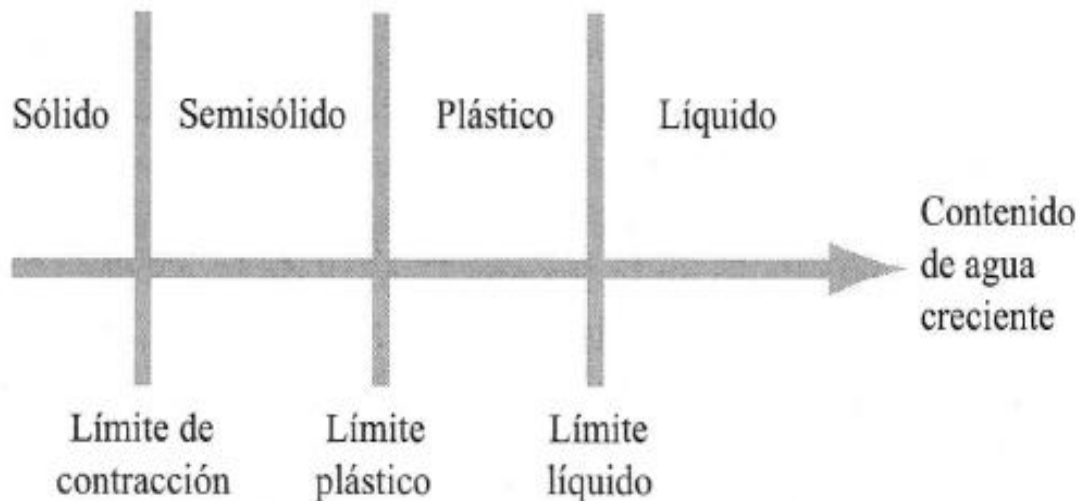


Figura 4. Cambios de estado de consistencia de un suelo

Fuente: (Braja M, 1985), pp. 27

Elaboración: (Braja M, 1985)

1.9.2.3.1 Limite líquido (wL)

Es el contenido de agua en el punto de transición de estado de estado plástico a líquido es el límite líquido.

Para esta prueba se necesita de una pasta de suelo la cual es colocada en una copa del dispositivo de Casagrande y después con un ranurador se corta el centro de la pasta de suelo, el contenido de agua es el porcentaje requerido para cerrar una distancia de

12,7 mm de largo a 25 golpes se lo define como límite líquido. (Fundamentos de ingeniería geotécnica de Braja (2001), pág. 28)

Tabla 10. Resultados del límite líquido

POZO	ABSCISA	LL
1	0+050	38.91
2	0+570	30.41
3	1+020	30.22
4	1+530	48.61
5	2+020	30.7

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo 2016

1.9.2.3.2 Límite plástico (wp)

“El límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona.” (Fundamentos de ingeniería geotécnica de Braja (2001), pág. 29).

Esta prueba se efectúa enrollando repetidamente una masa de suelo de forma elipsoidal sobre una placa de vidrio hasta que este se rompa a un diámetro aproximado de 3mm.

Tabla 11. Resultado del límite plástico

POZO	ABSCISA	LP
1	0+050	28.96
2	0+570	25.91
3	1+020	25.63
4	1+530	29.96
5	2+020	25.37

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo 2016

1.9.2.3.3 Índice de Plasticidad (Ip)

“El índice de plasticidad (Ip) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.” cuya ecuación (10) se indica a continuación. (Fundamentos de ingeniería geotécnica de Braja (2001), pág. 29)

$$Ip = \omega_l - \omega_p \quad \text{Ecuación 10}$$

Tabla 12. Resultados del Índice de Plasticidad

POZO	ABSCISA	LL	LP	Ip
1	0+050	38.91	28.96	9.95
2	0+570	30.41	25.91	4.50
3	1+020	30.22	25.63	4.59
4	1+530	48.61	29.96	18.65
5	2+020	30.7	25.37	5.33

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo 2016

1.9.2.4 Compactación de suelos

El proceso de compactación incrementa la resistencia de los suelos, aumentando la capacidad de carga de las cimentaciones que serán construidos sobre ellos.

Se puede definir a la compactación como la “densificación del suelo por remoción de aire, lo que requiere energía mecánica”. (Braja, 2001, pág. 51). Para medir el grado de compactación de un suelo se mide a través de su peso específico seco, al agregar agua a un suelo cuando se lo está compactando este sirve como un agente ablandador

de partícula del suelo, que hace que se muevan entre sí a formar un empaque más denso. (Braja, 2001, pag 51).

1.9.2.5 Prueba Proctor estándar

En esta prueba el suelo es pasado a través del tamiz número 4 y luego es colocado en un molde de 944cm^3 en tres capas con 25 golpes cada capa con un martillo de compactación de 24.5 N con altura de caída de 3014.8mm, aumentando la cantidad de agua por cada capa compactada.

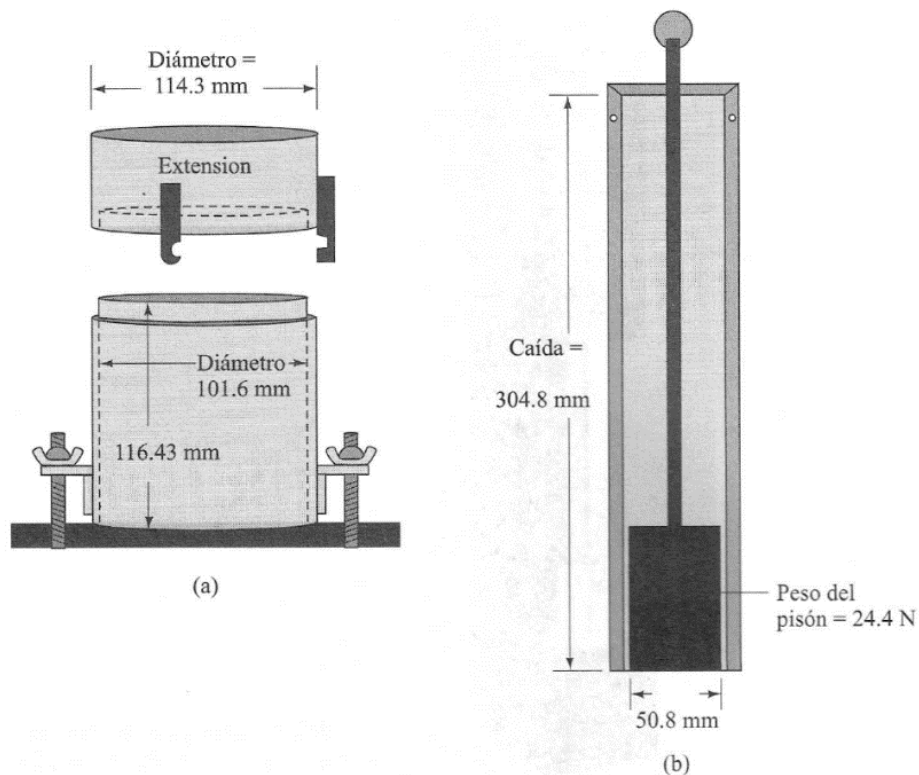


Figura 5. Equipo para prueba Proctor estándar: (a) molde; (b) pisón

Fuente: (Braja M, 1985), pp. 53

Elaboración: Braja

1.9.3 Resumen de los resultados del análisis de suelos

El procedimiento de laboratorio tiende a complementar las labores de campo, en ese sentido las muestras obtenidas del suelo son clasificadas y seleccionadas siguiendo la norma “ASTM D 3282 Clasificación normalizada de suelos y mezclas de agregados

para la construcción de carreteras”, además de la guía del Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil de Joseph E. Bowles (1981).

A continuación se muestra una tabla de resumen de cada calicata y aplicando el criterio de Bowles (1980) y Braja (2001) usando el método de la AASHTO y SUCS se muestra los resultados de cada uno en la tabla 13 y 14

Tabla 13. Clasificación de suelos según la SUCS

POZO	ABSCISA	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	W. NATURAL	LL	LP	IP	IG	SUCS	DESCRIPCION
1	0+050	8.42	48.17	43.41	15.6	38.91	29.0	9.95	2	SM	Arenas limosas
2	0+570	14.93	58.19	26.88	12.39	30.41	25.9	4.49	0	SM	Arenas limosas
3	1+020	15.01	57.79	27.2	12.44	30.22	25.6	4.59	0	SM	Arenas limosas
4	1+530	0	38	62	17.78	48.61	30.0	18.64	10	ML	Limo baja plasticidad
5	2+020	5.28	52.09	42.62	18.66	30.7	25.4	5.33	2	SM	Arenas limosas

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo 2016

Tabla 14. Clasificación de suelos según la AASHTO

POZO	ABSCISA	%GRAVA	%ARENA	%FINOS	W. NATURAL	LL	LP	IP	IG	AASHTO	DESCRIPCION
1	0+050	8.42	48.17	43.41	15.6	38.91	29	9.95	2	A-4	Suelo limoso
2	0+570	14.93	58.19	26.88	12.39	30.41	25.9	4.49	0	A-1	Fragmento de grava, piedra y arena
3	1+020	15.01	57.79	27.2	12.44	30.22	25.6	4.59	0	A-1	Fragmento de grava, piedra y arena
4	1+530	0	38	62	17.78	48.61	30	18.6	10	A-7-6	Suelo Arcilloso
5	2+020	5.28	52.09	42.62	18.66	30.7	25.4	5.33	2	A-4	Suelo limoso

Elaboración: Jorge Auquilla

Fecha: Marzo 2016

En la abscisa 1+530 observamos que no tiene porcentaje de grava lo cual nos da un suelo arcilloso, es recomendable mejorar el suelo.

Capítulo 2

Diseño horizontal y vertical de la vía

2.1 Alternativas

Se considera como alternativa principal para este proyecto el camino que fue construido por los moradores de esta manera se pueden reducir costos al contar con infraestructura existente.

2.1.2 Coordenadas del eje de la vía

PI estación.	Norte	Este	Distancia	Dirección.
0+000.00	9,665,307.2555m	729,500.2145m		
			75.145m	S46° 42' 43"W
0+075.15	9,665,255.7310m	729,445.5151m		
			191.879m	N1° 01' 27"E
0+199.73	9,665,447.5793m	729,448.9446m		
			249.990m	S17° 44' 25"W
0+288.27	9,665,209.4771m	729,372.7719m		
			316.641m	N48° 45' 25"W
0+551.43	9,665,418.2245m	729,134.6835m		
			133.146m	S18° 12' 58"E
0+682.55	9,665,291.7510m	729,176.3055m		
			229.819m	S28° 17' 57"E
0+747.10	9,665,089.3989m	729,285.2574m		
			234.515m	S60° 46' 31"E
0+763.55	9,664,974.9005m	729,489.9215m		
			301.692m	N84° 39' 51"W
0+864.15	9,665,002.9561m	729,189.5373m		
			115.944m	N20° 44' 31"E
0+895.97	9,665,111.3856m	729,230.6003m		
			70.628m	N32° 03' 49"W
0+963.51	9,665,171.2398m	729,193.1067m		
			183.305m	N45° 58' 12"W
1+146.69	9,665,298.6438m	729,061.3148m		
			240.436m	S32° 28' 28"E
1+177.17	9,665,095.8040m	729,190.4102m		
			59.999m	S47° 59' 53"W
1+228.67	9,665,055.6551m	729,145.8234m		
			115.673m	N10° 54' 26"W
1+316.11	9,665,169.2381m	729,123.9357m		

			44.000m	S79° 26' 35"W
1+350.74	9,665,161.1766m	729,080.6804m		
			45.000m	S9° 56' 08"W
1+390.21	9,665,116.8516m	729,072.9162m		
			115.949m	S67° 47' 59"W
1+502.18	9,665,073.0405m	728,965.5623m		
			91.735m	S0° 28' 22"W
1+588.58	9,664,981.3088m	728,964.8054m		
			64.000m	N85° 44' 51"W
1+637.61	9,664,986.0545m	728,900.9815m		
			93.988m	N0° 08' 09"E
1+719.14	9,665,080.0421m	728,901.2043m		
			121.125m	N28° 05' 20"W
1+839.44	9,665,186.9003m	728,844.1738m		
			35.000m	N4° 41' 18"E
1+873.34	9,665,221.7832m	728,847.0346m		
			115.304m	N39° 22' 10"W
1+987.15	9,665,310.9215m	728,773.8953m		
			104.840m	N18° 59' 23"E
2+082.16	9,665,410.0555m	728,808.0100m		
			178.826m	N7° 29' 25"W
2+260.15	9,665,587.3559m	728,784.6989m		
			107.974m	S74° 24' 29"W
2+338.49	9,665,558.3344m	728,680.6983m		
			99.199m	N48° 45' 33"W
2+432.28	9,665,623.7291m	728,606.1057m		
			60.688m	N79° 53' 18"W
2+491.59	9,665,634.3838m	728,546.3606m		

2.2 Normas de diseño

Para el diseño de la vía tanto geométrico horizontal y vertical de la carretera nos basaremos principalmente en la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 publicada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2012) que es una actualización de las normas del campo vial existentes desde la creación de la misma.

2.3 Diseño geométrico del trazado

2.3.1 Vehículo para diseño geométrico

Para la vía en estudio vamos utilizar el vehículo de diseño que nos recomienda la Norma Nevi-12 para este tipo de vía que es el camión C-2, sus características geométricas de referencia están en la tabla 15 y tabla 16 de la Norma Nevi-12 vol. 2A (pág. 39) vehículo tipo 2DB.

- Altura = 4,1 m
- Ancho = 2,6 m
- Longitud = 12,2 m
- Radio mínimo de giro rueda interna = 10 m
- Radio mínimo de giro rueda externa = 16 m
- Radio mínimo de giro esquina externa delantera = 16 m

Tabla 15. Características geométricas del vehículo de diseño.

Vehículo de diseño	A	B	C	R
Altura máxima (m)	2.40	4,10	4,10	4,30
Longitud máxima (m)	5,80	13.00	20.00	>20.50*
Anchura máxima (m)	2,10	2,60	2,60	3.00
Radios mínimos de giro (m)				
Rueda interna	4,70	8,70	10.00	12.00
Rueda externa	7,50	12,80	16.00	20.00
Esquina externa delantera	7,90	13,40	16.00	20.00

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), pp. 38

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

Tabla 16. Tipos de vehículos motorizados

Tabla 2A. 106 - 02 Nacional de Pesos y Dimensiones: “Tipo de vehículos motorizados remolques y semirremolques”

CUADRO DEMOSTRATIVO DEL TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN			PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
						Largo	Ancho	Alto
2 D				CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA				CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB				CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10
3-A				CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10
4-C				CAMIÓN DE 4 EJES	31	12,20	2,60	4,10
4-0				CAMIÓN CON TAMDEN DIRECCIONAL Y TAMDEN POSTERIOR	32	12,20	2,60	4,10

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), pp. 39

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

2.3.2 Velocidad de diseño

Para el proyecto se utilizó una velocidad de diseño de 30 Km/h en base al tipo de vía empleada y según la recomendación de la norma NEVI-12 (Figura 4), además se utilizó un radio $R = 25$ m para las curvas, siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado)”Figura (6).

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

Figura 6. Normas 2003

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

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

2.3.3 Alineamiento horizontal

Es la representación en planta del eje de la vía constituido por rectas o alineamientos que se conectan entre sí por medio de curvas generando el cambio de dirección que mejor se acomode al funcionamiento correcto de la vía. (Pedro Chocontá, 2004)

2.3.3.1 Entre – tangente horizontales

Estas brindan seguridad a los vehículos , desarrollando una transición adecuada entra una zona normal y una peraltada como se observa en la Figura 7, en la ecuación se observa la fórmula para el cálculo en el caso de curvas circulares (Cueva Moreno, 2000).

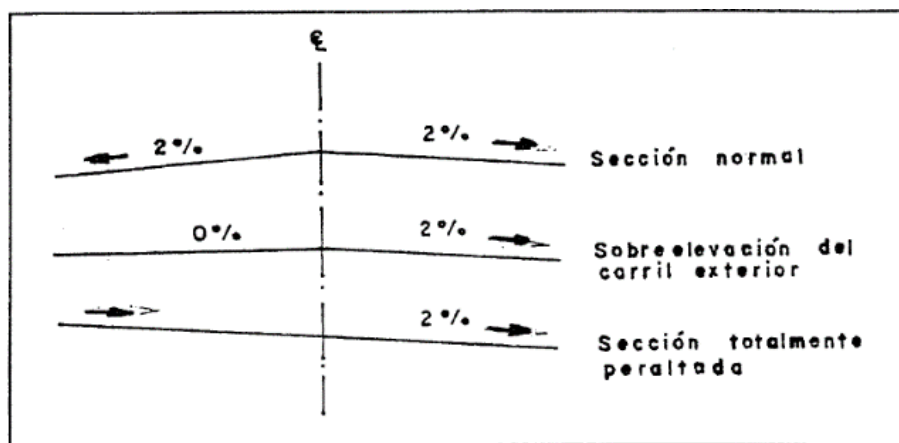


Figura 7. Transición de una sección normal a una peraltada

Fuente: (Cueva Moreno, 2000), pp. 99

Elaboración: (Cueva Moreno, 2000)

$$T_{min} = \frac{2}{3}(L_a + L_p) + 2x \text{ Ecuación 11}$$

Dónde:

T_{min} = tangente mínima de transición entre curvas circulares (m) (imagen 2.3.2)

L_a = longitud de desarrollo de peralte de la curva de ingreso (m)

L_p = longitud de desarrollo de peralte de la curva de salida (m)

x = distancia segura para girar de carril exterior hasta colocarlo a nivel de la horizontal (m)

2.3.3.2 Sobreelevación o peralte y factor de fricción lateral

Este valor va relacionado con la seguridad de los vehículos en curvas, el valor del peralte se restringe de acuerdo a donde va estar asentada la vía según la norma este valor no debe exceder un 10%, ya que nuestra vía en diseño se encuentra ubicada en una zona montañosa y rural tomamos un peralte “e” igual a 10% como indica la tabla 17.

Tabla 17. Peralte en función del tipo de área

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: A policy on geometric design of Highways and Streets

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

La Figura 8 se muestra las fuerzas que actúan sobre un vehículo cuando está en un peralte.

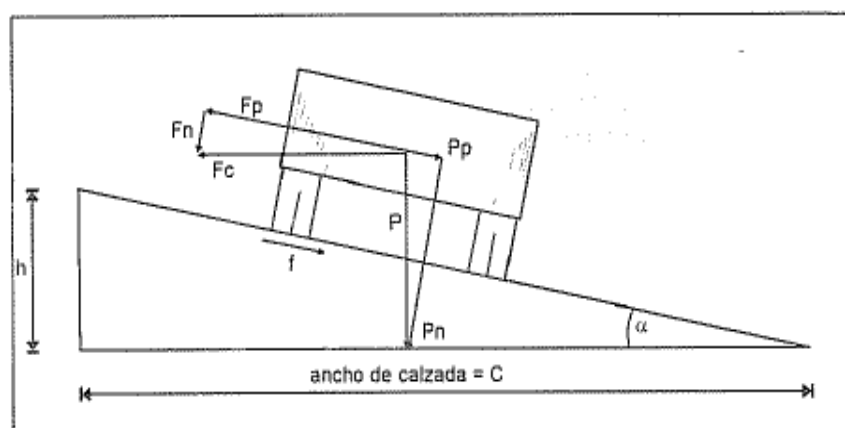


Figura 8. Fuerzas que actúan sobre el vehículo a lo largo de una curva horizontal

Fuente: Diseño Geométrico de vías, Pedro Choconta

Elaboración: Pedro Choconta, 2008, pp. 123

El factor de fricción es aquel que brinda estabilidad a los vehículos y evita que los vehículos resbalen en curvas, este valor varía entre 0.17 hasta 0.10 según la Norma (Nevi-12). Nuestro proyecto al estar en una zona rural y tomando la velocidad de diseño “Vd.” = 30 Km/h tomamos un $f = 0.17$.

2.3.3.2.1 Desarrollo del peralte

Para el desarrollo del peralte el proceso que se sigue es el siguiente:

- a. Calculamos la sobreelevación con la ecuación (12)

$$h = e * b \rightarrow h = 0.10 * 6 \text{ m} \rightarrow h = 0.6 \text{ m} \text{ Ecuación 12}$$

Dónde:

h = sobreelevación (m)

e = peralte de la curva (10%)

b = ancho de calzada (6 m)

- b. Longitud de desarrollo de peralte en función de i gradiente de borde

$$L = \frac{h}{2i} \rightarrow L = \frac{0.6}{2(0.007)} \rightarrow L = 42.86 \text{ m} \text{ Ecuación 13}$$

Dónde:

$i = 0.75 \%$, (Tabla 18)

Tabla 18. Gradiente longitudinal necesaria para el desarrollo del peralte

Vd. (Km/h)	$i \%$
20	0.8
25	0.775
30	0.75
35	0.725
40	0.7
50	0.65
60	0.6
70	0.55
80	0.5
90	0.47
100	0.43
110	0.4
120	0.37

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), pp. 59

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

- c. calculamos la diferencia de nivel del borde al eje de la vía “S” con la ecuación

(13).

$$S = \frac{b \cdot P}{2} \rightarrow S = \frac{6 \cdot 0.02}{2} \rightarrow S = 0.06 \text{ m} \quad \text{Ecuación 14}$$

Calculamos la distancia de la zona de transición “X”.

$$X = \frac{S}{i} \rightarrow X = \frac{0.06}{0.007} \rightarrow X = 8.57 \text{ m} \quad \text{Ecuación 15}$$

(16) calculamos la longitud total de desarrollo del peralte.

$$L_T = L_{mayor} + X \quad \text{Ecuación 16}$$

Para la distribución tomamos en cuenta 2/3 en la tangente y 1/3 en la curva circular, en casos excepcionales se repartirá la longitud de transición equidistantemente entre la curva y la tangente. La figura 9 nos muestra el diagrama de desarrollo del peralte girando la sección alrededor del eje de la vía.

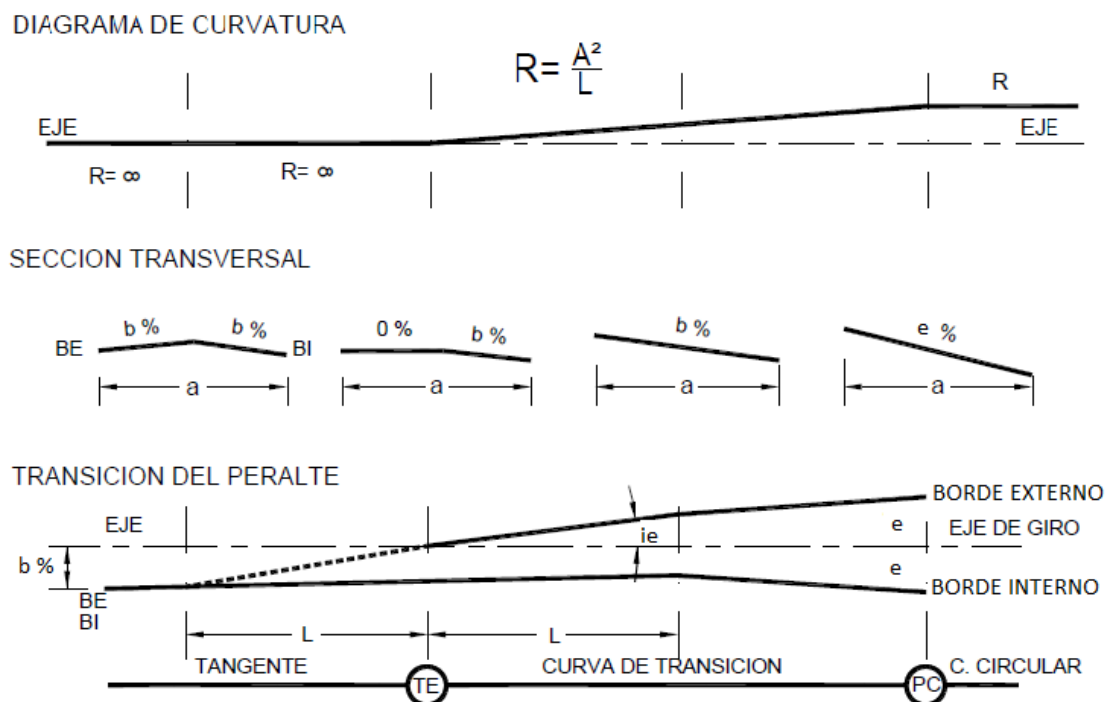


Figura 9. Transición de peralte alrededor del eje

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013), pp. 169

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

2.3.3.3 Radios mínimos de curva

El valor mínimo de radio de la curva sirve para garantizar una trayectoria uniforme por la carretera, este se relaciona con el peralte máximo utilizado. Se puede utilizar radios menores en casos excepcionales mediante el empleo de peraltes por encima de lo que permite la norma, para dicho caso es recomendable reducir la velocidad de diseño para dicha curva utilizando señalización. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

Por motivos económicos y de la topografía de nuestro proyecto se va utilizar radios mínimos de 25m con una velocidad de 30 km/h.

$$R = \frac{v_d^2}{127(e+f)} \text{Ecuación 17}$$

Dónde:

Vd.= velocidad de diseño (Km/h)

e = peralte en base a la velocidad de diseño

f = factor de fricción lateral = 0.17

R = radio mínimo de curvatura permitido

Con base al formula de la ecuación (17) se calcula el radio minino de la curva, para nuestro proyecto tenemos un radio mínimo de 25m que se puede observar en la tabla 19 basado en un peralte del 10%.

Tabla 19. Radio mínimo recomendado para peraltes de 8% y 10%

Velocidad de Diseño(Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'	26.2	25	45° 50'
40	0.17	50.4	50	22° 55'	46.7	45	25° 28'
50	0.16	82.0	80	14° 19'	75.7	75	15° 17'
60	0.15	123.2	120	9° 33'	113.4	115	9° 58'
70	0.14	175.4	175	6° 33'	160.8	160	7° 10'
80	0.14	229.1	230	4° 59'	210.0	210	5° 27'
90	0.13	303.7	305	3° 46'	277.3	275	4° 10'
100	0.12	393.7	395	2° 54'	357.9	360	3° 11'
110	0.11	501.5	500	2° 17'	453.7	455	2° 31'
120	0.09	667.0	665	1° 43'	596.8	595	1° 56'

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, pp.156

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

2.3.3.3.1 Resumen de curvas

RESUMEN DE CURVAS CIRCULARES SIMPLES

# CURVA	ABS. PC	RADIO	ABS. PT
1	0+08.679	28	0+74.316
2	0+97.632	15	0+140.379
3	0 + 212.01	50.000	0 + 311.06
4	0 + 346.75	18.000	0 + 400.14
5	0+477.365	15.000	0 + 522.92
6	0 + 578.50	15.000	0 + 621.33
7	0 + 707.88	50.000	0 + 774.39
8	0 + 8.2.08	15.000	0 + 842.09
9	0 + 951.31	100	0 + 975.58
10	1+019.92	15.000	1 + 063.51
11	1 + 152.17	29.55	1 + 193.67
12	1 + 193.67	19.76	1 + 235.44
13	1+294.11	22.13	1+328.74
14	1+328.74	31.71	1+367.21
15	1+367.21	41.61	1+ 409.23
16	1+556.58	29.96	1+605.61
17	1+605.61	34.39	1+657.15
18	1+819.44	68.00	1+858.34
19	1+858.34	37.07	1+886.85
20	1+931.31	100.00	2+033.37
21	2+058.64	100.00	2+104.85
22	2+202.53	50.00	2+288.14
23	2+306.03	60.00	2+365.54
24	2+404.42	100.00	2+458.75

RESUMEN DE CURVAS ESPIRALES

# CURVA	ABS. PC	Le	ABS. PT
1	0 + 861.03	50	0 + 911.03
2	1 + 466.07	50	1 + 516.07
3	1 + 702.08	50	1 + 752.08

2.3.3.4 Sobre ancho

La Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras, NEVI -2012 hace referencia al cálculo del sobre ancho según la AASHTO en donde intervienen los siguientes factores.

-El ancho del vehículo de diseño

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - L^2} \quad \text{Ecuación 18}$$

-Ancho normal de un vehículo que varía entre 2.45m a 2.60m

-Distancia entre el eje anterior y eje posterior de asume 6.10m

-Radio de la curva

- El espacio lateral que necesita cada vehículo se asume de la siguiente tabla:

Tabla 20. Valores recomendados de C

Ancho de calzada (m)	Valor de C (m)
6	0.6
6.5	0.7
6.7	0.75
7.3	0.9

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, pág. 71),
Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

- El avance del voladizo delantero del vehículo se calcula mediante:

$$FA = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R \quad \text{Ecuación 19}$$

El sobre ancho adicional que depende de la velocidad de diseño y el radio de la curva se calcula mediante la ecuación (20)

$$Z = \frac{v}{10\sqrt{R}} \quad \text{Ecuación 20}$$

- Cuando el ancho requerido en la curva A_c y los tramos rectos el sobre ancho será:

$$S_a = A_c - A_r$$

- El ancho en una calzada de dos carriles debe ser:

$$A_c = 2(U + C) + FA + Z \quad \text{Ecuación 21}$$

Dónde:

2 = # de carriles de la curva

U = ancho del vehículo de diseño (m)

C = espacio lateral entre vehículos (m)

FA = proyección del vuelo delantero (m)

Z = sobre ancho adicional de seguridad (m)

(Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras, NEVI-2012)

2.3.3.4.1 Valores de diseño

“Por razones de costo se establece el valor mínimo de diseño del sobre ancho igual a 30cm para velocidades de hasta 50km/h”. (Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras, NEVI-2012) pág. 71

2.3.3.4.2 Distribución del sobre ancho, en la longitud de transición y en curva espiral.

En las curvas de transición el sobre ancho se va distribuir tanto en el borde interno y externo, aunque también se lo puede aplicar solo en el borde interno de la curva. (Nevi-12)

En donde exista curvas espirales el ensanchamiento se lo va distribuir a los largo de la longitud de la espiral, “obteniéndose la magnitud total de dicho ensanchamiento en el

punto espiral-circular (EC)”. (Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras, NEVI-2012, pág. 72).

2.3.3.5 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical está constituido por tramos rectos denominados tangentes verticales, enlazados por curvas verticales. (James Grisales, 2004)

2.3.3.5.1 Curvas verticales

Para determinar la longitud de la curva vertical se seleccionara el índice de curvatura K. “la longitud de la curva vertical será igual al índice K multiplicado por la diferencia algebraica de las pendientes “ecuación (22). (Nevi-12)

Se utiliza en curvas cóncavas y convexas como indica los valore recomendados la tabla 21 y 22.

$$L = KA \quad \text{Ecuación 22}$$

Dónde:

A = diferencia de gradientes de las 2 tangentes que se unen con la curva vertical (%)

Tabla 21. Índice de curvatura para curvas verticales convexas

Velocidad (Km/h)	Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado		Longitud Controlada por Visibilidad de Adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Indice de Curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Indice de Curvatura K
20	20	0,6	-	-
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438
El índice de curvatura es la Longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica				

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), **pp. 144**

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

Tabla 22. Índices de curvatura para curvas verticales cóncavas

Velocidad (Km/h)	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de Curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38
El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.		

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 144)

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

2.3.3.4.2 Cuadro de curvas verticales

CURVA VERTICAL CONVEXA			
PVC :	0+101.39	Elevación:	2,766.818m
PVI :	0+201.39	Elevación:	2,780.818m
PVT:	0+301.39	Elevación:	2,788.819m
Pendiente de entrada	14.00%	pendiente de salida	8.00%
Pendiente:	6.00%	K:	33.342m
Longitud curva	200.000m		
CURVA VERTICAL CONCAVA			
PVC :	0+496.76	Elevación:	2,804.452m
PVI:	0+596.76	Elevación:	2,812.453m
PVT:	0+696.76	Elevación:	2,823.453m
Pendiente de entrada:	8.00%	pendiente de salida:	11.00%
Pendiente:	3.00%	K:	66.700m
Longitud Curva	200.000m		
CURVA VERTICAL CONVEXA			
PVC:	0+815.37	Elevación:	2,836.501m
PVI:	0+915.37	Elevación:	2,847.501m
PVT:	1+015.37	Elevación:	2,856.501m
Pendiente de entrada	11.00%	Pendiente de salida	9.00%
Pendiente:	2.00%	K:	100.000m
Longitud curva	200.000m		

CURVA VERTICAL CONCAVA			
PVC:	1+240.92	Elevación:	2,876.800m
PVI	1+340.92	Elevación:	2,885.800m
PVT	1+440.92	Elevación:	2,899.800m
Pendiente de entrada	9.00%	Pendiente de salida	14.00%
Pendiente:	5.00%	K:	40.000m
Longitud curva:	200.000m		
CURVA VERTICAL CONVEXA			
PVC:	1+612.03	Elevación:	2,923.755m
PVI	1+712.03	Elevación:	2,937.755m
PVT	1+812.03	Elevación:	2,947.755m
Pendiente de entrada	14.00%	Pendiente de salida	10.00%
Pendiente:	4.00%	K:	50.000m
Longitud curva	200.000m		
CURVA VERTICAL CONVEXA			
PVC:	1+924.60	Elevación:	2,959.013m
PVI:	2+024.60	Elevación:	2,969.013m
PVT:	2+104.60	Elevación:	2,965.611m
Pendiente de entrada	10.00%	Pendiente de salida	-4.25%
pendiente:	14.25%	K:	12.63
Longitud curva	180.000m		

2.3.4 Coordinación entre Alineamiento horizontal y vertical

Existen tres aspectos que se deben considerar en el alineamiento horizontal y vertical de una vía los cuales deben tratar de ser coordinados, la seguridad, velocidad uniforme y apariencia agradable, para ello se debe hacer coincidir los PI y PIV's, también es recomendable no comenzar o finalizar una curva horizontal en una cresta vertical para eliminar esto hay que diseñar curvas horizontales mayores a las verticales, tampoco se recomienda diseñar curvas reversas que provoquen pérdidas de visibilidad en ciertos tramos de la vía.

A continuación veremos los casos de coordinación entre el alineamiento y pendiente indicados por la AASHTO.

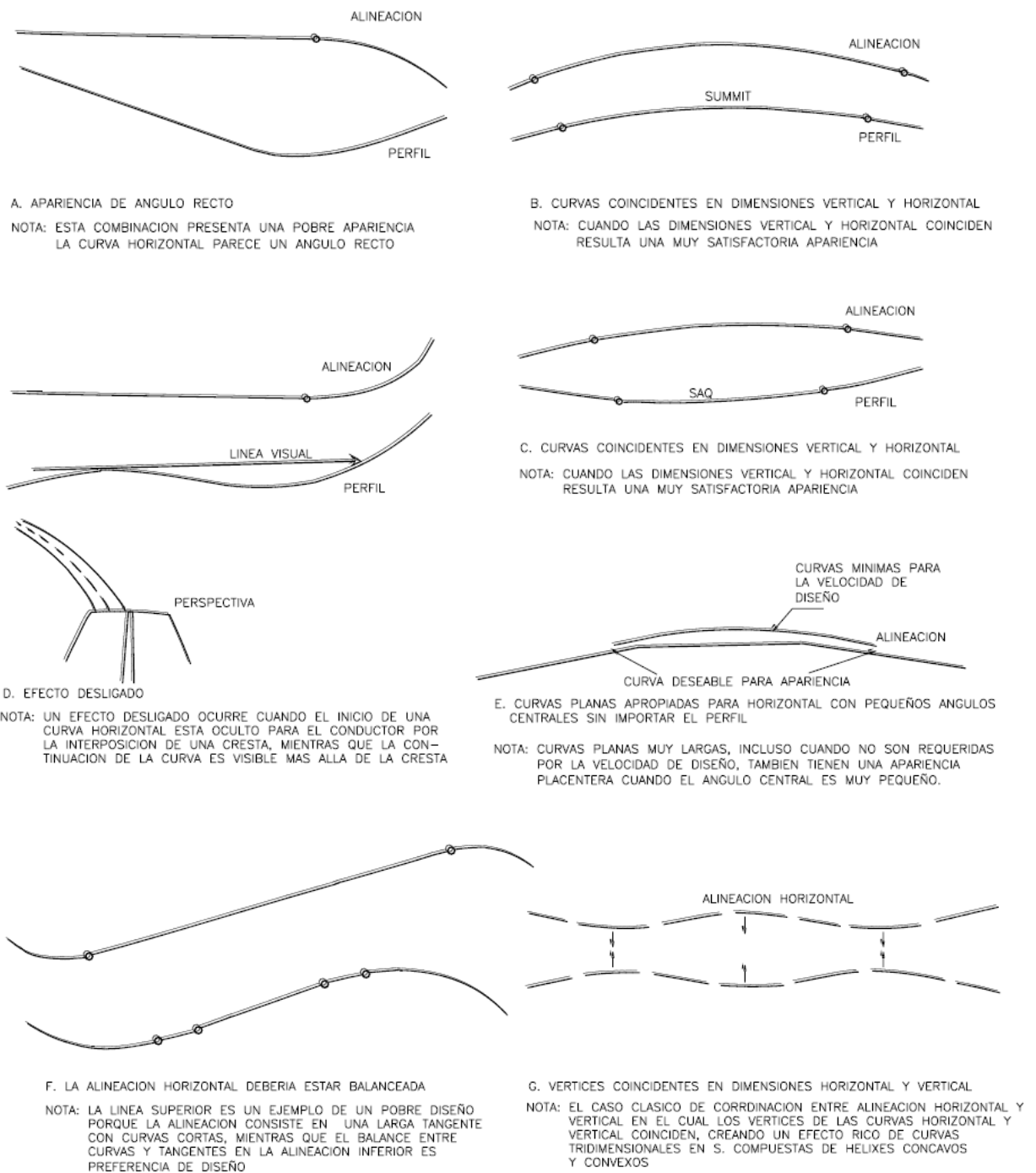


Figura 10. Ejemplos de coordinación entre alineamiento y pendiente AASHTO

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), pp. 147

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

2.3.5 Diseño geométrico transversal secciones.

El diseño Geométrico Transversal consiste en la ubicación y dimensiones de los elementos que forman una carretera. De esta manera se podrá fijar la rasante y el ancho que ocupara la futura carretera, de esta manera se podrá estimar el área y volúmenes de Tierra a mover. (James Grisales, 2002).

2.3.5.1 Elementos que integran la sección transversal

Según James Grisales, Geométricamente un sección está compuesto por los siguientes elementos como nos muestra la Figura 11.

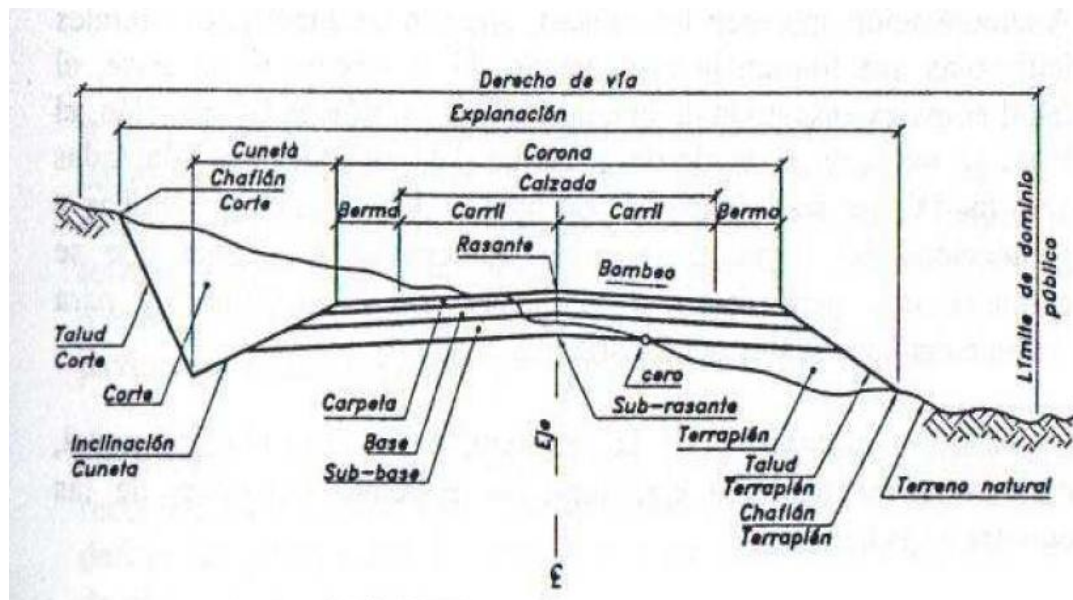


Figura 11. Elementos que integran la sección transversal

Fuente: (Grisales, 2004) pp. 350

Elaboración: (Grisales, 2004)

2.3.5.1.1 Calzada

Para el ancho de la calzada vamos asumir un valor de 6m que es un valor establecido para vías Tipo C3 como es nuestro caso con carriles de 3m en cada dirección.

2.3.5.1.2 Bombeo

Puesto que se va diseñar con pavimento flexible es el caso del proyecto vamos a trabajar con un bombeo del 2%.

2.3.5.1.3 Espaldones

Este elemento de la sección transversal cumple varias funciones como es el de brindar una sensación de amplitud para la circulación segura, aumentar la distancia de visibilidad en curvas horizontales, espacio para colocar señales de tránsito, ayuda a reducir la infiltración en la carpeta de rodadura, brinda una mejor apariencia a la vía, sirve para estacionar el vehículo de una manera temporal a fin de evitar accidentes.

El ancho de Espaldones está dado por Tabla 23 con un valor de 0.60m a cada lado de la calzada.

Tabla 23. Ancho de espaldones

VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES (Metros)						
Clase de Carretera	Ancho de Espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)
R-I o R-II > 8000 TPDA	3,0 *	3,0 *	2,5 *	3	3,0 *	2,0 *
I 3000 a 8000 TPDA	2,5 *	2,5 *	2,0 *	2,5 **	2,0 **	1,5 **
II 1000 a 3000 TPDA	2,5 *	2,5 *	1,5 *	2,5	2,0	1,5
III 300 a 1000 TPDA	2,0 **	1,5 **	1,0 *	1,5	1,0	0,5
IV 100 a 300 TPDA	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V Menos de 100 TPDA	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal)					
L = Terreno Llano O = Terreno Ondulado M = Terreno Montañoso						
* 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. (ver nota 5/ del cuadro general de calificación)						

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), pp. 233

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

2.3.5.1.4 Taludes interiores y cunetas

Los taludes y las cunetas serán tratados en el capítulo referente al diseño de drenaje de la carretera.

2.3.6 Cubicación

La cubicación sirve para estimar la cantidad de material que se excavara o que será utilizado como terraplenes, además este valor es muy influyente dentro del presupuesto al repercutir de un 20% al 30% en el mismo.

2.3.6.1 Talud

Para terrenos montañosos y escarpado se recomienda diseñar con respecto al tipo de suelo tomando en consideración que en las curvas horizontales una adecuada distancia de visibilidad. El talud que se va realizar en el presente proyecto se representa en la siguiente figura.

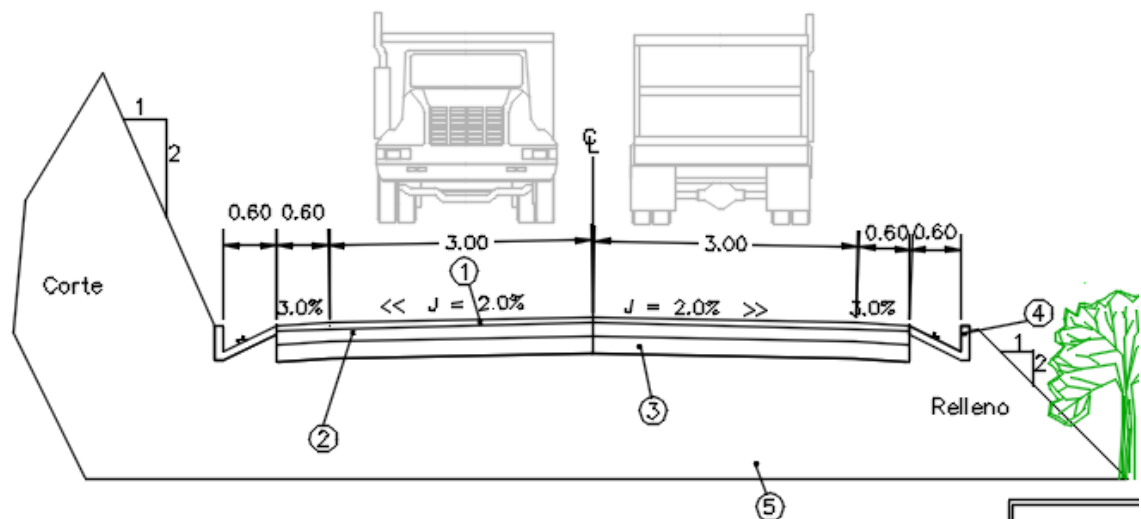


Figura 12. Representación gráfica del talud de corte y relleno.

Fuente: AutoCAD civil 3D

Elaboración: Autor

2.3.7.2 Calculo de áreas

Para realizar el cálculo de los elementos de la sección transversal se utilizó la herramienta de modelación de archivos CAD, AutoCAD Civil 3D, la cual analiza la información automáticamente y nos realiza el dibujo automáticamente de cuándo debe hacerse corte o relleno.

A más de este programa se pueden utilizar otros métodos que se describen a continuación (Agudelo Ospina, 2002)

- Por planímetro
- Por coordenadas
- Por triangulación y/o trapecios (método gráfico)
- Por chaflanes

Más detalle de estos métodos los podemos encontrar en libros especializados en temas de cálculo de secciones.

2.3.7.3 Tipos de secciones a lo largo de la vía

En nuestra vía en diseño encontramos las siguientes tipos de secciones:

Tabla 24. Secciones que se encuentran en la vía

Sección de corte	Sección de relleno	Sección mixta
desde la 0+000 hasta 0+090	en la 0+210	desde la 0+100 hasta 0+120
desde la 0+130 hasta 0+200	desde la 0+420 hasta 0+430	desde la 0+440 hasta 0+450
desde la 0+220 hasta 0+410	desde la 0+950 hasta 1+020	en la 0+540
desde la 0+460 hasta 0+530	desde la 1+720 hasta 1+860	desde la 0+560 hasta 0+570
en la 0+550	desde la 2+230 hasta 2+280	desde la 0+770 hasta 0+810
desde la 0+580 hasta 0+760		desde la 0+930 hasta 0+940
desde la 0+820 hasta 0+920		en la 1+030
desde la 1+040 hasta 1+150		desde la 1+160 hasta 1+200
desde la 1+210 hasta 1+700		en la 0+710
desde la 1+890 hasta 2+090		desde la 1+870 hasta 1+880
desde la 2+120 hasta 2+210		desde la 2+100 hasta 2+110
desde la 2+290 hasta 2+490		en la 2+220

Elaboración: Jorge Auquilla

Fecha: Marzo 2016

2.3.7.3 Determinación de volúmenes

Para el cálculo de estos volúmenes se hace uso de la herramienta informática AutoCAD CIVIL 3D cuya exactitud está en función de la calidad de la topografía utilizada.

2.3.7.4 Resumen de Cálculo de área y Volumen

MEMORIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

ESTACION	AREA DE CORTE m2	VOLUMEN DE CORTE m3	AREA DE RELLENO m2	VOLUMEN DE RELLENO m3	VOLUMEN DE CORTE ACUMULADO m3	VOLUMEN DE RELLENO ACUMULADO m3	VOLUMEN NETO ACUMULADO m3
0+000.000	4.60	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.000	7.34	59.23	0.00	3.55	59.23	3.55	55.68
0+020.000	9.01	77.10	0.00	0.00	136.33	3.55	132.79
0+030.000	19.78	138.41	0.00	0.00	274.74	3.55	271.20
0+040.000	34.23	264.30	0.00	0.00	539.04	3.55	535.50
0+050.000	36.73	351.19	0.00	0.00	890.23	3.55	886.68
0+060.000	36.60	367.53	0.00	0.00	1257.76	3.55	1254.21
0+070.000	37.52	377.65	0.00	0.00	1635.41	3.55	1631.86
0+080.000	31.75	351.15	0.00	0.00	1986.56	3.55	1983.02
0+090.000	29.61	306.81	0.00	0.00	2293.38	3.55	2289.83
0+100.000	8.28	182.58	5.97	31.43	2475.96	34.97	2440.98
0+110.000	0.71	35.38	43.35	323.78	2511.34	358.76	2152.58
0+120.000	0.27	3.80	10.76	346.29	2515.14	705.05	1810.09
0+130.000	15.64	82.16	0.00	59.00	2597.30	764.05	1833.25
0+140.000	53.90	363.72	0.00	0.00	2961.02	764.05	2196.97
0+150.000	49.56	518.62	0.00	0.00	3479.64	764.05	2715.59
0+160.000	36.84	431.98	0.00	0.00	3911.62	764.05	3147.57
0+170.000	42.89	398.63	0.00	0.00	4310.25	764.05	3546.20
0+180.000	41.43	421.58	0.00	0.00	4731.83	764.05	3967.78
0+190.000	27.98	347.04	0.00	0.00	5078.87	764.05	4314.82
0+200.000	12.03	200.04	0.00	0.00	5278.92	764.05	4514.87
0+210.000	0.00	60.14	9.16	45.79	5339.06	809.84	4529.22
0+220.000	4.13	20.14	0.00	46.51	5359.20	856.35	4502.86
0+230.000	32.88	186.27	0.00	0.00	5545.47	856.35	4689.12
0+240.000	34.02	337.67	0.00	0.00	5883.14	856.35	5026.79
0+250.000	50.27	426.16	0.00	0.00	6309.30	856.35	5452.96
0+260.000	50.35	508.65	0.00	0.00	6817.95	856.35	5961.61
0+270.000	44.38	477.13	0.00	0.00	7295.08	856.35	6438.73
0+280.000	37.36	411.30	0.00	0.00	7706.38	856.35	6850.03
0+290.000	26.07	318.90	0.00	0.00	8025.28	856.35	7168.93

0+300.000	32.14	293.22	0.00	0.00	8318.49	856.35	7462.15
0+310.000	49.71	413.31	0.00	0.00	8731.80	856.35	7875.45
0+320.000	59.94	548.55	0.00	0.00	9280.35	856.35	8424.00
0+330.000	55.26	575.97	0.00	0.00	9856.32	856.35	8999.97
0+340.000	55.21	552.32	0.00	0.00	10408.64	856.35	9552.29
0+350.000	49.79	521.27	0.00	0.00	10929.91	856.35	10073.56
0+360.000	38.59	430.61	0.00	0.00	11360.52	856.35	10504.17
0+370.000	41.14	389.72	0.00	0.00	11750.24	856.35	10893.89
0+380.000	54.13	476.17	0.00	0.00	12226.41	856.35	11370.06
0+390.000	73.59	658.78	0.00	0.00	12885.19	856.35	12028.84
0+400.000	64.91	726.74	0.00	0.00	13611.93	856.35	12755.58
0+410.000	29.43	471.73	0.00	0.00	14083.66	856.35	13227.31
0+420.000	0.00	147.17	14.52	72.59	14230.83	928.94	13301.89
0+430.000	0.00	0.00	11.51	130.14	14230.83	1059.07	13171.76
0+440.000	0.88	4.40	6.92	92.15	14235.22	1151.22	13084.00
0+450.000	4.13	25.06	0.31	36.15	14260.28	1187.38	13072.90
0+460.000	18.22	111.74	0.00	1.55	14372.02	1188.93	13183.09
0+470.000	35.69	269.54	0.00	0.00	14641.56	1188.93	13452.64
0+480.000	50.66	427.80	0.00	0.00	15069.36	1188.93	13880.44
0+490.000	53.01	508.85	0.00	0.00	15578.21	1188.93	14389.29
0+500.000	71.05	623.27	0.00	0.00	16201.49	1188.93	15012.56
0+510.000	83.50	806.03	0.00	0.00	17007.52	1188.93	15818.60
0+520.000	67.50	804.09	0.00	0.00	17811.61	1188.93	16622.68
0+530.000	19.69	445.84	0.00	0.00	18257.45	1188.93	17068.53
0+540.000	19.02	193.53	3.28	16.39	18450.98	1205.32	17245.66
0+550.000	20.61	198.11	0.00	16.39	18649.10	1221.72	17427.38
0+560.000	7.46	140.34	3.22	16.12	18789.43	1237.83	17551.60
0+570.000	14.76	111.12	2.73	29.78	18900.55	1267.61	17632.94
0+580.000	40.75	274.36	0.00	14.13	19174.91	1281.75	17893.16
0+590.000	68.73	527.54	0.00	0.00	19702.45	1281.75	18420.70
0+600.000	112.99	896.44	0.00	0.00	20598.88	1281.75	19317.14
0+610.000	167.30	1460.14	0.00	0.00	22059.02	1281.75	20777.28
0+620.000	187.72	1953.61	0.00	0.00	24012.63	1281.75	22730.89
0+630.000	193.41	1938.21	0.00	0.00	25950.84	1281.75	24669.10
0+640.000	180.81	1871.11	0.00	0.00	27821.95	1281.75	26540.21
0+650.000	162.07	1714.41	0.00	0.00	29536.37	1281.75	28254.62
0+660.000	148.73	1554.00	0.00	0.00	31090.36	1281.75	29808.62
0+670.000	146.88	1478.06	0.00	0.00	32568.43	1281.75	31286.68
0+680.000	141.49	1441.86	0.00	0.00	34010.29	1281.75	32728.54
0+690.000	134.81	1381.50	0.00	0.00	35391.79	1281.75	34110.04
0+700.000	114.36	1245.87	0.00	0.00	36637.65	1281.75	35355.90
0+710.000	80.55	967.77	0.00	0.00	37605.42	1281.75	36323.67
0+720.000	74.69	755.36	0.00	0.00	38360.78	1281.75	37079.03
0+730.000	69.00	702.62	0.00	0.00	39063.40	1281.75	37781.65
0+740.000	57.33	621.26	0.00	0.00	39684.66	1281.75	38402.92

0+750.000	36.65	462.79	0.00	0.00	40147.45	1281.75	38865.70
0+760.000	15.55	256.28	0.00	0.00	40403.73	1281.75	39121.99
0+770.000	4.98	99.94	2.65	14.08	40503.67	1295.82	39207.85
0+780.000	2.10	34.54	7.87	54.08	40538.21	1349.90	39188.31
0+790.000	2.27	21.84	6.77	73.20	40560.05	1423.10	39136.95
0+800.000	1.68	19.73	9.16	79.62	40579.78	1502.72	39077.06
0+810.000	2.61	18.81	2.38	66.46	40598.59	1569.19	39029.41
0+820.000	15.55	83.60	0.00	14.44	40682.19	1583.63	39098.56
0+830.000	39.86	272.44	0.00	0.00	40954.64	1583.63	39371.01
0+840.000	103.36	769.52	0.00	0.00	41724.15	1583.63	40140.52
0+850.000	116.03	1123.44	0.00	0.00	42847.59	1583.63	41263.96
0+860.000	127.67	1218.48	0.00	0.00	44066.07	1583.63	42482.44
0+870.000	122.76	1244.84	0.00	0.00	45310.91	1583.63	43727.28
0+880.000	94.49	1065.18	0.00	0.00	46376.09	1583.63	44792.46
0+890.000	78.18	840.79	0.00	0.00	47216.88	1583.63	45633.25
0+900.000	45.23	594.46	0.00	0.00	47811.34	1583.63	46227.71
0+910.000	26.03	336.54	0.00	0.00	48147.88	1583.63	46564.25
0+920.000	16.32	210.31	0.00	0.00	48358.19	1583.63	46774.56
0+930.000	4.43	103.72	3.55	17.76	48461.91	1601.39	46860.52
0+940.000	0.21	23.16	20.50	120.28	48485.08	1721.67	46763.40
0+950.000	0.00	1.03	27.09	237.99	48486.11	1959.67	46526.44
0+960.000	0.00	0.00	29.71	290.36	48486.11	2250.03	46236.08
0+970.000	0.00	0.00	27.13	290.94	48486.11	2540.97	45945.14
0+980.000	0.11	0.53	23.98	259.33	48486.64	2800.30	45686.34
0+990.000	0.00	0.54	37.05	305.16	48487.18	3105.46	45381.72
1+000.000	0.00	0.00	41.90	394.79	48487.18	3500.25	44986.93
1+010.000	0.00	0.00	45.39	436.47	48487.18	3936.72	44550.45
1+020.000	0.00	0.00	23.68	345.37	48487.18	4282.10	44205.08
1+030.000	2.79	11.43	2.01	145.94	48498.61	4428.04	44070.57
1+040.000	28.83	150.83	0.00	12.48	48649.45	4440.52	44208.93
1+050.000	73.02	513.48	0.00	0.00	49162.92	4440.52	44722.40
1+060.000	143.93	1181.89	0.00	0.00	50344.81	4440.52	45904.29
1+070.000	172.96	1667.95	0.00	0.00	52012.77	4440.52	47572.24
1+080.000	163.68	1683.22	0.00	0.00	53695.99	4440.52	49255.46
1+090.000	160.63	1621.58	0.00	0.00	55317.57	4440.52	50877.05
1+100.000	135.48	1480.56	0.00	0.00	56798.13	4440.52	52357.61
1+110.000	113.49	1244.84	0.00	0.00	58042.97	4440.52	53602.45
1+120.000	85.69	995.89	0.00	0.00	59038.86	4440.52	54598.33
1+130.000	66.24	759.65	0.00	0.00	59798.51	4440.52	55357.98
1+140.000	49.68	579.62	0.00	0.00	60378.13	4440.52	55937.61
1+150.000	25.22	374.51	0.00	0.00	60752.64	4440.52	56312.12
1+160.000	7.26	153.36	5.20	28.59	60906.00	4469.11	56436.89
1+170.000	4.60	53.77	6.82	67.77	60959.77	4536.89	56422.88
1+180.000	0.97	25.15	12.64	108.81	60984.92	4645.70	56339.22
1+190.000	0.85	8.08	29.31	244.05	60993.00	4889.75	56103.24

1+200.000	0.56	6.01	22.53	315.25	60999.01	5205.01	55794.00
1+210.000	19.44	92.64	0.00	135.86	61091.65	5340.87	55750.78
1+220.000	71.52	447.58	0.00	0.00	61539.23	5340.87	56198.36
1+230.000	109.44	940.29	0.00	0.00	62479.51	5340.87	57138.65
1+240.000	148.84	1357.58	0.00	0.00	63837.10	5340.87	58496.23
1+250.000	195.71	1722.77	0.00	0.00	65559.87	5340.87	60219.00
1+260.000	197.48	1965.97	0.00	0.00	67525.84	5340.87	62184.97
1+270.000	174.10	1857.91	0.00	0.00	69383.75	5340.87	64042.88
1+280.000	144.55	1593.26	0.00	0.00	70977.00	5340.87	65636.13
1+290.000	131.33	1379.40	0.00	0.00	72356.40	5340.87	67015.53
1+300.000	139.98	1471.45	0.00	0.00	73827.85	5340.87	68486.98
1+310.000	115.48	1664.35	0.00	0.00	75492.20	5340.87	70151.33
1+320.000	52.87	1009.75	0.00	0.00	76501.95	5340.87	71161.08
1+330.000	16.36	332.65	0.00	0.00	76834.60	5340.87	71493.73
1+340.000	0.46	80.65	7.07	38.69	76915.25	5379.55	71535.70
1+350.000	10.91	55.64	0.00	38.69	76970.89	5418.24	71552.65
1+360.000	37.72	240.83	0.00	0.00	77211.72	5418.24	71793.48
1+370.000	80.99	594.17	0.00	0.00	77805.89	5418.24	72387.65
1+380.000	110.69	958.11	0.00	0.00	78764.00	5418.24	73345.76
1+390.000	147.90	1302.30	0.00	0.00	80066.30	5418.24	74648.06
1+400.000	165.10	1588.78	0.00	0.00	81655.08	5418.24	76236.84
1+410.000	160.64	1658.23	0.00	0.00	83313.31	5418.24	77895.07
1+420.000	157.90	1592.74	0.00	0.00	84906.05	5418.24	79487.81
1+430.000	141.04	1494.73	0.00	0.00	86400.78	5418.24	80982.54
1+440.000	130.99	1360.15	0.00	0.00	87760.93	5418.24	82342.69
1+450.000	109.37	1201.76	0.00	0.00	88962.69	5418.24	83544.45
1+460.000	101.91	1056.39	0.00	0.00	90019.09	5418.24	84600.85
1+470.000	102.47	1021.91	0.00	0.00	91041.00	5418.24	85622.76
1+480.000	102.19	1018.97	0.00	0.00	92059.97	5418.24	86641.73
1+490.000	101.64	1012.31	0.00	0.00	93072.28	5418.24	87654.04
1+500.000	99.20	1005.38	0.00	0.00	94077.66	5418.24	88659.42
1+510.000	97.68	1001.28	0.00	0.00	95078.94	5418.24	89660.70
1+520.000	62.66	819.75	0.00	0.00	95898.69	5418.24	90480.45
1+530.000	28.96	458.07	0.00	0.00	96356.75	5418.24	90938.51
1+540.000	19.43	241.92	0.00	0.00	96598.67	5418.24	91180.43
1+550.000	18.73	190.79	0.00	0.00	96789.46	5418.24	91371.23
1+560.000	9.60	139.97	0.00	0.00	96929.43	5418.24	91511.19
1+570.000	6.79	78.11	0.15	0.82	97007.54	5419.06	91588.47
1+580.000	12.70	93.18	0.00	0.82	97100.72	5419.89	91680.84
1+590.000	20.80	161.87	0.00	0.00	97262.59	5419.89	91842.70
1+600.000	31.06	257.15	0.00	0.00	97519.74	5419.89	92099.85
1+610.000	72.54	525.23	0.00	0.00	98044.97	5419.89	92625.09
1+620.000	112.67	944.29	0.00	0.00	98989.26	5419.89	93569.38
1+630.000	147.46	1334.26	0.00	0.00	100323.52	5419.89	94903.64
1+640.000	180.36	1697.06	0.00	0.00	102020.58	5419.89	96600.69

1+650.000	191.76	1948.67	0.00	0.00	103969.25	5419.89	98549.36
1+660.000	108.67	1529.10	0.00	0.00	105498.35	5419.89	100078.46
1+670.000	88.02	983.48	0.00	0.00	106481.83	5419.89	101061.95
1+680.000	54.60	713.11	0.00	0.00	107194.94	5419.89	101775.05
1+690.000	37.24	459.20	0.00	0.00	107654.14	5419.89	102234.25
1+700.000	35.01	361.23	0.00	0.00	108015.37	5419.89	102595.48
1+710.000	3.20	185.57	3.94	20.54	108200.93	5440.42	102760.51
1+720.000	0.00	15.32	28.46	168.24	108216.25	5608.66	102607.59
1+730.000	0.00	0.00	48.97	399.21	108216.25	6007.87	102208.38
1+740.000	0.00	0.00	58.06	546.54	108216.25	6554.41	101661.85
1+750.000	0.00	0.00	47.37	532.02	108216.25	7086.43	101129.82
1+760.000	0.00	0.00	37.52	424.46	108216.25	7510.89	100705.36
1+770.000	0.02	0.09	41.29	394.04	108216.35	7904.93	100311.41
1+780.000	0.00	0.09	40.72	410.08	108216.44	8315.01	99901.43
1+790.000	0.00	0.00	50.03	453.77	108216.44	8768.78	99447.66
1+800.000	0.00	0.00	43.60	468.16	108216.44	9236.93	98979.51
1+810.000	0.00	0.00	39.90	417.51	108216.44	9654.44	98562.00
1+820.000	0.00	0.00	36.40	381.49	108216.44	10035.94	98180.51
1+830.000	0.00	0.00	30.97	327.72	108216.44	10363.66	97852.78
1+840.000	0.00	0.00	30.03	296.28	108216.44	10659.93	97556.51
1+850.000	0.00	0.00	17.53	231.96	108216.44	10891.90	97324.54
1+860.000	0.32	1.66	10.51	138.11	108218.10	11030.00	97188.10
1+870.000	2.42	13.02	0.91	60.68	108231.12	11090.68	97140.44
1+880.000	5.60	38.86	0.46	7.54	108269.97	11098.23	97171.75
1+890.000	9.89	76.36	0.00	2.46	108346.34	11100.68	97245.65
1+900.000	14.22	120.57	0.00	0.00	108466.91	11100.68	97366.23
1+910.000	16.23	152.24	0.00	0.00	108619.16	11100.68	97518.47
1+920.000	19.02	176.23	0.00	0.00	108795.39	11100.68	97694.70
1+930.000	27.30	231.61	0.00	0.00	109027.00	11100.68	97926.32
1+940.000	26.91	273.06	0.00	0.00	109300.06	11100.68	98199.37
1+950.000	39.74	336.25	0.00	0.00	109636.31	11100.68	98535.62
1+960.000	40.07	403.06	0.00	0.00	110039.37	11100.68	98938.68
1+970.000	26.48	336.27	0.00	0.00	110375.64	11100.68	99274.95
1+980.000	33.75	304.05	0.00	0.00	110679.69	11100.68	99579.01
1+990.000	47.27	406.84	0.00	0.00	111086.54	11100.68	99985.85
2+000.000	66.15	567.10	0.00	0.00	111653.64	11100.68	100552.95
2+010.000	75.86	708.65	0.00	0.00	112362.29	11100.68	101261.60
2+020.000	77.95	765.87	0.00	0.00	113128.16	11100.68	102027.48
2+030.000	70.05	735.27	0.00	0.00	113863.43	11100.68	102762.75
2+040.000	66.81	682.95	0.00	0.00	114546.38	11100.68	103445.69
2+050.000	51.57	591.91	0.00	0.00	115138.28	11100.68	104037.60
2+060.000	45.24	484.05	0.00	0.00	115622.34	11100.68	104521.65
2+070.000	33.89	395.66	0.00	0.00	116018.00	11100.68	104917.31
2+080.000	25.92	299.48	0.00	0.00	116317.48	11100.68	105216.79
2+090.000	19.89	229.04	0.00	0.00	116546.51	11100.68	105445.83

2+100.000	6.08	128.81	1.22	6.31	116675.33	11106.99	105568.34
2+110.000	7.82	68.97	0.03	6.33	116744.30	11113.32	105630.98
2+120.000	6.91	73.67	0.00	0.13	116817.97	11113.45	105704.52
2+130.000	12.27	95.90	0.00	0.00	116913.87	11113.45	105800.42
2+140.000	17.73	149.98	0.00	0.00	117063.85	11113.45	105950.40
2+150.000	17.02	173.73	0.00	0.00	117237.59	11113.45	106124.14
2+160.000	11.23	141.22	0.00	0.00	117378.81	11113.45	106265.36
2+170.000	8.49	98.59	0.00	0.00	117477.40	11113.45	106363.95
2+180.000	9.60	90.46	0.00	0.00	117567.86	11113.45	106454.41
2+190.000	10.02	98.10	0.00	0.00	117665.96	11113.45	106552.51
2+200.000	1.79	59.05	0.00	0.00	117725.01	11113.45	106611.55
2+210.000	3.44	26.31	0.00	0.00	117751.31	11113.45	106637.86
2+220.000	0.37	19.24	1.18	5.70	117770.56	11119.15	106651.40
2+230.000	0.00	1.95	5.69	32.97	117772.51	11152.13	106620.39
2+240.000	0.00	0.00	15.06	100.77	117772.51	11252.89	106519.62
2+250.000	0.00	0.00	30.02	220.01	117772.51	11472.90	106299.61
2+260.000	0.00	0.00	53.47	406.69	117772.51	11879.59	105892.92
2+270.000	0.00	0.00	22.10	365.64	117772.51	12245.23	105527.28
2+280.000	0.13	0.70	4.86	128.95	117773.21	12374.18	105399.04
2+290.000	4.73	25.11	0.00	23.63	117798.32	12397.81	105400.51
2+300.000	11.71	82.22	0.00	0.00	117880.54	12397.81	105482.73
2+310.000	17.29	144.36	0.00	0.00	118024.90	12397.81	105627.09
2+320.000	16.85	169.56	0.00	0.00	118194.46	12397.81	105796.65
2+330.000	13.05	148.97	0.00	0.00	118343.44	12397.81	105945.62
2+340.000	9.93	114.22	0.00	0.00	118457.66	12397.81	106059.85
2+350.000	3.69	67.23	0.00	0.00	118524.89	12397.81	106127.08
2+360.000	5.25	43.67	0.11	0.61	118568.56	12398.42	106170.15
2+370.000	11.91	84.92	0.00	0.59	118653.48	12399.01	106254.47
2+380.000	5.49	87.02	0.00	0.00	118740.50	12399.01	106341.49
2+390.000	12.61	90.49	0.00	0.00	118830.98	12399.01	106431.98
2+400.000	17.64	151.23	0.00	0.00	118982.21	12399.01	106583.20
2+410.000	18.04	179.78	0.00	0.00	119161.99	12399.01	106762.98
2+420.000	19.10	187.68	0.00	0.00	119349.67	12399.01	106950.66
2+430.000	20.33	198.07	0.00	0.00	119547.74	12399.01	107148.73
2+440.000	17.68	190.48	0.00	0.00	119738.22	12399.01	107339.21
2+450.000	16.11	169.34	0.00	0.00	119907.56	12399.01	107508.55
2+460.000	10.78	134.63	0.00	0.00	120042.18	12399.01	107643.17
2+470.000	7.82	93.02	0.00	0.00	120135.20	12399.01	107736.19
2+480.000	2.37	50.97	0.00	0.00	120186.17	12399.01	107787.17
2+490.000	3.24	28.07	0.00	0.00	120214.24	12399.01	107815.23
2+491.588	21077.73	16740.48	0.00	0.00	136954.72	12399.01	124555.71

Capítulo 3

3. Diseño de pavimento flexible

3.1 Introducción

Al pavimento se lo define como la estructura en capas que descansa sobre el terreno de cimentación que soporta la carga de los vehículos, la calidad es de gran importancia ya que permite seguridad, comodidad y evita el desgaste excesivo de los vehículos.

En el caso de nuestro proyecto se eligió el diseño a base de pavimento flexible ya que nuestra carretera es de tipo C3 donde no existe mucha demanda vehicular, los pavimentos se encuentran formados por capas, a continuación en la Figura 13 se presenta el esquema que presenta un pavimento flexible.

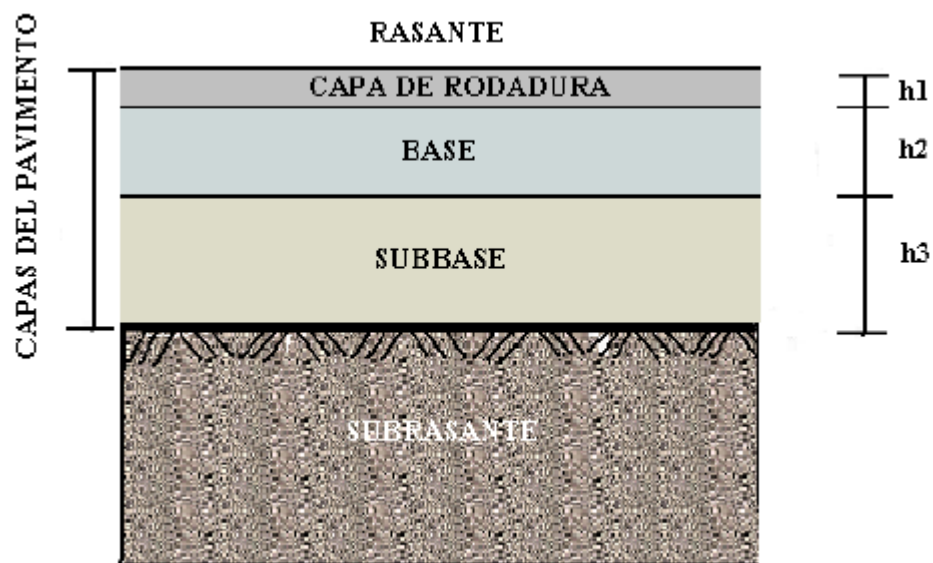


Figura 13. Estructura del pavimento Flexible

Fuente: ESPE, 2006

Elaboración: ESPE,

3.1.1 Método de diseño

El método más utilizado en el Diseño de pavimentos podemos mencionar el de la AASHTO 1993, de la Asociación Americana de Autoridades Estatales de carreteras y Transporte. La fórmula que utiliza para el diseño es la siguiente:

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} +$$

2.32 $\log_{10} M_R - 8.07$ Ecuación 23

Donde las variables dependientes son:

Wt18: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el período de diseño (n).

Z_R: Valor del desviador en una curva de distribución normal en función de la confiabilidad del diseño (R) o grado de confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

S_o: Desviación estándar del sistema en función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

ΔPSI: Pérdida de serviciabilidad (condición de servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la “planitud” (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (serviciabilidad inicial **P_o**) y su planitud al final del periodo de diseño (serviciabilidad final **P_t**).

M_R: Módulo resiliente de la subrasante y de las capas de base, sub-base granular, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

Y la variable dependiente es:

SN: Número estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

3.1.2 Información del diseño

3.1.2.1 Período de diseño.

Los pavimentos se diseñan considerando un periodo de diseño que indica el tiempo que pasará desde la construcción del pavimento hasta que llega a una serviciabilidad final, para el diseño se considera dos periodos de diseño según la configuración del pavimento escogido en condiciones verdaderas, estos dos tiempos son iguales. Para el presente proyecto se ha considerado un periodo de análisis de 20 años así como también lo recomienda la norma ecuatoriana vial, de 10 años con una etapa de repavimentación. (Tabla 25)

Tabla 25. Lapsos de diseño sugeridos

Tipo de facilidad vial	Periodo de (en años)	
	Análisis	Diseño
Urbana de alto volumen	30 - 50	15 - 20
Interurbana de alto volumen	20 - 50	15 - 20
De bajo Volumen		
Pavimentada con asfalto	15 - 25	5 - 12
Con rodamiento sin tratamiento (Base granular sin capa asfáltica)	10 - 20	5 - 8

Fuente: (Corredor M., 2010), pp. 3-6

Elaboración: (Corredor M., 2010)

3.1.3 Tráfico

Como se va a diseñar para dos etapas de 10 años cada una, se va a determinar cargas para los 10 y los 20 años, para esto vamos a utilizar el Método AASHTO-93 que determina las cargas equivalentes acumuladas (Wt18) en base al número de cargas de 80 kN acumuladas en el año de diseño.

3.1.3.1 Determinación de las cargas equivalentes acumuladas (Wt18)

Para determinar el (Wt18) utilizaremos la ecuación (24).

$$W_{t18} = \frac{TPDA_i + TPDA_f}{2} * FEI * FDC * FRS * 365 * n \text{Ecuación 24}$$

Dónde:

Wt18 = ejes equivalentes estándar (8,2 Tn)

TPDA_i = es el volumen de vehículos en el año 2016

TPDA_f = es el volumen de vehículos en el año 2026 (10 años de diseño) y 2036
(año final de análisis)

FE_i = factor de equivalencia de cargas “Factor camión”

FDC = factor de distribución de camiones por carril

n = número de años del período de diseño

FRS = factor de reparto del tránsito por sentido de circulación

3.1.3.1.1 Proceso de cálculo del número de ejes equivalentes estándar Wt18

Para la obtención del valor Wt18 se recurre a usar los factores de Equivalencia “FE_i” dados en tabla 26.

**Tabla 26. Factores Equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes
simples, pt = 2**

Carga p/eje		NÚMERO ESTRUCTURAL (SN) Expresado en (pulgadas y milímetros)					
(kips)	(kN)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
		25.4	50.8	76.2	101.6	127.0	152.4
2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	17.8	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	26.7	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	35.6	0.030	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	44.5	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	53.4	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	62.3	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	71.2	0.589	0.589	0.613	0.612	0.603	0.596
18	80.1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96

28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.4	10.40	10.00	9.20	8.60	8.70	9.20
32	142.3	14.00	13.50	12.40	11.50	11.50	12.10
34	151.2	18.50	17.90	16.30	15.00	14.90	15.60
36	160.1	24.20	23.30	21.20	19.30	19.00	19.90
38	169.0	31.10	29.90	27.10	24.60	24.00	25.10
40	177.9	39.60	38.00	34.30	30.90	30.00	31.20
42	186.8	49.70	47.70	43.00	38.60	37.20	38.50
44	195.7	61.80	59.30	53.40	47.60	45.70	47.10
46	204.6	76.10	73.00	65.60	58.30	55.70	57.00
48	213.5	92.90	89.10	80.00	70.90	67.30	68.60
50	222.4	113.00	108.00	97.00	86.00	81.00	82.00

Fuente: Curso de actualización de diseño estructural de caminos Método AASHTO '93-Septiembre1998

Estos factores se escogen en función del tipo de eje el cual puede ser simple, tándem o tridem, de un valor de serviciabilidad final “pt” y de un “SN” asumido, para esto seguimos el siguiente proceso.

- El valor de serviciabilidad final “pt” lo seleccionamos de la tabla 27 de acuerdo a la vía a diseñarse. En nuestro caso al tratarse de una vía Tipo C3 tomaremos un valor de $pt = 2$.

Tabla 27. Valores de serviciabilidad final recomendados

Tipo de configuración vial	pt
Autopistas urbanas y troncales de mucho trafico	3,0
Autopistas urbanas e interurbanas y troncales de trafico normal	2,5
Vías Locales, ramales, secundarias y agrícolas	2,0

Fuente: (Corredor M., 2010), pp. 3-6

Elaboración: (Corredor M., 2010), Jorge Auquilla

- Para la selección del número estructural “SN”, (Corredor, 2010) recomienda un valor inicial de 3, cuyo valor en pulgadas, en el primer periodo de diseño se cumple un $SN = 2.8787$ y para el segundo un $SN = 3.3031$ por tal razón el SN asumido se considera correcto.
- Para determinar los factores de equivalencia de carga “FEi” recurrimos a la tabla 26 de acuerdo al tipo de eje del vehículo, “pt” = 2 y el “SN” asumido como se

muestra en la tabla 28. Además tomando en consideración que 1 kip = 453,592 kg.

Tabla 28. Factor de equivalencia de cargas "Factor Camión"

Tipo de vehículo	TPDA %	Ejes	Tipo de eje	Peso p/eje		FEi	Carga Equivalente
				Ton	Kip		
Livianos 2D	83,186%	1	Simple	3	6,63	0,0192	0.015971712
		2	Simple	4	8,84	0,0560	0.04658416
Camiones 2DB	16,814%	1	Simple	7	15,47	0,5224	0.087836336
		2	Simple	11	24,31	38,660	6.5002924

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

- Para calcular el factor de distribución de vehículos pesados por carril "FDC" ocupamos la tabla 29. de acuerdo al número de carriles, para nuestro proyecto se tomó un valor FDC=50% para 2 carriles.

Tabla 29. Valores recomendados "FDC"

Nº Carriles (2 direcciones)	% Camiones en el carril de diseño
2	50
4	45 (35 - 48)
6 ó más	40 (25 - 48)

Fuente: (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006), cap. 6

Elaboración: (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006)

- Otro factor que se necesita para el cálculo es el factor de repartición por sentido "FRS", el cual se lo toma de la tabla 30, tomando en consideración el carril en una sola dirección, para el proyecto se escogió un FRS=100%.

Tabla 30. Valores recomendados del % ejes equivalentes en el carril de diseño

Nº carriles (1 dirección)	% Ejes equivalentes en el carril de diseño
1	100%
2	80% - 100%
3	60% - 80%
4	50% - 75%

Fuente: (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006), cap. 6

Elaboración: (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006)

- El Cálculo del valor de W_{t18} se muestra en la tabla 31 que se obtuvo mediante la utilización de la ecuación (24).

Tabla 31. Ejes equivalentes de cargas de diseño

Trafico	Periodo de diseño I (2016-2026)	Periodo de diseño II (2026-2036)
W_{t18}	265822	398947
W_{t18} acumulado	265822	664769

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

3.2.3 Confiabilidad

Este valor hace referencia a la confianza de que los valores calculados en el diseño sean iguales a los que actuarán verdaderamente en el pavimento.

AASHTO elaboró un cuadro (tabla 32), este contiene valores de confiabilidad que se toman de acuerdo al grado de servicio, hay que tomar en cuenta que mientras más alto se escoja este grado de confiabilidad “R” más espesor tendrá la capa del pavimento.

Para el diseño se tomó un $R=65\%$ que es valor promedio el tipo de vía C3.

Tabla 32. Niveles recomendados de confiabilidad “R”

Clasificación de la vía	Urbana	Rural
Autopistas	85 - 99,99	85 - 99,99
Troncales	80 - 99	75 - 95
Locales	80 - 95	75 - 95
Ramales y vías agrícolas	50 - 80	50 - 80

Fuente: (Corredor M., 2010), pp. 3-9

Elaboración: Autor

3.2.3.1 Elección del desviador “ZR”

Para obtener este valor se utiliza la Tabla 33 en función del nivel de confianza asumido, para nuestro proyecto se asumió un nivel de confianza del 65% para lo cual nos muestra la tabla que tendremos un $Z_R=-0.389$ se obtiene este valor mediante interpolación.

Tabla 33. Valores de ZR en función de la confiabilidad

Confiabilidad ®	ZR
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Fuente: (Corredor M., 2010), pp. 3-10

Elaboración: Autor

3.2.3.2 Desviación estándar del sistema (So)

Para el cálculo de este factor se utiliza la tabla 34. Para el proyecto en estudio se tomara un valor de $So=0,45$.

Tabla 34. Valores recomendados en la desviación estándar (So)

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 – 0,50 (0,45 recomendable)

Fuente: (Corredor M., 2010), pp. 3-10

Elaboración: Autor

3.2.4 Impacto del ambiente en el pavimento

Se refiere a la acción de la temperatura y la humedad sobre la resistencia, durabilidad, capacidad portante del pavimento y del suelo de soporte. (Corredor, 2010).

Para poder utilizar la formula dada por la AASHTO -93 tenemos que obtener el índice de servicapacidad, para lo cual se determina una servicapacidad inicial y una final.

Gustavo Corredor indica una servicapacidad inicial $P_o=4,2$ para pavimentos flexibles este valor se determinó en pruebas de la AASHTO.

Para servicapacidad final P_t , este es un valor que indica el nivel de servicio del pavimento, para este se recomienda que el valor no sea menos de 1,8 aunque el trafico sea bajo. Para la obtención de este valor se presenta la Tabla 35.

Tabla 35. Valores recomendables de servicapacidad final (P_t)

Configuración vial	Valores de servicapacidad final (P_t)
Autopistas urbanas y troncales con mucho trafico	2,5 – 3,0
Autopistas urbanas y troncales con trafico normal y autopistas interurbanas	2,0 – 2,5
Vías locales, ramales, secundarias y agrícolas	1,8 – 2,0

Fuente: (Corredor M., 2010), pp. 3-15

Elaboración: Autor

El valor para nuestro proyecto corresponde a $P_t = 2,0$ aplicando perdida de la servicapacidad inicial menos la servicapacidad final $\Delta PSI = P_o - P_t$ tenemos como resultado un valor de perdida de servicapacidad $= 4,2 - 2,0 = 2,2$.

3.3 Determinación de las propiedades de los materiales para el proceso de diseño de pavimentos flexibles

Para tomar en cuenta estas propiedades en el diseño de pavimento flexible se determina el valor del módulo elástico de los materiales o también llamado módulo resiliente.

3.3.1 Modulo resiliente del material de rasante (MR RASANTE.)

El método AASHTO indica 4 formas con la que se puede calcular el módulo resiliente, para en proyecto en análisis utilizaremos mediante el análisis en función de propiedades del material de subrasante como el CBR.

Para relacionar el módulo resiliente con el del CBR, se usó las siguientes ecuaciones que son recomendadas por el MTOP y el método de la AASHTO:

Para el presente proyecto utilizaremos la ecuación (25) que se utiliza para CBR cuyo material de sub-rasante sea igual o menor al 10%.

$$M_R = 1500 * CBR \quad \text{Ecuación 25}$$

En nuestro caso tenemos un CBR=4.5% (Figura 14) que es menor al 10% y ocupando la ecuación (25) nos da un módulo resiliente $MR=1500*4,5\%=6720 \text{ lb/pulg}^2$ (psi)

4.3.2 Elección del CBR de diseño

La elección del CBR de diseño debe moderarse según el percentil, el manual de caminos vecinales del MTOP recomienda un percentil del 75%.

El cálculo de este valor se presenta en la tabla 36 y la figura 14.

Tabla 36. Determinación del CBR de diseño

Calicata	ABS	CBR %	CBRs (m=>M)	Frecuencia	Percentil
1	0+050	5.00	3.70	5	100%
2	0+570	6.50	4.20	4	80%
3	1+020	6.50	5.00	3	60%
4	1+530	3.70	6.50	2	40%
5	2+020	4.20	6.50	1	20%

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

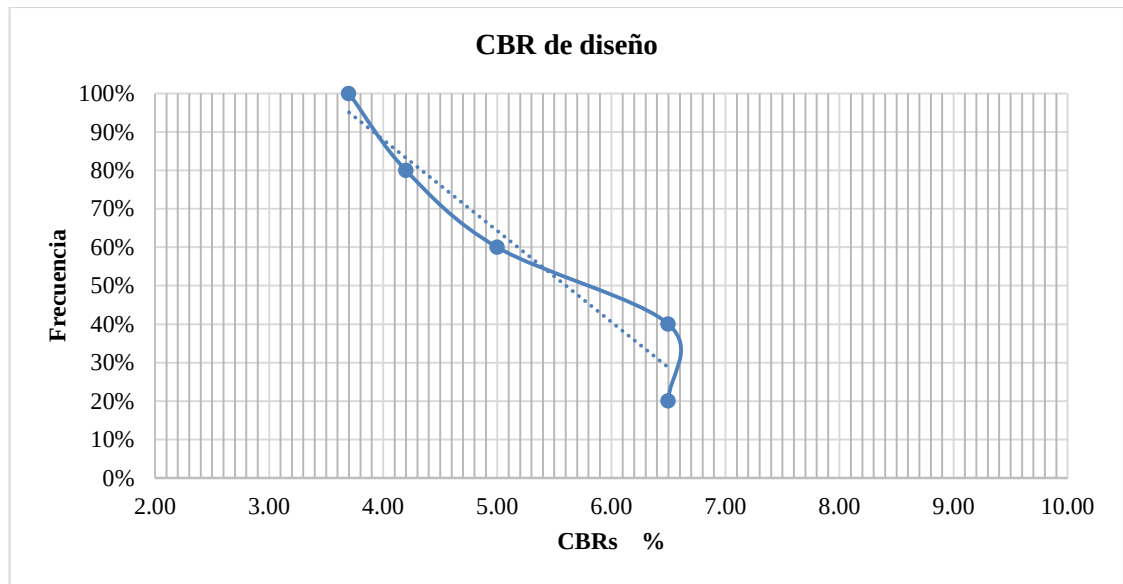


Figura 14. Graficación de CBR de diseño

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

El CBR de diseño es aquel que tiene una frecuencia del 75% en tendencia lineal, y que en función del gráfico resulta un CBR de 4,5%.

3.3.3 Módulo Resiliente sub-base, base y concreto asfáltico

Para encontrar el valor del módulo resiliente de estos elementos se utilizó la ecuación (26). Tomando datos del CBR obtenidos mediante la experiencia de profesionales y la utilización de valores que recomienda la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

$$M_R = 4,326 * \ln(CBR) + 241 \quad \text{Ecuación 26}$$

Para el CBR de la sub-base se optó por 40% ya que es un valor que posee este material en la provincia del Azuay, y usando este valor y aplicando la ecuación señalada tenemos un valor de resiliente de sub-base igual a $MR_{\text{SUB-BASE}} = 16199 \text{ lb/pulg}^2$.

Para el valor de CBR de la base nos acogimos al que indica la Norma de un 80%, aplicando este valor a la formula tenemos un $MR_{\text{BASE}} = 19198 \text{ lb/pulg}^2$.

De la misma manera para el concreto Asfáltico tenemos un CBR =266,67% y que resulta en un $MR_{\text{CONCRETO ASFÁLTICO}} = 24406 \text{ lb/pulg}^2$.

3.4 Diseño estructural del pavimento

3.4.1 Determinación del número estructural requerido

Para el cálculo del espesor de la carpeta de rodadura se lo hizo mediante la ecuación (23), tomando en consideración un SN asumido final igual a 3, este valor se utilizó tanto para sub-base, base y concreto asfáltico, la ilustración de los calores de cálculo se muestran en la tabla 37.

3.4.1.1 Número estructural de la Sub-Rasante

Tabla 37. Cálculo del SN estructural Sub-Rasante

	VARIABLES	=	VALOR
	ZR	=	-0.389
	So	=	0.45
	ΔPSI	=	2.2
	MR	=	6720
PERIODO DE DISEÑO I	W18	=	265822
	TERMINO A	=	5.4246
	TERMINO B	=	5.4246
	SN	=	2.4473
PERIODO DE DISEÑO II	W18	=	664769
	TERMINO A	=	5.8227
	TERMINO B	=	5.8227
	SN	=	2.8216

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

3.4.1.2 Número estructural de la Carpeta Asfáltica

Tabla 38. Número estructural SN carpeta asfáltica

	VARIABLES	=	VALOR
	ZR	=	-0.389
	So	=	0.45
	Δ PSI	=	2.2
	MR	=	400000
PERIODO DE DISEÑO I	W18	=	265822
	TERMINO A	=	5.4246
	TERMINO B	=	5.4246
	SN	=	0.2395
PERIODO DE DISEÑO II	W18	=	664769
	TERMINO A	=	5.8227
	TERMINO B	=	5.8227
	SN	=	0.3671

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

3.4.1.3 Número estructural de la base

Tabla 39. Número estructural SN base

	VARIABLES	=	VALOR
	ZR	=	-0.389
	So	=	0.45
	Δ PSI	=	2.2
	MR	=	19198
PERIODO DE DISEÑO I	W18	=	265822
	TERMINO A	=	5.4246
	TERMINO B	=	5.4246
	SN	=	1.6387
PERIODO DE DISEÑO II	W18	=	664769
	TERMINO A	=	5.8227
	TERMINO B	=	5.8227
	SN	=	1.9154

Elaboración: Jorge Auquilla (Excel)

Fecha: Marzo, 2016

3.4.1.4 Número estructural de la Sub-base

Tabla 40. Número estructural SN sub-base

	VARIABLES	=	VALOR
	ZR	=	-0.389
	So	=	0.45
	Δ PSI	=	2.2
	MR	=	16199
PERIODO DE DISEÑO I	W18	=	265822
	TERMINO A	=	5.4246
	TERMINO B	=	5.4246
	SN	=	1.7540
PERIODO DE DISEÑO II	W18	=	664769
	TERMINO A	=	5.8227
	TERMINO B	=	5.8227
	SN	=	2.04395

Elaboración: Jorge Auquilla (Excel)

Fecha: Marzo, 2016

3.5 Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica

Para la obtención de este coeficiente se tiene que obtener previamente el valor de estabilidad de Marshall en función del tráfico existente.

Para la vía en estudio se considera el tráfico en función de la Intensidad Media Diaria de vehículos Pesados (IMDP) indicados en la página IV-105 de las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes como se muestran a continuación. (Ministerio de Obras Públicas, 2012).

Tabla 41. Clasificación de tráfico

Tráfico	IMDP
Liviano	Menos de 50
Medio	50 a 200
Pesado	200 a 1000
Muy Pesado	Más de 1000

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2012), pp. IV-105

Elaboración: Autor

Al contar con un tráfico de vehículos pesados menores a 50 se escoge el tráfico liviano.

3.5.1 Capa asfáltica

La tabla 42. Muestran los criterios de Marshall recomendados de acuerdo al tipo de tráfico pesado que usará la carretera. Para nuestro proyecto asumiremos un promedio entre 1000 y 2400, lo que nos da un valor de 1700lb.

Tabla 42. Criterio de la estabilidad de Marshall

TIPO DE TRAFICO	Muy pesado		Pesado		Medio		Liviano	
CRITERIOS MARSHALL	min	Max	min	Max	min	Max	min	Max
Estabilidad (lb)	2200	-----	1800	-----	1200	-----	1000	2400

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2012), pp. IV-105

Elaboración: Autor

Después utilizaremos la Figura 15 de donde obtendremos el coeficiente estructural.

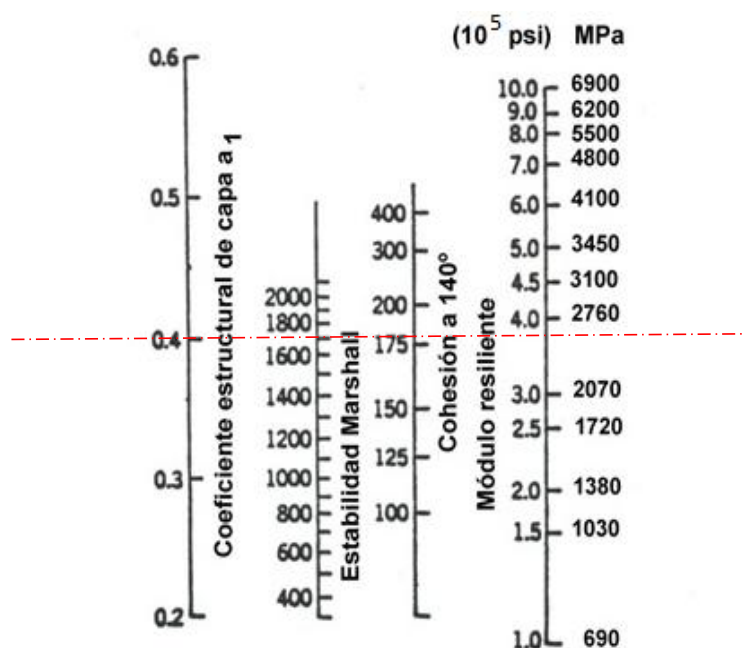


Figura 15. Coeficiente estructural de la capa asfáltica

Fuente: www.libro-pavimentos.blogspot.com (al día 10 de Marzo de 2016)

Con este determinamos un valor $a_1=0,4$.

3.5.2 Base

Se determina este valor mediante la utilización de la Figura 16. Utilizando un CBR= 80%

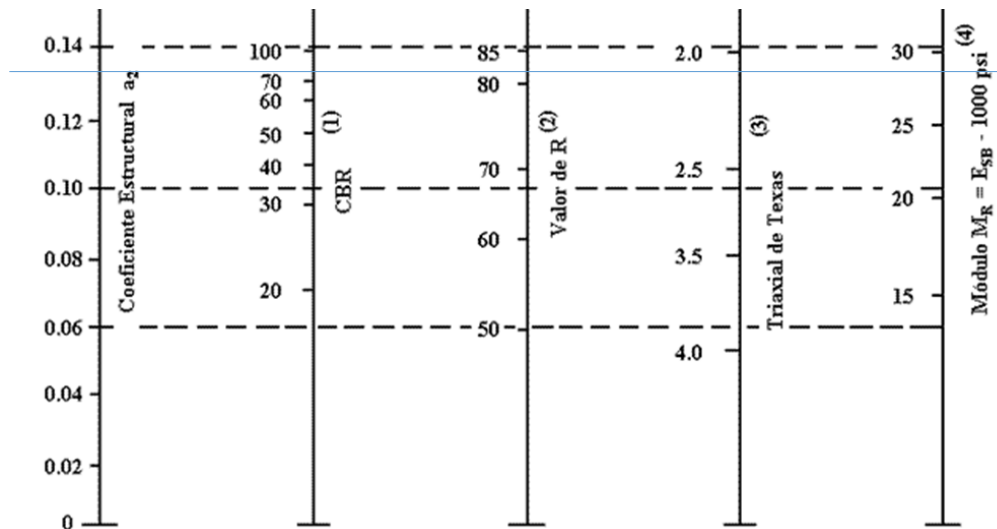


Figura 16. Coeficiente estructural de la capa Base a_2
Fuente: www.ingenierocivilinfo.com (al día 10 de Marzo de 2016)

Con la utilización de esta imagen se determinó un valor $a_2=0.132$

3.5.3 Sub-base

Para obtener el valor del coeficiente estructural a_3 de la capa de sub-base, se lo realiza mediante el valor del CBR el cual es del 40%.

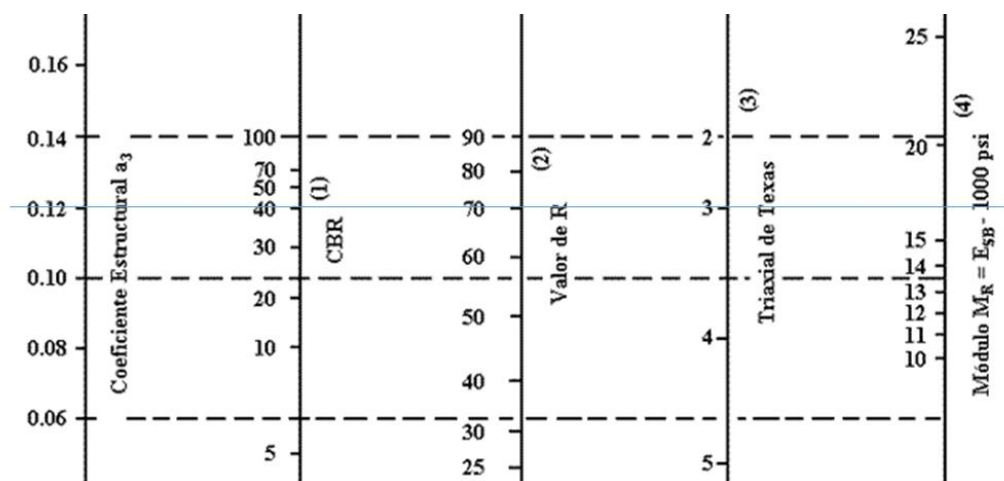


Figura 17. Coeficiente estructural de la capa Sub-base a_3
Fuente: www.ingenierocivilinfo.com (al día 10 de Marzo de 2016)

Se utiliza la figura 17 la cual nos da como resultado un valor del coeficiente estructural $a_3=0.12$

4.6 Coeficiente de drenaje

El método AASHTO-93 deja a criterio del profesional identificar la calidad de drenaje de la carpeta a diseñarse.

Tabla 43. Calidad de drenaje en función del tiempo de retención de humedad

Calidad de drenaje	Término para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no se drena

Fuente: (Siline & Abel, 2006)

Elaboración: Autor

La tabla 43 nos muestra la calidad de drenaje en función del tiempo de retención de humedad, mediante la misma tomaremos una calidad de drenaje Buena, la misma nos da un tiempo de remoción de agua de 1 día.

Una vez determinado la calidad de drenaje se obtiene los valores del coeficiente de drenaje recomendables para modificar los coeficientes estructurales de la base y sub-base.

En la tabla 44 con un tiempo de exposición del 5 al 25% considerando el clima de la zona, para este valor se tomó un valor promedio dando valores de m_2 (base) y m_3 (sub-base) = 1.075.

Tabla 44. Coeficientes de drenaje de las capas de Base y Sub-base

Calidad de drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.25	1.30 - 1.15	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Aceptable	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.95	0.80 - 0.60	0.6
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.60 - 0.40	0.4

Fuente: (AASHTO, 1993, págs. II-25)

Elaboración: Autor

3.7 Cálculo de espesores por capa

Se hace uso del método multicapa para el diseño de las diferentes capas del pavimento el cual establece las siguientes ecuaciones.

$$D_1^* = \frac{SN_1}{a_1} \quad \text{Ecuación 27}$$

$$SN_1^* \geq a_1 D_1^* \geq SN_1 \quad \text{Ecuación 28}$$

$$D_2^* = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2} \quad \text{Ecuación 29}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \quad \text{Ecuación 30}$$

$$D_3^* = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3} \quad \text{Ecuación 31}$$

Las variables D, a, m y SN son valores mínimos mientras que los valores D* y SN* representan los valores de diseño finales.

Tabla 45. Espesores de la carpeta de rodadura 2016 – 2026

DETERMINACIÓN DE ESPESORES				NÚMEROS ESTRUCTURALES	
CAPA	ESP. CAL. (pulg)	ESP. ASU. (Pulg)	ESP.ASU. (cm)		
D1=	0.60	2.00	5	SN1=	0.80
D2=	5.91	6.00	15	SN2=	0.85
D3=	6.17	8.00	20	SN3=	1.03
Espesor Total	12.68	16.00	40		2.683
					2.447

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

Para saber que los valores obtenidos están correctos la suma de los números estructurales resultantes de los espesores asumidos de cada capa debe ser mayor al número estructural calculado del pavimento flexible que debe soportar la carga solicitada.

Se puede ver que cumple con la condición $2.683 > 2.447$

Con el mismo criterio se muestra el proceso para el periodo 2026 - 2036

Tabla 46. Espesores de la carpeta de rodadura 2026 – 2036

DETERMINACIÓN DE ESPESORES				NÚMEROS ESTRUCTURALES	
CAPA	ESP. CAL. (pulg)	ESP. ASU. (Pulg)	ESP.ASU. (cm)		
D1=	0.92	2.75	7	SN1=	1.10
D2=	5.75	6.00	15	SN2=	0.85
D3=	6.75	8.00	20	SN3=	1.03
Espesor Total	13.41	16.75	43		2.9834
					2.8216

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

De la misma manera se comprueba que el valor $2.9834 > 2.8216$ por lo que el diseño está correcto.

3.7.1 Diagramas de la carpeta asfáltica

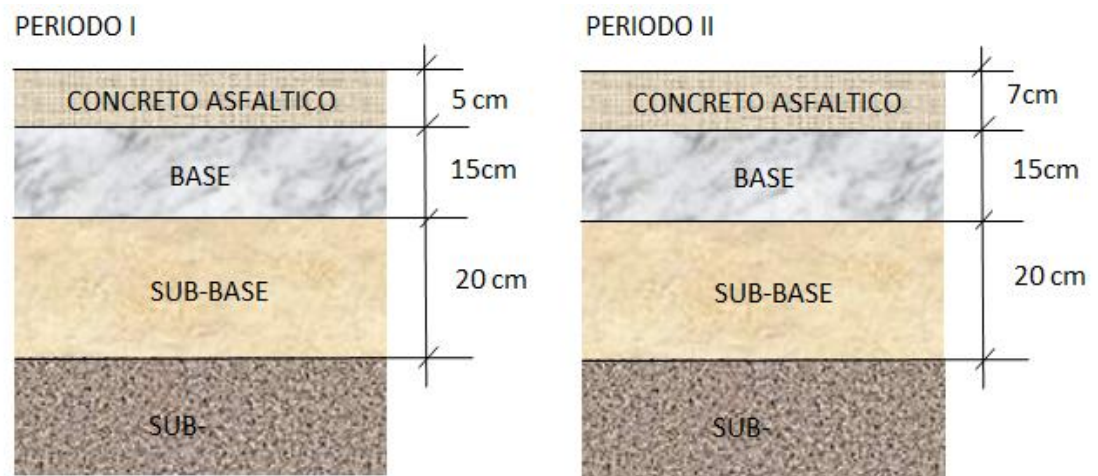


Figura 18. *Diagrama de la carpeta asfáltica*

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

Para el presente diseño asumiremos el periodo II para la estructura de pavimento de nuestra vía la cual consta de una capa de concreto asfáltico de 7cm, 15 cm de base y 20 cm de sub-base. Además cada capa tiene que regirse a las especificaciones de la norma ecuatoriana vial.

Capítulo 4

Diseño Hidrológico

4.1 Drenaje vial

El sistema de drenaje vial es de suma importancia para el correcto funcionamiento de una carretera, ya que tiene algunas funciones:

- a)** Desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada
- b)** Controlar el nivel freático
- c)** Interceptar al agua que superficial o subterráneamente escurre hacia la carretera
- d)** Conducir de forma controlada el agua que cruza la vía.

(Ministerio de Obras Publicas, 2012)

4.1.1 Drenaje longitudinal

Este Drenaje Comprende las obras de captación y defensa, para esto se construye cunetas, cunetas de coronación, canales de encausamiento, bordillos, y sub-drenes, para la construcción de las cunetas será necesario calcular el área hidráulica requerida, sección, longitud, pendiente y nivelación del fondo, y seleccionando el tipo de proyecto constructivo. Ya que existen algunos tipos de cunetas como pueden ser rectangulares, trapezoidales, circulares y las triangulares que utilizaremos en nuestro proyecto a lo largo de la vía.

4.1.1.1 Cunetas

Son canales se construyen en ambos lados de la vía en las zonas de corte con el propósito de recolectar las aguas lluvia para luego ser llevadas a drenajes naturales o a obras de drenaje trasversal, con la finalidad de alejar dichas aguas de forma instantánea de la carretera.

La cuneta se localizará entre el espaldón de la carretera y el pie del talud del corte. En casos excepcionales por motivos de estructuras laterales que impidan su construcción se obvia el espaldón y se ubica directamente junto a la calzada de la carretera. (Ministerio de Obras Publica, 2012).

En la norma de El Ministerio de Obras Publicas, 2012 se observa una tabla (47) en donde se tiene algunas velocidades de erosión de los diferentes materiales.

Tabla 47. Velocidades de erosión de diferentes materiales

Material	Velocidad m/s	Velocidad m/s
Arena fina	0.45	2
Arcilla arenosa	0.5	3.5
Arcilla ordinaria	0.85	3.4 – 4.5
Arcilla firme	1.25	4.5 – 7.5
Grava fina	2	4.5 – 7.5

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 255)

Elaboración: Jorge Auquilla (marzo 2016)

Para secciones triangulares se “recomienda que el talud hacia la vía tenga como mínimo 3:1, preferentemente 4:1 y del lado del corte seguirá sensiblemente la inclinación del talud del mismo; considerando, para el caso, una lámina de agua no mayor a 30 cm” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 256)

Para el presente proyecto tomaremos como mínimo un talud de 2:1.

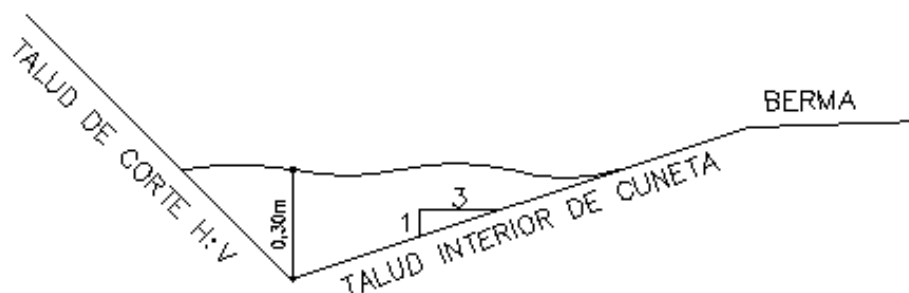


Figura 19. Sección tipo de cuneta

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 256)

Elaboración: Autor

4.1.1.1.1 Diseño hidráulico de la cuneta.

Se procederá a realizar el cálculo hidráulico de la cuneta con la ayuda de Excel siguiendo las siguientes formulas.

- Caudal de cuneta.- se determina a través de la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{Ecuación 32}$$

Dónde: Q: caudal del canal (m³/s)

n: coeficiente de rugosidad (adimensional)

A: área de la sección del canal m²

Rh: radio hidráulico (m)

S: pendiente longitudinal de la cuneta (m/m)

El valor de “n” se determina mediante la tabla 48.

Tabla 48. Coeficientes de rugosidad "n"

DESCRIPCION	"n"
TUBOS DE HORMIGON	0.012
Tubos de metal corrugado o tubos en arco:	
a) Simple o revestido	0.024
b) Solera pavimentada	0.019
Tubo de arcilla vitrificada	0.012
Tubo de hierro fundido	0.013
Alcantarilla de ladrillo	0.015
Pavimento asfáltico	0.015
Pavimento de hormigón	0.014
Parterre de césped	0.05
Tierra	0.02
Grava	0.02
Roca	0.035
Areas cultivadas	0.03-0.05
Matorrales espesos	0.07-0.14
Bosques espesos-poca maleza	0.10-0.15
Cursos de agua	
a) Algo de hierba y maleza-poco o nada de matorrales	0.03-0.035
b) Maleza densa	0.035-0.05
c) Algo de maleza-matorrales espesos a los costados	0.05-0.07

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012, pág. 301)

Elaboración: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas)

- Para el Área de la sección aplicamos geometría básica.

$$A = \frac{B \cdot h}{2} \quad \text{Ecuación 33}$$

Dónde: B: Ancho del espejo de agua (m)

h: altura de la lámina de agua que el presente proyecto es de 0,30 m

- Radio hidráulico

$$Rh = \frac{A}{P} \quad \text{Ecuación 34}$$

Dónde: P: perímetro mojado (m)

- Perímetro mojado

$$P = h * \sqrt{h^2 + B^2} \quad \text{Ecuación 35}$$

Para obtener la Pendiente longitudinal de la cuneta por cuestiones constructivas se usan valores múltiplos de 0.5.

En la tabla 49 se muestra valores del caudal y las velocidades del agua de acuerdo a la sección escogida con un ancho de 0.90 m y los taludes ya indicados, vamos asumir como una pendiente máxima de la cuneta de 14%.

- Velocidad

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 36}$$

Tabla 49. Cálculo hidráulico de las cunetas

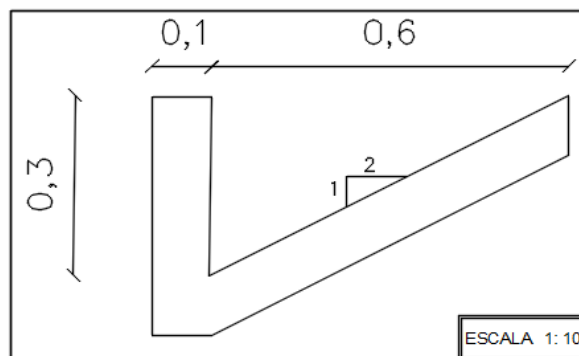
Pendiente longitudinal J	Área canal (m2)	Perímetro mojado (m)	Lamina "y" (m)	Rugosidad "n"	Radio Hidraulico RH	Velocidad "v" (m/s)	Caudal "Q" (m3/s)
0.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	1.207	0.109
1.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	1.707	0.154
1.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	2.091	0.188
2.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	2.414	0.217
2.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	2.699	0.243
3.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	2.957	0.266
3.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	3.193	0.287
4.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	3.414	0.307
4.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	3.621	0.326

5.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	3.817	0.344
5.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	4.003	0.360
6.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	4.181	0.376
6.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	4.352	0.392
7.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	4.516	0.406
7.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	4.675	0.421
8.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	4.828	0.435
8.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	4.977	0.448
9.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	5.121	0.461
9.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	5.261	0.474
10.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	5.398	0.486
10.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	5.531	0.498
11.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	5.661	0.510
11.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	5.789	0.521
12.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	5.913	0.532
12.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	6.035	0.543
13.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	6.155	0.554
13.50%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	6.272	0.564
14.00%	0.09	0.971	0.3	0.012	0.093	6.387	0.575

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

4.1.1.1.2 Detalle de las cunetas



4.1.2 Drenaje transversal

Este tipo de drenaje lo conforman estructuras como las alcantarillas y puentes, son las encargadas de conducir el agua que cruza la vía.

4.1.2.1 Alcantarillas de control

Son estructuras cerradas, de forma diversa, que se construyen transversales y por debajo del nivel de subrasante de una carretera, para conducir el agua hacia cauces ya sea arroyos esteros, canales de riego etc.

En la figura 21 se muestra los elementos constitutivos de una alcantarilla: dichos elementos permiten mejorar las condiciones del escurrimiento y eviten la erosión regresiva debajo de la estructura.

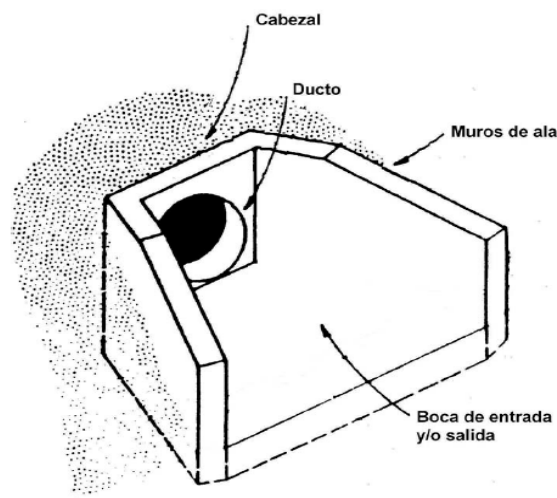


Figura 20. Elementos de una alcantarilla

Fuente: <https://es.scribd.com/doc/96970739/Alcantarillas-Memoria-Tecnica>

4.3 Diseño hidrológico de las alcantarillas

4.3.1 Caudal máximo probable

Se calcula mediante la ecuación (37)

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad \text{Ecuación 37}$$

Dónde:

Q = caudal máximo probable (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área de aportación Ha

4.3.2 Parámetros de diseño

4.3.2.1 Coeficiente de escorrentía “c”

Este coeficiente se determina para considerar la topografía del terreno, además también se considera el tipo de suelo que tiene la zona del proyecto en estudio.

La tabla 50 nos muestra valores para este coeficiente en función del parámetro.

Tabla 50. Coeficientes de escorrentía

<u>Coeficiente de escorrentía "C"</u>						
Cobertura vegetal		Pendiente del terreno				
	Tipo de suelo	Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		50%	20%	5%	1%	
Sin vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosques densa vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: Normas internas de diseño de carreteras, puentes Cop. Ecuador 1999.

Elaboración: Normas internas de diseño de carreteras, puentes Cop. Ecuador 1999

Tomando en consideración la Tabla 50 nuestro proyecto tiene un suelo impermeable por lo que al considerar que la zona tiene poca vegetación tendremos un coeficiente de escorrentía $c=0.65$

4.3.2.2 Intensidad de lluvia

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas recomienda que con el fin de facilitar el análisis hidrológico del sector se determine la intensidad de lluvia utilizando las ecuaciones determinadas por el INAMHI.

En la figura 21 se observa la ubicación del proyecto en su respectiva zonificación de precipitaciones hidrológicas, en el cual vemos que nuestro proyecto se encuentra en la zona 8 de precipitaciones.

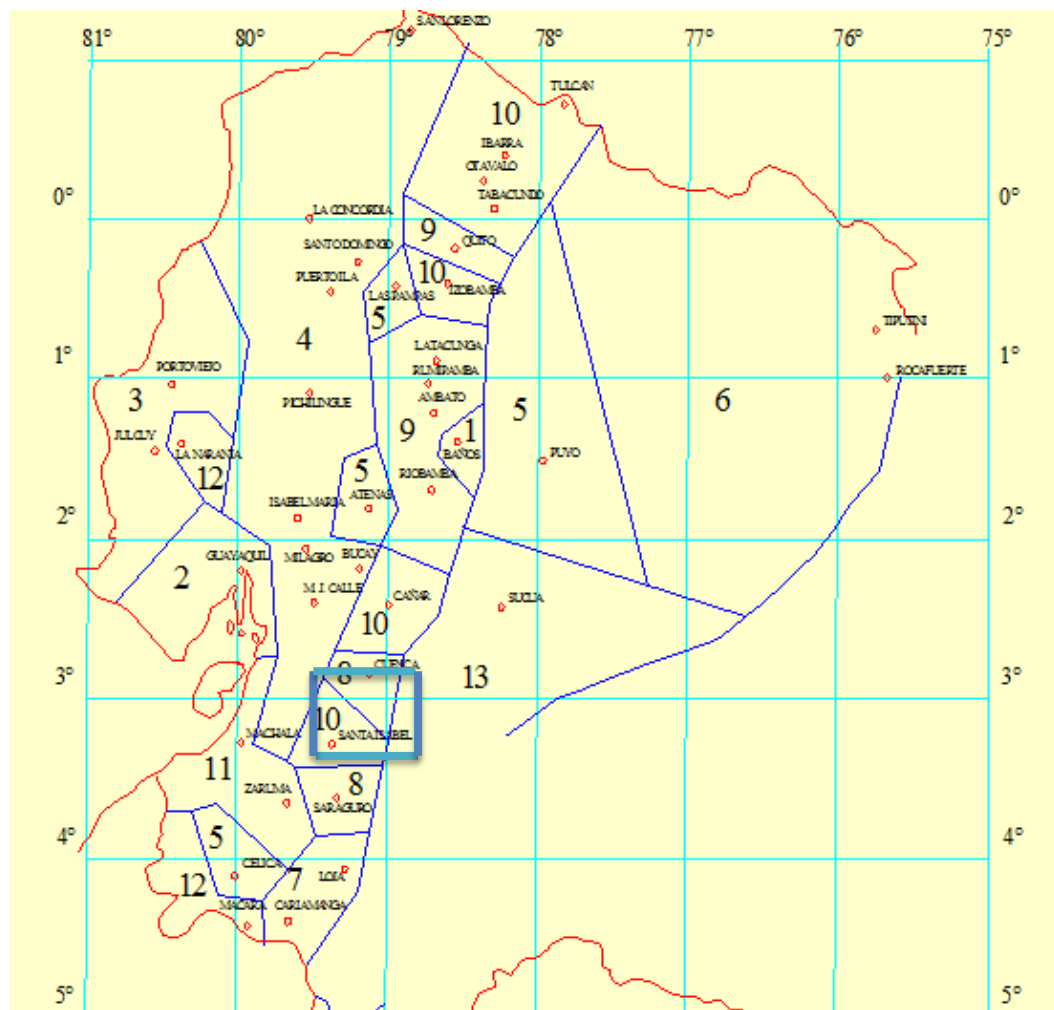


Figura 21. Zonificación de acuerdo la precipitación del sector

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), 1999

Una vez que hemos determinado la zona del proyecto, a través de la tabla 51 encontramos las ecuaciones a ser utilizadas en función del tiempo de duración de las lluvias.

Tabla 51. Ecuaciones de intensidades de la zona de precipitaciones 8

Zona	Duración	Ecuación
8	5 min < t < 30 min	$I = 80.068 * t^{-0.2682} * Id$
	30 min < t < 1440 min	$I = 351.73 * t^{-0.7977} * Id$

Fuente: (MTOP 2B, 2013, pág. 172)

Elaboración: Autor

4.3.2.3 Tiempo de Concentración

Se determina por el tiempo que demora una gota de agua en caer en el punto más alto y alejado de la desembocadura de la cuenca, teóricamente al punto de desembocadura de la misma, depende de la topografía de la zona.

En el diseño de vías la caída de esta gota se toma en cuenta hasta que llegue al inicio de estructuras de drenaje de la carretera que va a diseñarse.

La ecuación que se va utilizar es la obtenida por Clark quien se basó en la ecuación de Kirpich pero acotado para el sistema internacional de medidas y para análisis de cuencas de aporte pequeñas.

Mediante la ecuación 38 determinamos el tiempo de concentración que se basa en el movimiento uniforme de la Física.

$$v = \frac{e}{t} \Rightarrow t = \frac{e}{v} \Rightarrow t = \frac{Li}{60 * Vi} \text{Ecuación 38}$$

Dónde t = tiempo de concentración del cauce (min)

Li = longitud del cauce de la cuenca (m)

Vi = Tiempo de concentración en función del tipo de suelo del cauce (m/s)

4.3.2.4 Intensidad máxima en 24 horas

$$Id = \frac{Pd}{24} \Rightarrow Id = \frac{48.4mm}{24h} \Rightarrow Id = 2.017 \text{ mm/h}$$

Pd=precipitación diaria máxima que se obtuvo del INAMHI la estación más cercana al proyecto es la de Gualaceo.

4.4.2.5 Resumen del área de aportación quebrada

Tabla 52. Resumen de aportación de áreas

ATARGEA #	ABS	AREA de APORTACION (Ha)	TIEMPO DE CONCE NTRACION	COEF. DE ESCUR RIMIENTO	INTENSI DAD (mm/h)	CAUDAL (m/s)	Caudal Cuneta	CAUDAL TOTAL
1	0+047.00	0.049	8.688	0.65	72.838	0.0064	0.605	0.611
2	0+210.00	0.196	8.712	0.65	72.764	0.0258	0.461	0.487
3	0+310.00	0.336	8.735	0.65	72.694	0.0441	0.461	0.505
4	0+420.00	0.113	8.698	0.65	72.806	0.0149	0.461	0.476
10	1+740.00	0.766	8.805	0.65	72.479	0.1002	0.376	0.476

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

4.4.2.4 Calculo del diámetro de la alcantarilla

Tabla 53. Calculo diámetro de alcantarillas.

CALCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA									
ATARGEA	ABS	COEFICIENT E DE RUGOSIDAD							
#			J(%)	V(m/s)	RH	Q (m/s)	DIÁMETRO TUBERÍA	DIÁMETRO ASUMIDO	TIPO DE TUBERÍA
							MOP (m)		
1	0+047.00	0.024	2	1.337	0.108	0.611	0.763	1.2	METAL CA-E
2	0+210.00	0.024	2	1.337	0.108	0.487	0.681	1.2	METAL CA-E
3	0+310.00	0.024	2	1.337	0.108	0.505	0.693	1.2	METAL CA-E
4	0+420.00	0.024	2	1.337	0.108	0.476	0.673	1.2	METAL CA-E
5	0+534.00	0.024	2	1.337	0.108	0.461	0.663	1.2	METAL CA-E
6	0+780.00	0.024	2	1.337	0.108	0.532	0.712	1.2	METAL CA-E
7	0+940.00	0.024	2	1.337	0.108	0.461	0.663	1.2	METAL CA-E
8	1+200.00	0.024	2	1.337	0.108	0.461	0.663	1.2	METAL CA-E
9	1+350.00	0.024	2	1.337	0.108	0.575	0.74	1.2	METAL CA-E
10	1+740.00	0.024	2	1.337	0.108	0.476	0.673	1.2	METAL CA-E
11	1+980.00	0.024	2	1.337	0.108	0.307	0.541	1.2	METAL CA-E
12	2+260.00	0.024	2	1.337	0.108	0.307	0.541	1.2	METAL CA-E

Elaboración: Autor

Fecha: Marzo, 2016

4.5 Ubicación, sección y longitud de alcantarillas

La ubicación de las alcantarillas se muestra en la tabla 53 que nos muestra las abscisas donde serán colocadas dichas estructuras.

Su longitud considera el ancho de la vía con carriles de 3 m, bermas de 0.6 m. y cunetas de 0.6 da un carril por dirección de 4.2 m. dando una alcantarilla total de 8.4 m por seguridad se asumió un largo de mínimo de 8.5 m. en la figura 23 se puede observar cómo se calcula la longitud de una alcantarilla.

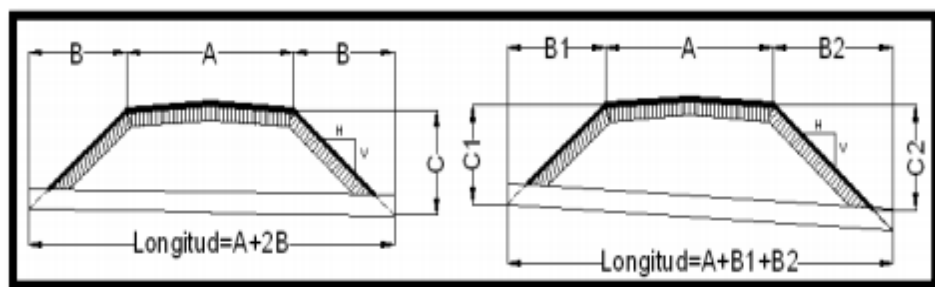


Figura 22. Longitud de las alcantarillas.
Elaboración: Autor.

4.5 Protección de alcantarillas de entrada y salida

Para la protección de la alcantarillas se construirá un cajón o ala a la entrada de las mismas y un muro de cabezal a la salida.

Los muros serán diseñados con un ángulo de cambio de 45° sexagesimales respecto al eje longitudinal de las alcantarillas partiendo del mismo nivel de la pantalla del muro con un talud de 1.5:1 hacia su parte alejada de la tubería donde se terminará en alturas de las mismas que oscilan entre 0.3 y 0.85 m de altura.

Hay que considerar que las alcantarillas se ubicará quedando en la parte de la entrada de aguas su corona a una profundidad no menor a 1 m. se recomienda una altura de 1.5 m. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

Capítulo 5

Presupuesto

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		TOPOGRAFIA				19112.5
1.001	503002	Replanteo y nivelación de Vías	ml	2500	1.1	2750
1.002	501022	Desbroce y limpieza del terreno	m2	21250	0.77	16362.5
2		MOVIMIENTO DE TIERRAS				3.35
2.001	502011	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	1	3.35	3.35
3		OBRAS DE ARTE MENOR				59424.4
3.001	502052	Excavación con excavadora material sin clasificar	m3	2400	3.64	8736
3.002	502017	Relleno compactado con vibroapisonador, material de sitio	m3	1000	5.38	5380
3.003	557129	Tubería acero corrugada d=1.20 e=3.00mm	m	102	444.2	45308.4
4		RELLENOS				8626.89
4.001	502017	Relleno compactado con vibroapisonador, material de sitio	m3	122.4	5.38	658.51
4.002	502019	Relleno compactado en zanjas, material de mejoramiento	m3	292.74	27.22	7968.38
5		CUNETAS				96681.6
5.001	505150	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m3	540	179.04	96681.6
6		CAJON DE ENTRADAS Y MUROS DE ALA				13488.95
7.001	505151	Hormigón estructural f'c=210 kg/cm2	m3	57.39	235.04	13488.95
7		CAPAS ESTRUCTURALES				532378.4
8.001	502024	Subrasante, conformación y compactación con equipo pesado	m2	17928	1.01	18107.28
8.002	502028	Sub Base, tendido conformación y compactación	m3	3600	19.43	69948
8.003	502016	Material de mejoramiento	m3	4320	28.93	124977.6
8.004	502027	Base Clase II, tendido, conformación y compactación	m3	2340	30.59	71580.6
8.005	554024	Liga asfáltica	m2	17928	0.61	10936.08
8.006	554125	Carpeta asfáltica 03"	m2	17928	13.21	236828.9
8		DESALOJOS				563984.2
9.001	502014	Desalojo de materiales en volquete hasta 5km. Incluye esponjamiento	m3/km	140644.4	4.01	563984.2
9		SEÑALIZACION				18555.26
10.001	549006	Pintura para señalización de tráfico con equipo line lazer	m2	1500	8.68	13020
10.002	549001	Señalización vertical	u	5	116.14	580.7
10.003	549014	Rótulo tipo paleta,poste tubo redondo,caja acrílica/iluminación	m2	12	412.88	4954.56
SUBTOTAL						1312256
IVA					12.00%	157470.7
TOTAL						1469726

Son: UNO MILLONES CUATROCIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS VEINTE Y SEIS CON 22/100 DÓLARES

Capítulo 6

6.1 Conclusiones

- El diseño de la vía se realizó con todos los estudios técnicos que recomienda la “NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP”. Se contrarrestó el peligro de la vía disminuyendo la velocidad de diseño y aumentando su peralte, se tuvo que incumplir los radios de curvatura en el diseño horizontal ya que por motivos de fuerza mayor no se pudo hacer cumplir.
- Se realizó un diseño geométrico con pendiente máxima del 14% y radio mínimo de 25m. con el fin de aprovechar estructura existente y disminuir precios.
- Para el respectivo análisis de suelos se contó con la ayuda de un laboratorio particular ya que los tiempos de plazo de entrega del proyecto eran demasiado cortos. Gracias a estos estudios se pudo realizar el diseño de la estructura del pavimento.
- En lo que se refiere a obras de drenaje se realizó su respectivo diseño con la ayuda de las tablas del INAMHI para poder realizar el correspondiente análisis hídrico de la zona.
- También se estimó un presupuesto referencial para que sea considerado en el proyecto de ejecución de la vía.
- Mediante el estudio de suelos se pudo observar que se tiene que mejorar la calidad del suelo en la abscisa 1+530 hasta la 2+020.

6.2 Recomendaciones

- Realizar los trámites necesarios (GAD parroquial de Quingeo) para que este proyecto se pueda hacer realidad.
- Al momento en que se esté realizando la excavación y mientras más alto sea el corte se recomienda verificar el suelo.
- Se recomienda al final de la construcción colocar las señales verticales con los límites de velocidad establecidos en este proyecto para las curvas con radios menores de 25m.
- Se recomienda para la ejecución de este proyecto utilizar mano de obra local con el fin de tener mejores ingresos en la socioeconómica del sector y también por los conocimientos del medio ambiente que tiene las personas de estas comunidades.
- Se recomienda utilizar material de mejoramiento en la abscisa 1+530 hasta la 2+020 ya que contiene un CBR bajo.

Capítulo 7

Bibliografía

- AASHTO. (1993). GUIA PARA DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS. WASHINGTON,DC: ASOCIACION AMERICANA DE CARRETERA ESTATAL Y FUNCIONARIOS DE TRASPORTE.
- Agudelo Ospina, J. J. (2002). Diseño Geometrico de Vías. Medellín
- Braja M, D. (1985). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Sacramento: International Thomson Editores
- Cardenas Grisales, J. (2008). Diseño Geometrico de Carreteras. Popayá, Colombia: ECOE EDICIÓN
- Choconca, P. (2004). Diseño Geométrico de Vías. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería
- Corredor M., G. (2010). Maestría en Vías Terrestres, Modulo III, Diseño de Pavimentos I. En G. Corredor M., Experimento Vial de la AASHTO y las Guía de Diseño AASHTO (págs. 1-47). Caracas: Universidad Nacional de Ingeniería
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (30 de 06 de 2014). GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA NORMALIZADA UTILIZADA EN CLIMATOLOGÍA. Obtenido de GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA NORMALIZADA UTILIZADA EN CLIMATOLOGÍA: <http://www.clubdelamar.org/terminologia.htm>
- Instituto de Ingeniería UNAM. (1999). Diseño Estructural de Pavimentos Asfálticos, incluyendo carreteras de altas especificaciones. Mexico: Mexico
- Ministerio de Obras Públicas. (2003). Normas de Diseño Geometrico 2003. Quito: Ecuador.

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). Norma Ecuatoriana Vial (Vol. 2A). Quito: Ecuador.
- MTOP 2B. (2013). Norma ecuatoria vial -12 (Vol. 2B). Quito: Quito
- Rusell. (1969). Topografia Moderna

Anexos

Anexo A: Ensayos de laboratorio, análisis de suelos

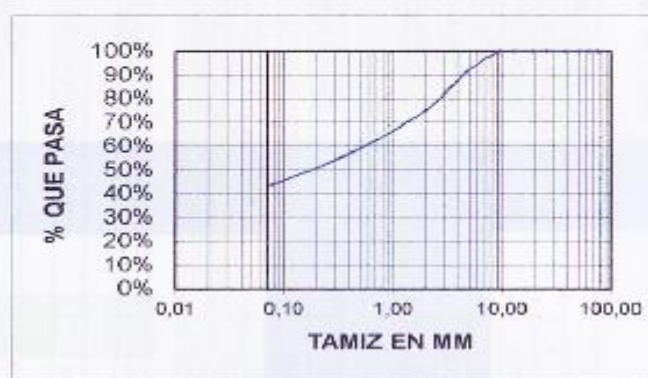
LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACION : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

POZO N° 1 ABS : 0+050

ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS

TAMIZ	P. RET.	P. RET.	%	%
MM	U.S	PARC. (GR.)	ACUM. (GR.)	RET. PASA
76,200	3"	0	0	0,00% 100,00%
63,500	2 1/2"	0	0	0,00% 100,00%
50,800	2"	0	0	0,00% 100,00%
38,100	1 1/2"	0	0	0,00% 100,00%
25,400	1"	0	0	0,00% 100,00%
19,050	3/4"	0	0	0,00% 100,00%
12,700	1/2"	0	0	0,00% 100,00%
9,525	3/8"	0	0	0,00% 100,00%
4,750	No. 4	2584	2584	8,42% 91,58%
PASA No. 4		28,100		
TOTAL		30684		
2,000	No. 10	89,00	89	24,72% 75,28%
0,425	No. 40	97,00	186	42,49% 57,51%
0,075	No. 200	77,00	263	56,59% 43,41%
TOTAL		500,00		



GRAVA G =	8,42%
ARENA S =	48,17%
FINOS F =	43,41%

HN =	15,60%
LL =	38,91%
LP =	28,96%
IP =	9,95%
IC =	

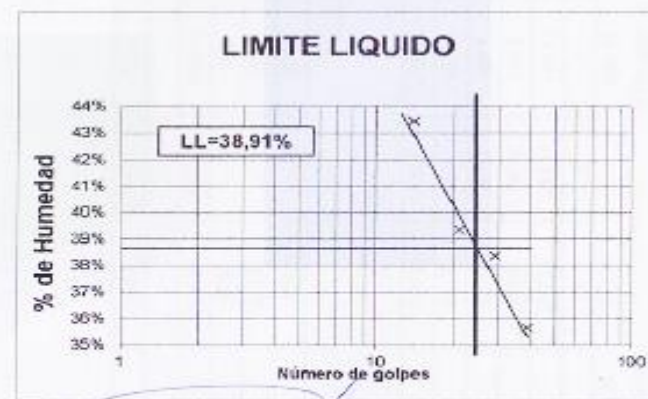
CLASIFICACION	
SUCS	SM
AASHO	A-4
IG	2

HUMEDAD	PESO	PESO	PESO	%
NATURAL	HUM.(GR.)	SECO.(GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
	26,73	24,10	7,30	15,65%
	28,53	25,68	7,35	15,55%

LIMITE LIQUIDO

NUMERO	PESO	PESO	PESO	%
GOLPES	HUM.(GR.)	SECO.(GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
14	29,63	22,91	7,45	43,47%
21	26,73	21,23	7,25	39,34%
29	28,53	22,66	7,36	38,37%
39	27,33	22,04	7,20	35,65%
LIMITE LIQUIDO				38,91%

LIMITE	PESO	PESO	PESO	%
PLASTICO	HUM.(GR.)	SECO.(GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
	12,20	10,86	6,25	29,07%
	12,55	11,18	6,42	28,78%
	11,85	10,59	6,25	29,03%
				28,96%



ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELOTEC
ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
TELF.S.: 0987 104-365 / 0984 856-774

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
 UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA -
 PROVINCIA DEL AZUAY
 SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYOS DE COMPACTACION DE SUELOS

AASHTO T 180-D

POZO N° 1 ABS : 0+050

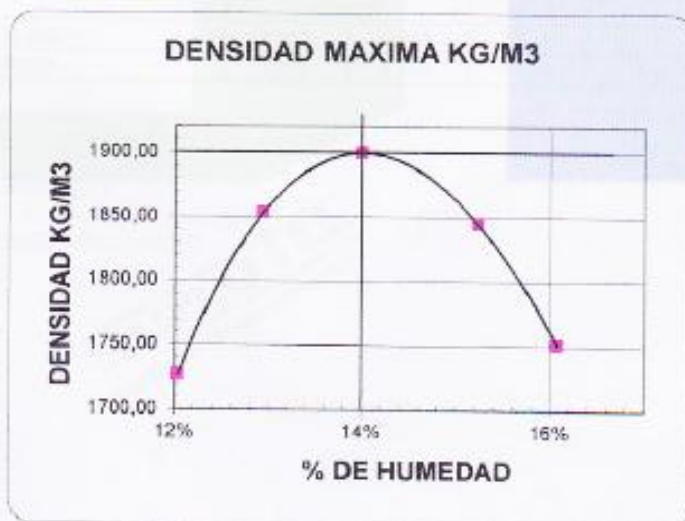
No. DE CAPAS	P. MARTILLO 10 LBS				ALT. CAIDA 18 PULG.
5	1	2	3	4	5
MOLDE No.					
MOLDE +SUELO HUM. (GR)	10.738	11.071	11.140	10.943	
PESO MOLDE (GR)	6.665	6.665	6.665	6.665	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	4.073	4.406	4.475	4.278	
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2.105	2.105	2.105	2.105	
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	1.935	2.093	2.126	2.032	

MOLDE No.	1	2	3	4	
P. CAPSULA+SUELO HUM	24,90	23,02	27,40	18,55	
P. CAPSULA+SUELO SECO	22,95	21,35	24,67	16,68	
PESO CAPSULA	6,75	8,45	6,75	5,05	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	12,04%	12,95%	15,23%	16,08%	

DENSIDAD SECA (KG/M3)	1.727	1.853	1.845	1.751	
-----------------------	-------	-------	-------	-------	--

DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	1.900
-------------------------	-------

HUMEDAD OPTIMA	14,00%
----------------	--------



ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS. 0987 204-385 / 0984 858-774

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYO DE CBR

POZO N° 1 ABS : 0+050

NUMERO DE CAPAS	5					
NUMERO DE GOLPES/CAPA	55		25		10	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
P. MUESTRA HUM. + MOLDE	14.016	14.073	13.871	13.970	13.616	13.790
PESO MOLDE	9.240	9.240	9.298	9.298	9.253	9.253
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2.120	2.120	2.129	2.129	2.128	2.128

CONTENIDO DE AGUA

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
P. MUESTRA HUM. + TARRO	48,02	50,22	50,44	52,48	54,28	63,83
P. MUESTRA SECA + TARRO	41,92	43,31	43,86	44,95	47,01	53,29
PESO DEL TARRO	9,09	8,46	8,78	8,78	9,05	8,53
% DE HUMEDAD	18,58%	19,83%	18,76%	20,82%	19,15%	23,55%
% DE HUMEDAD AGUA ABSORVIDA	1,25%		2,05%		4,40%	

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
DENSIDAD HUMEDA	2,253	2,280	2,148	2,194	2,050	2,132
DENSIDAD SECA	1,900	1,903	1,809	1,816	1,721	1,726


ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASesoría EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 204-385 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
 UBICACIÓN: PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
 SOLICITA: SR. JORGE AUQUILLA

POZO N° 1 ABS : 0+050

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

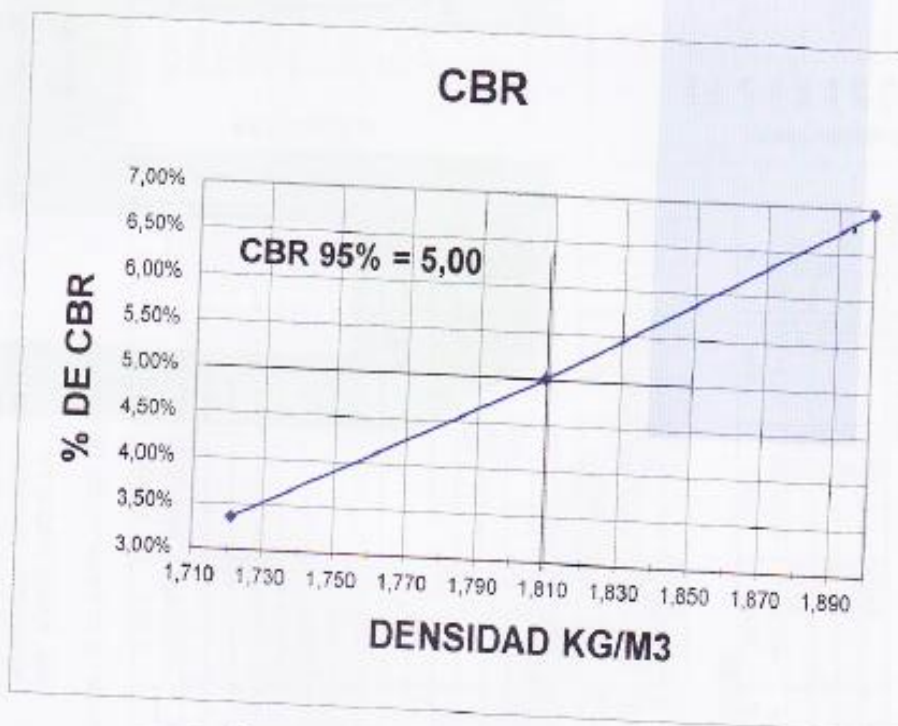
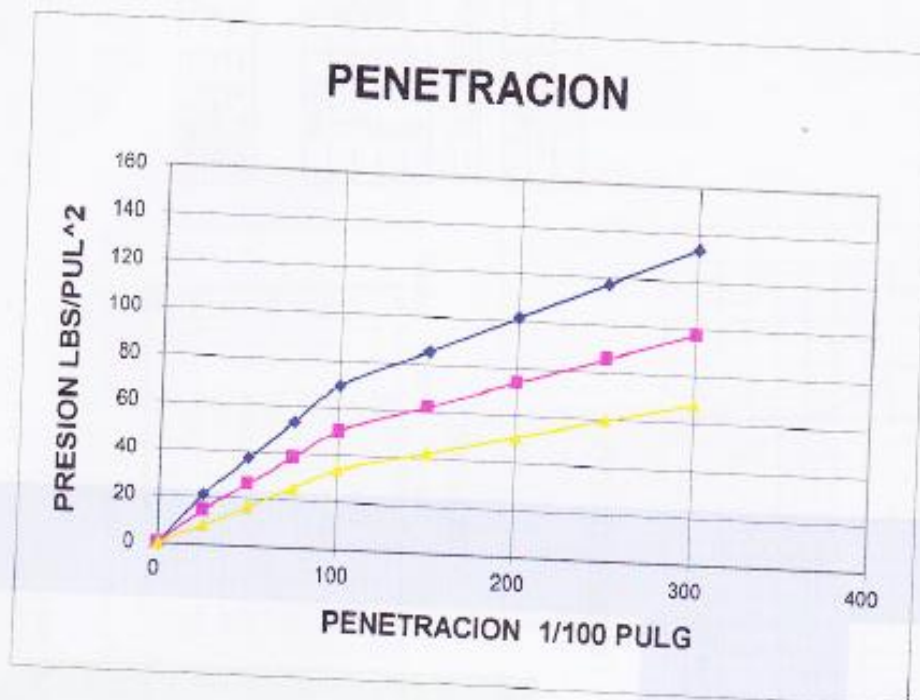
ALT. DEL MOLDE		4,5 PULG.			AREA DEL PISTON			3 PULG.^2		
FECHA	TIEMPO TRANS. DIAS	No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA		
		L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %
	0,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	1,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	2,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	3,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%

ENSAYO DE PENETRACION

CONSTANTE DEL ANILLO					AREA DEL PISTON				3 PULG.^2			
PENET. EN PULG.	No. GOLPES/CAPA				No. GOLPES/CAPA				No. GOLPES/CAPA			
	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STANDAR LB/PULG2	VALOR CBR
0	0	0			0	0			0	0		
25	63	21			44	15			24	8		
50	112	37			79	26			49	16		
75	160	53			115	38			75	25		
100	208	69	1.000	6.94%	150	50	1.000	5.01%	101	34	1.000	3.36%
150	257	86			186	62			127	42		
200	305	102			221	74			152	51		
250	353	118			257	86			178	59		
300	401	134			293	98			204	68		

ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASesoría EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 704-385 / 0984 858-274




 ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASesoría EN INGENIERIA CIVIL
 TEL: 5 - 0987 206-385 / 0984 856-774

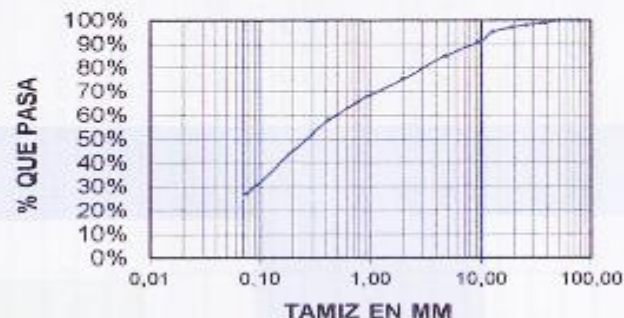
LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

POZO N° 2 ABS - 0+570

ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS

TAMIZ		P. RET.	P. RET.	%	%
M.M.	U.S.	PARC. (GR.)	ACUM. (GR.)	RET.	PASA
76,200	3"	0	0	0,00%	100,00%
63,500	2 1/2"	0	0	0,00%	100,00%
50,800	2"	0	0	0,00%	100,00%
38,100	1 1/2"	189	189	1,09%	98,91%
25,400	1"	162	351	2,02%	97,98%
19,050	3/4"	183	534	3,07%	96,93%
12,700	1/2"	318	852	4,90%	95,10%
9,525	3/8"	695	1547	8,90%	91,10%
4,750	No. 4	1047	2594	14,93%	85,07%
PASA No. 4		14,785			
TOTAL		17379			
2,000	No. 10	56,00	56	24,45%	75,55%
0,425	No. 40	102,00	158	41,81%	58,19%
0,075	No. 200	184,00	342	73,12%	26,88%
TOTAL		500,00			



GRAVA G =	14,93%
ARENA S =	58,19%
FINOS F =	26,88%

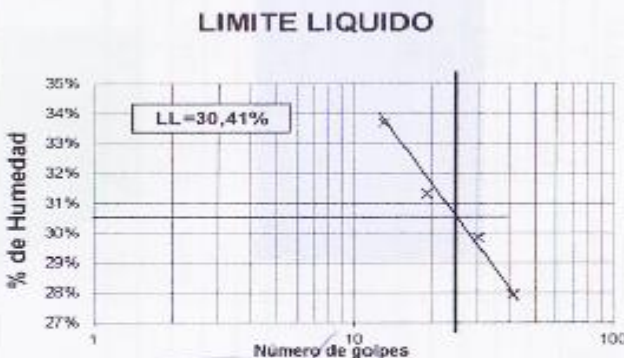
HN =	12,39%
LL =	30,41%
LP =	25,91%
IP =	4,49%
IC =	

CLASIFICACION	
SUCS	SM
AASHO	A-1
IG	0

HUMEDAD	PESO	PESO	PESO	%
NATURAL	HUM.(GR.)	SECO (GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
	23,70	22,00	7,95	12,10%
	25,44	23,40	7,30	12,67%

LIMITE LIQUIDO

NUMERO	PESO	PESO	PESO	%
GOLPES	HUM.(GR.)	SECO (GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
13	29,54	23,95	7,36	33,69%
19	26,64	22,00	7,19	31,33%
30	26,48	23,60	7,25	29,85%
41	27,25	22,85	7,11	27,95%
LIMITE LIQUIDO				30,41%



LIMITE	PESO	PESO	PESO	%
PLASTICO	HUM.(GR.)	SECO (GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
	13,18	11,95	7,25	26,17%
	13,53	12,29	7,35	25,10%
	12,87	11,70	7,28	26,47%
				25,91%

ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELOTEC
ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
TELEFONO: 0987 204 385 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA -
 PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYOS DE COMPACTACION DE SUELOS

AASHO T 180-D

POZO N° 2 ABS : 0+570

No. DE CAPAS	P. MARTILLO 10 LBS				ALT. CAIDA 18 PULG.
5					
MOLDE No.	1	2	3	4	5
MOLDE +SUELO HUM. (GR)	9.807	10.325	10.543	10.152	
PESO MOLDE (GR)	5.986	5.986	5.986	5.986	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	3.821	4.339	4.557	4.166	
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2.105	2.105	2.105	2.105	
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	1.815	2.061	2.165	1.979	

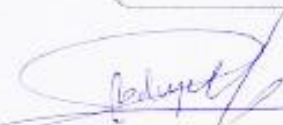
MOLDE No.	1	2	3	4	
P. CAPSULA+SUELO HUM	70.43	62.50	52.30	53.75	
P. CAPSULA+SUELO SECO	63.59	56.15	46.25	47.00	
PESO CAPSULA	7.55	7.33	7.00	7.00	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	12.21%	13.01%	15.41%	16.88%	

DENSIDAD SECA (KG/M3)	1.618	1.824	1.876	1.693	
-----------------------	-------	-------	-------	-------	--

DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	1.920
-------------------------	-------

HUMEDAD OPTIMA	14.00%
----------------	--------




 ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 204 185 / 0984 858 274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
 UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
 SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYO DE CBR

NUMERO DE CAPAS		POZO Nº 2 ABS : 0+570					
		5					
NUMERO DE GOLPES/CAPA		55		25		10	
		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
		REMOJO		REMOJO		REMOJO	
P. MUESTRA HUM. + MOLDE		14.120	14.146	13.585	13.678	13.565	13.702
PESO MOLDE		9.408	9.408	9.083	9.083	9.300	9.300
VOLUMEN DE LA MUESTRA		2.108	2.108	2.107	2.107	2.105	2.105

CONTENIDO DE AGUA

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
P. MUESTRA HUM. + TARRO	76,86	72,96	71,88	67,90	78,72	75,85
P. MUESTRA SECA + TARRO	67,15	63,64	62,70	58,40	68,43	64,55
PESO DEL TARRO	7,90	8,45	8,40	8,20	8,35	8,99
% DE HUMEDAD	16,39%	16,89%	16,91%	18,92%	17,13%	20,34%
% DE HUMEDAD AGUA ABSORVIDA	0,50%		2,01%		3,21%	

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
DENSIDAD HUMEDA	2,235	2,248	2,137	2,180	2,026	2,091
DENSIDAD SECA	1,920	1,923	1,828	1,833	1,730	1,738

ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASISTENTE TECNICO EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 204 385 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
 UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
 SOLICITA : SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

POZO N° 2 ABS 0+570

ALT. DEL MOLDE		4,5 PULG.			AREA DEL PISTON					
		55,00			25,00			10,00		
FECHA	TIEMPO	No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA		
	TRANS. DIAS	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %
	0,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	1,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	2,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	3,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%

ENSAYO DE PENETRACION

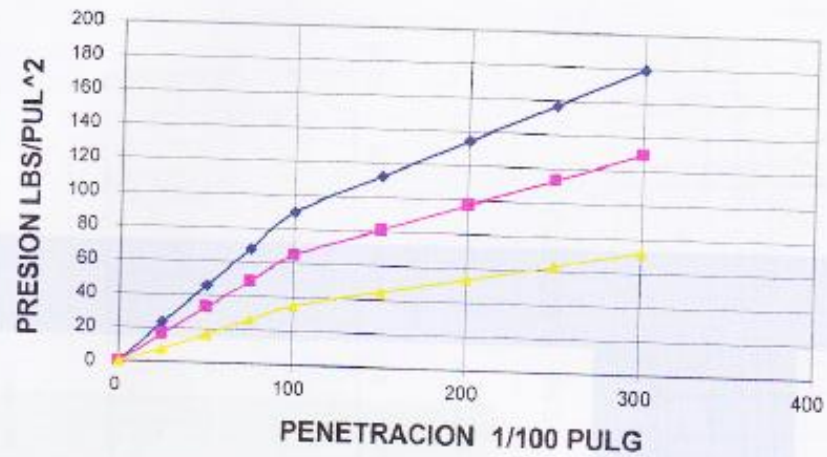
CONSTANTE DEL ANILLO					AREA DEL PISTON							
55,00					25,00				10,00			
PENET. EN PULG.	No. GOLPES/CAPA				No. GOLPES/CAPA				No. GOLPES/CAPA			
	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR
0	0	0			0	0			0	0		
25	71	24			51	17			24	8		
50	138	46			99	33			51	17		
75	205	68			147	49			78	26		
100	271	90	1,000	9,05%	195	65	1,000	6,51%	105	35	1,000	3,53%
150	338	113			243	81			133	44		
200	405	135			292	97			160	53		
250	472	157			340	113			188	63		
300	538	179			388	129			215	72		

ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASesoría EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 204-385 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PENETRACION



CBR



ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELOTEC
ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
TELEFONO: 0987 204 385 / 0984 838 274

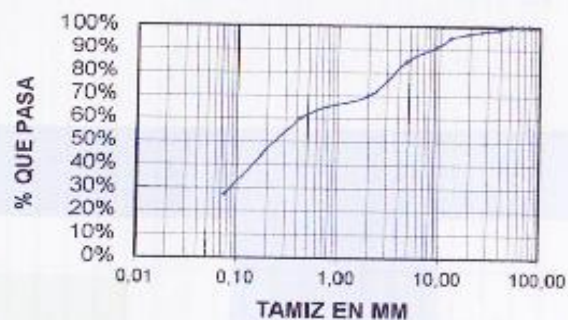
LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS

POZO N° 3 ABS: 1+020

TAMIZ		P. RET.	P. RET.	%	%
MM.	U.S	PARC. (GR.)	ACUM. (GR.)	RET	PASA
75,200	3"	0	0	0,00%	100,00%
63,500	2 1/2"	0	0	0,00%	100,00%
50,800	2"	0	0	0,00%	100,00%
38,100	1 1/2"	189	189	1,09%	98,91%
25,400	1"	162	351	2,03%	97,97%
19,050	3/4"	183	534	3,09%	96,91%
12,700	1/2"	318	852	4,93%	95,07%
9,525	3/8"	695	1547	8,95%	91,05%
4,750	No. 4	1047	2594	15,01%	84,99%
PASA No. 4		14 687			
TOTAL		17281			
2,000	No. 10	87,00	87	29,80%	70,20%
0,425	No. 40	60,00	147	40,00%	60,00%
0,075	No. 200	193,00	340	72,80%	27,20%
TOTAL		500,00			



GRAVA G =	15,01%
ARENA S =	57,79%
FINOS F =	27,20%

HN =	12,44%
LL =	30,22%
LP =	25,63%
IP =	4,59%
IC =	

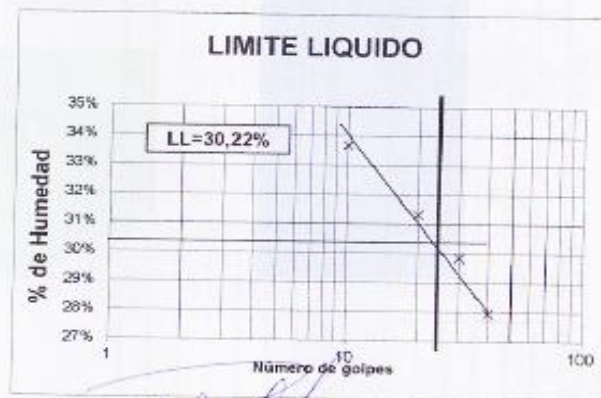
CLASIFICACION	
SUCS	SM
AASHO	A-1
IG	0

HUMEDAD	PESO	PESO	PESO	%
NATURAL	HUM.(GR.)	SECO.(GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
	23,70	21,90	7,95	12,90%
	25,44	23,50	7,30	11,98%

LIMITE LIQUIDO

NUMERO	PESO	PESO	PESO	%
GOLPES	HUM.(GR.)	SECO.(GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
10	29,54	23,95	7,36	33,69%
20	26,64	22,00	7,19	31,33%
30	28,48	23,60	7,25	29,85%
40	27,25	22,85	7,11	27,95%
LIMITE LIQUIDO				30,22%

LIMITE	PESO	PESO	PESO	%
PLASTICO	HUM.(GR.)	SECO.(GR.)	CAPS.(GR.)	HUMEDAD
	13,18	11,98	7,25	25,90%
	13,53	12,29	7,35	25,10%
	12,87	11,72	7,28	25,90%
				25,63%



ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELOTEC
ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
TELF: 0987 204-385 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA -
 PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYOS DE COMPACTACION DE SUELOS

AASHTO T 180-D

POZO Nº 3 ABS : 1+020

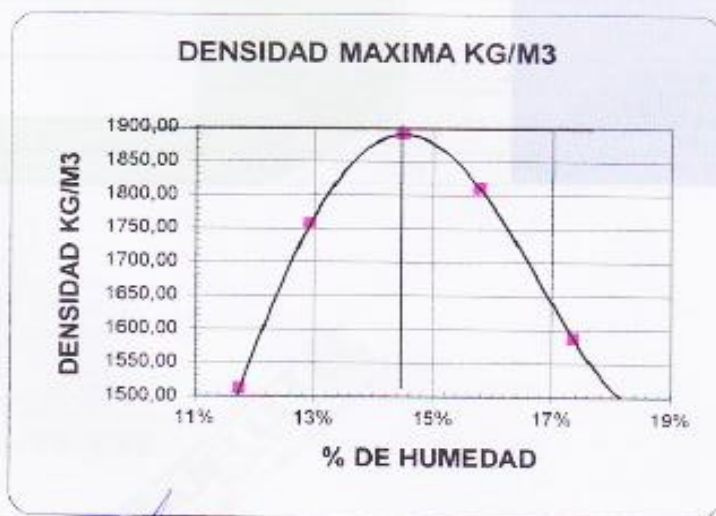
No. DE CAPAS 5	P. MARTILLO 10 LBS				ALT. CAIDA 18 PULG.
	1	2	3	4	5
MOLDE No.					
MOLDE +SUELO HUM. (GR)	9.543	10.163	10.397	9.906	
PESO MOLDE (GR)	5.986	5.986	5.986	5.986	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	3.557	4.177	4.411	3.920	
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2.105	2.105	2.105	2.105	
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	1.690	1.984	2.095	1.862	

MOLDE No.	1	2	3	4	
P. CAPSULA+SUELO HUM	70.19	62.56	51.66	53.35	
P. CAPSULA+SUELO SECO	63.59	56.26	45.50	45.55	
PESO CAPSULA	7.44	7.53	6.50	7.39	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	11.75%	12.93%	15.79%	17.36%	

DENSIDAD SECA (KG/M3)	1.512	1.757	1.810	1.587	
-----------------------	-------	-------	-------	-------	--

DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	1.890
-------------------------	-------

HUMEDAD OPTIMA	14.50%
----------------	--------



ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASISTENTE EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 204-383 / 0984 859-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYO DE CBR

POZO N° 3 ABS : 1+020

NUMERO DE CAPAS	5					
NUMERO DE GOLPES/CAPA	55		25		10	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
P. MUESTRA HUM. + MOLDE	14.048	14.074	13.513	13.604	13.493	13.630
PESO MOLDE	9.408	9.408	9.083	9.083	9.300	9.300
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2.108	2.108	2.107	2.107	2.105	2.105

CONTENIDO DE AGUA

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
P. MUESTRA HUM. + TARRO	75,86	72,96	71,88	67,90	78,72	75,85
P. MUESTRA SECA + TARRO	67,15	63,64	62,70	58,40	68,43	64,55
PESO DEL TARRO	7,90	8,45	8,40	8,20	8,35	8,99
% DE HUMEDAD	16,39%	16,89%	16,91%	18,92%	17,13%	20,34%
% DE HUMEDAD AGUA ABSORVIDA	0,50%		2,01%		3,21%	

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
DENSIDAD HUMEDA	2,200	2,213	2,103	2,146	1,992	2,057
DENSIDAD SECA	1,890	1,893	1,799	1,805	1,701	1,709


 ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASISTENCIA TECNICA Y LABORATORIO
 TELFS.: 0987 204-385 / 0989 856-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
 UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
 SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO										POZO Nº 3 ABS : 1+020	
ALT. DEL MOLDE		4,5 PULG.						AREA DEL PISTON			3 PULG.*2
FECHA	TIEMPO TRANS. DIAS	No. GOLPES/CAPA			55,00			No. GOLPES/CAPA			25,00
		L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	10,00
	0,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	
	1,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	
	2,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	
	3,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	

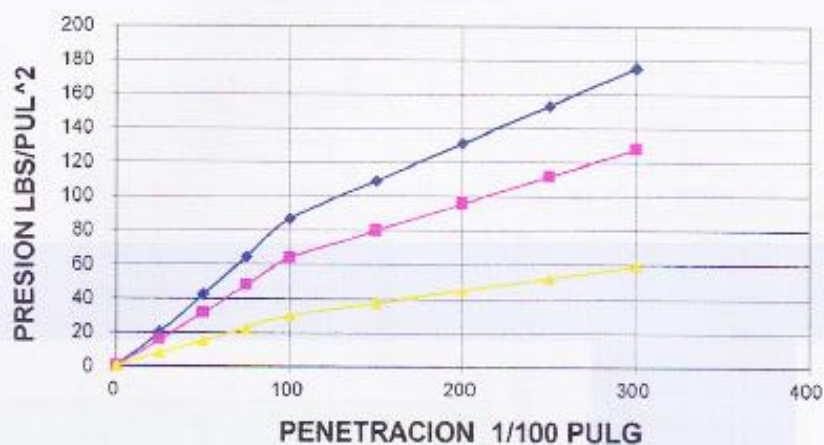
ENSAYO DE PENETRACION												
CONSTANTE DEL ANILLO					AREA DEL PISTON							
PENET. EN PULG.	No. GOLPES/CAPA				55,00				25,00			
	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR
0	0	0			0	0			0	0		
25	61	20			47	16			23	8		
50	128	43			96	32			46	15		
75	194	65			144	48			68	23		
100	261	87	1,000	8,70%	192	64	1,000	6,38%	90	30	1,000	3,00%
150	328	109			240	80			112	37		
200	395	132			288	96			134	45		
250	461	154			336	112			157	52		
300	528	176			384	128			179	60		

ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASesoría EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 204-385 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PENETRACION



CBR




 ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS. 0987 204-385 / 0984 858-274

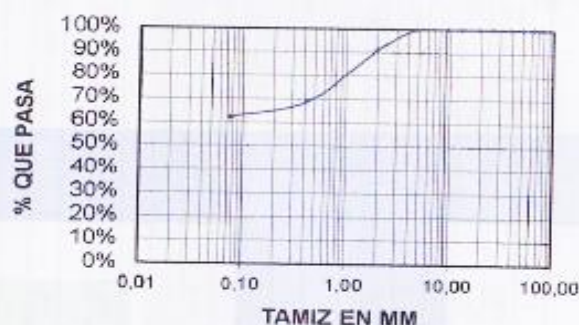
LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA : SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS

POZO N° 4 ABS : 1+530

TAMIZ		P. RET.	P. RET.	%	%
M.M.	U.S	PARC. (GR.)	ACUM. (GR.)	RET.	PASA
75,200	3"	0	0	0,00%	100,00%
63,500	2 1/2"	0	0	0,00%	100,00%
50,800	2"	0	0	0,00%	100,00%
38,100	1 1/2"	0	0	0,00%	100,00%
25,400	1"	0	0	0,00%	100,00%
19,050	3/4"	0	0	0,00%	100,00%
12,700	1/2"	0	0	0,00%	100,00%
9,525	3/8"	0	0	0,00%	100,00%
4,750	No. 4	0	0	0,00%	100,00%
PASA No. 4		0			
TOTAL		0			
2,000	No. 10	44,00	44	8,80%	91,20%
0,425	No. 40	111,00	155	31,00%	69,00%
0,075	No. 200	35,00	190	38,00%	62,00%
TOTAL		500,00			



GRAVA G =	0,00%
ARENA S =	38,00%
FINOS F =	62,00%

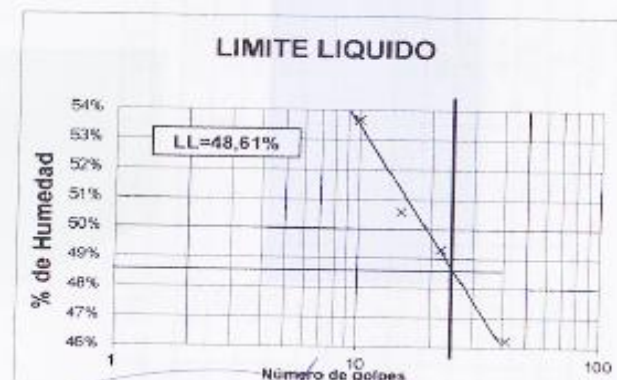
HN =	17,78%
LL =	48,61%
LP =	29,96%
IP =	18,64%
IC =	

CLASIFICACION	
SUCS	ML
AASHO	A-7-6
IG	10

HUMEDAD	PESO	PESO	PESO	%
NATURAL	HUM. (GR.)	SECO. (GR.)	CAPS. (GR.)	HUMEDAD
	23,95	21,62	8,28	17,47%
	25,70	22,93	7,62	18,09%

LIMITE LIQUIDO				
NUMERO	PESO	PESO	PESO	%
GOLPES	HUM. (GR.)	SECO. (GR.)	CAPS. (GR.)	HUMEDAD
10	29,69	21,94	7,50	53,67%
15	26,79	20,24	7,29	50,58%
22	28,68	21,63	7,33	49,30%
41	27,44	21,03	7,17	46,25%
LIMITE LIQUIDO				48,61%

LIMITE	PESO	PESO	PESO	%
PLASTICO	HUM. (GR.)	SECO. (GR.)	CAPS. (GR.)	HUMEDAD
	13,72	12,35	7,86	30,51%
	14,22	12,82	8,02	29,17%
	13,46	12,14	7,77	30,21%
				29,96%



ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELOTEC
ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
TELFS. 0987 204-355 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO :

VIA TENDALES - ALPACRUZ

UBICACIÓN :

PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY

SOLICITA

SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYOS DE COMPACTACION DE SUELOS

AASHTO T 180-D

POZO Nº 4 ABS : 1+530

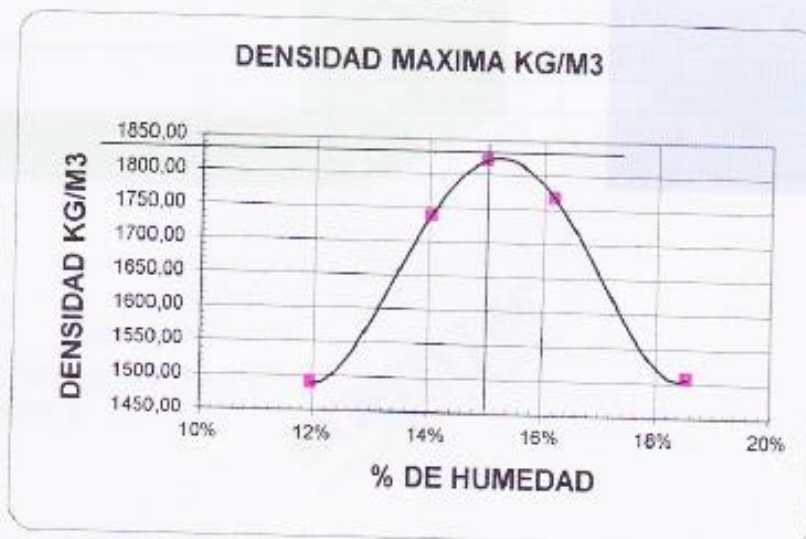
No. DE CAPAS	P. MARTILLO 10 LBS				ALT. CAIDA 18 PULG.
5	1	2	3	4	5
MOLDE No.					
MOLDE +SUELO HUM. (GR)	9.527	10.188	10.337	9.774	
PESO MOLDE (GR)	6.007	6.007	6.007	6.007	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	3.520	4.181	4.330	3.767	
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2.109	2.109	2.109	2.109	
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	1.669	1.982	2.053	1.796	

MOLDE No.	1	2	3	4	
P. CAPSULA+SUELO HUM	67,18	59,80	49,06	50,61	
P. CAPSULA+SUELO SECO	60,75	53,29	43,20	43,75	
PESO CAPSULA	6,96	6,88	7,00	6,77	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	11,95%	14,03%	16,19%	18,55%	

DENSIDAD SECA (KG/M3)	1.491	1.739	1.767	1.507	
-----------------------	-------	-------	-------	-------	--

DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	1.820
-------------------------	-------

HUMEDAD OPTIMA	15,00%
----------------	--------



ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELOTEC
ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
TELEFONO: 0987 204-385 / 0989 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYO DE CBR

POZO N° 4 ABS : 1+530

NUMERO DE CAPAS	5					
NUMERO DE GOLPES/CAPA	55		25		10	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
P. MUESTRA HUM. + MOLDE	13.978	14.065	13.663	13.823	13.290	13.480
PESO MOLDE	9.252	9.252	9.223	9.223	9.022	9.022
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2.111	2.111	2.088	2.088	2.113	2.113

CONTENIDO DE AGUA

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
P. MUESTRA HUM. + TARRO	75,77	71,85	70,91	66,77	77,68	74,72
P. MUESTRA SECA + TARRO	62,88	58,96	59,22	54,24	64,53	60,12
PESO DEL TARRO	6,81	7,35	7,33	7,13	7,15	7,85
% DE HUMEDAD	22,99%	24,98%	22,53%	26,60%	22,92%	27,93%
% DE HUMEDAD AGUA ABSORVIDA	1,99%		4,07%		5,01%	

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
DENSIDAD HUMEDA	2.239	2.280	2.126	2.203	2.020	2.110
DENSIDAD SECA	1.820	1.824	1.735	1.740	1.643	1.649

ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELOTEC
 ASISTENCIA E INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 204-385 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
 UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
 SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

POZO N° 4 ABS : 1+530

ALT. DEL MOLDE		4.5 PULG.			AREA DEL PISTON					
		55.00			25.00			10.00		
FECHA	TIEMPO	No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA		
	TRANS. DIAS	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L.DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %
	0.00	0.000	4.500	0.00%	0.000	4.500	0.00%	0.000	4.500	0.00%
	1.00	5.000	4.505	0.11%	8.000	4.508	0.18%	10.000	4.510	0.22%
	2.00	11.000	4.511	0.24%	15.000	4.515	0.33%	22.000	4.522	0.49%
	3.00	22.000	4.522	0.49%	30.000	4.530	0.67%	45.000	4.545	1.00%

ENSAYO DE PENETRACION

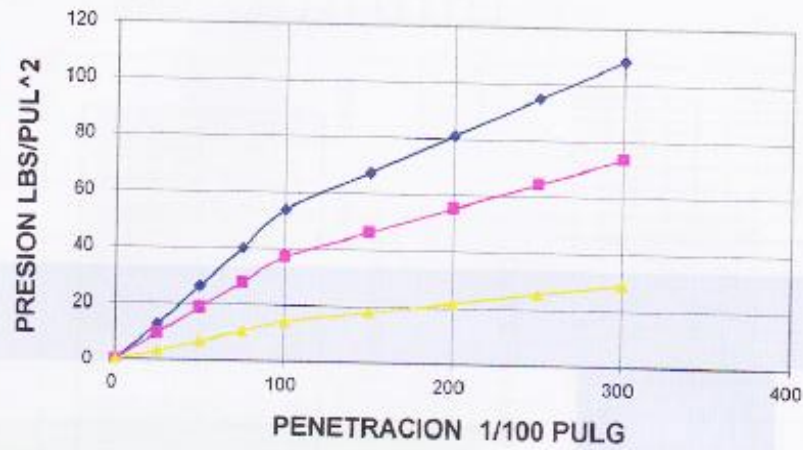
CONSTANTE DEL ANILLO					AREA DEL PISTON							
55.00					25.00				10.00			
PENET. EN PULG.	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	CARGA LBS	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR
0	0	0			0	0			0	0		
25	39	13			29	10			9	3		
50	80	27			56	19			20	7		
75	121	40			84	28			31	10		
100	162	54	1.000	5.39%	111	37	1.000	3.70%	43	14	1.000	1.42%
150	203	68			138	46			54	18		
200	244	81			166	55			65	22		
250	285	95			193	64			76	25		
300	326	109			221	74			87	29		

ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

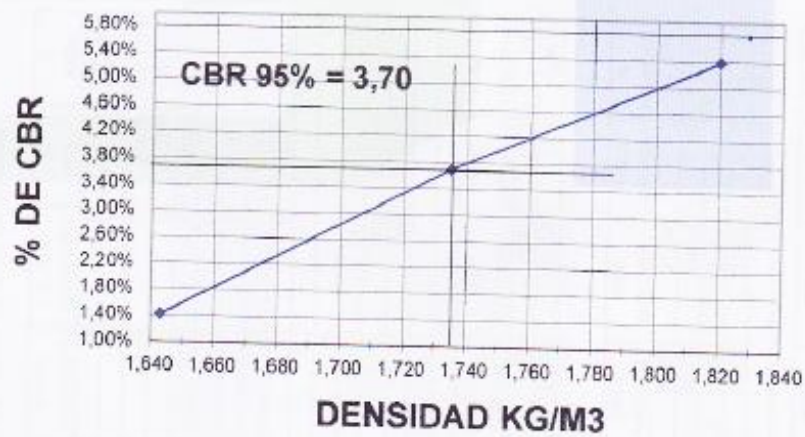
SUELOTEC
 ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
 TELFS.: 0987 204 385 / 0984 858 274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PENETRACION



CBR



ING. RODRIGO PESANTEZZ
GERENTE

SUELOTEC
ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL
TELF: 0987 204 385 / 0984 558 774

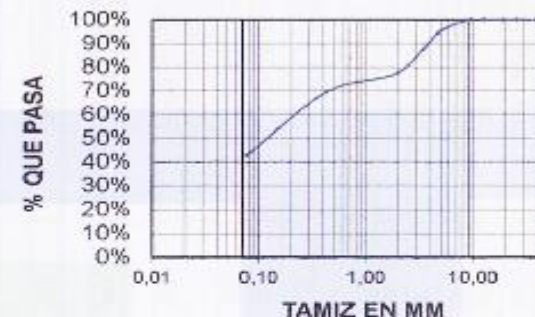
LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
SOLICITA : SR. JORGE AUQUILLA

POZO Nº 5 ABS : 2+020

ENSAYOS DE CLASIFICACION DE SUELOS

TAMIZ		P. RET.	P. RET.	%	%
M.M.	U.S.	PARC. (GR.)	ACUM. (GR.)	RET.	PASA
75,200	3"	0	0	0,00%	100,00%
63,500	2 1/2"	0	0	0,00%	100,00%
50,800	2"	0	0	0,00%	100,00%
38,100	1 1/2"	0	0	0,00%	100,00%
25,400	1"	0	0	0,00%	100,00%
19,050	3/4"	0	0	0,00%	100,00%
12,700	1/2"	0	0	0,00%	100,00%
9,525	3/8"	0	0	0,00%	100,00%
4,750	No. 4	235	235	5,28%	94,72%
PASA No. 4		4 213			
TOTAL		4448			
2,000	No. 10	89,00	89	22,14%	77,86%
0,425	No. 40	44,00	133	30,48%	69,52%
0,075	No. 200	142,00	275	57,38%	42,62%
TOTAL		500,00			

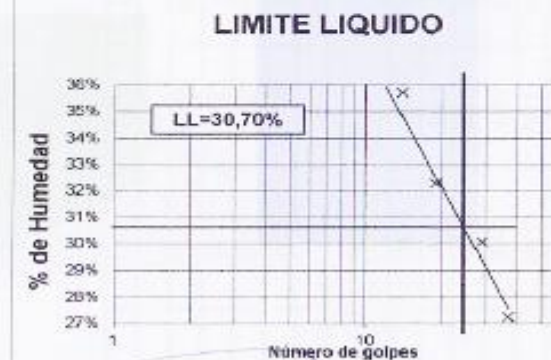


HUMEDAD	PESO	PESO	PESO	%
NATURAL	HUM. (GR.)	SECO. (GR.)	CAPS. (GR.)	HUMEDAD
	26,70	23,66	7,58	18,91%
	28,50	25,21	7,35	18,42%

LIMITE LIQUIDO

NUMERO	PESO	PESO	PESO	%
GOLPES	HUM. (GR.)	SECO. (GR.)	CAPS. (GR.)	HUMEDAD
14	29,60	23,77	7,45	35,72%
19	26,70	21,95	7,25	32,31%
29	28,50	23,61	7,35	30,07%
37	27,33	23,02	7,20	27,24%
LIMITE LIQUIDO				30,70%

LIMITE	PESO	PESO	PESO	%
PLASTICO	HUM. (GR.)	SECO. (GR.)	CAPS. (GR.)	HUMEDAD
	12,18	11,00	6,25	24,84%
	12,54	11,28	6,40	25,82%
	11,83	10,70	6,26	25,45%
				25,37%



ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELO
ASOCIADOS
TELFS.: 0987 200-38

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO :
UBICACIÓN :

VIA TENDALES - ALPACRUZ
PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA
DEL AZUAY
SR. JORGE AUQUILLA

SOLICITA

ENSAYOS DE COMPACTACION DE SUELOS

AASHTO T 180-D

POZO N° 5 ABS : 2+020

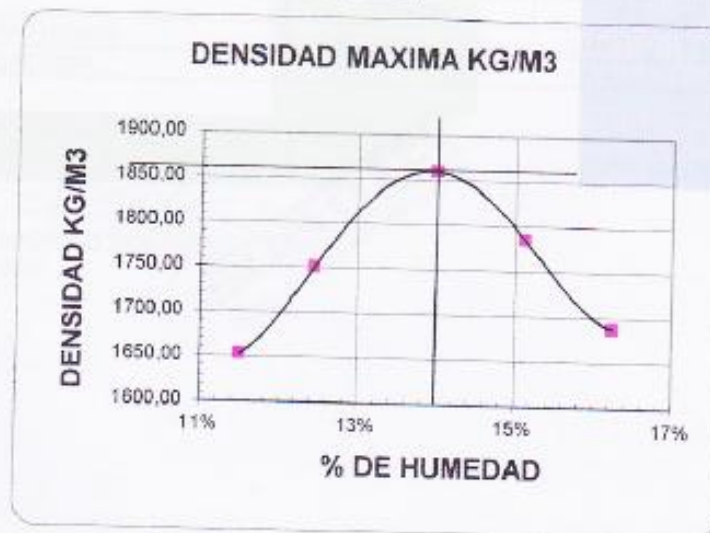
No. DE CAPAS	P. MARTILLO 10 LBS				ALT. CAIDA 18 PULG.
5					5
MOLDE No.	1	2	3	4	
MOLDE +SUELO HUM. (GR)	10.555	10.820	11.002	10.805	
PESO MOLDE (GR)	6.676	6.676	6.676	6.676	
PESO SUELO HUMEDO (GR)	3.879	4.144	4.326	4.129	
VOLUMEN MOLDE (CM3)	2.105	2.105	2.105	2.105	
DENSIDAD HUMEDA (KG/M3)	1.843	1.969	2.055	1.962	

MOLDE No.	1	2	3	4	
P. CAPSULA+SUELO HUM	24,65	22,75	27,55	16,65	
P. CAPSULA+SUELO SECO	22,85	21,15	24,85	15,05	
PESO CAPSULA	7,20	8,30	7,00	5,20	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	11,50%	12,45%	15,13%	16,24%	

DENSIDAD SECA (KG/M3)	1.653	1.751	1.785	1.687	
-----------------------	-------	-------	-------	-------	--

DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	1.860
-------------------------	-------

HUMEDAD OPTIMA	14,00%
----------------	--------



ING. RODRIGO PESANTEZ
GERENTE

SUELOTEC
Asesoría en Ingeniería Civil
TELFS: 0987 204-385 / 0984 858-274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
 UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
 SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

ENSAYO DE CBR

POZO N° 5 ABS : 2+020

NUMERO DE CAPAS	5					
NUMERO DE GOLPES/CAPA	55		25		10	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
P. MUESTRA HUM. + MOLDE	13.909	13.983	13.741	13.884	13.474	13.708
PESO MOLDE	9.237	9.237	9.292	9.292	9.247	9.247
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2.118	2.118	2.121	2.121	2.125	2.125

CONTENIDO DE AGUA

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
P. MUESTRA HUM. + TARRO	47,99	50,20	50,41	52,44	54,24	63,80
P. MUESTRA SECA + TARRO	41,88	43,23	43,97	44,69	47,09	52,90
PESO DEL TARRO	9,07	8,44	8,75	8,72	9,00	8,50
% DE HUMEDAD	18,62%	20,03%	18,29%	21,55%	18,77%	24,55%
% DE HUMEDAD AGUA ABSORVIDA	1,41%		3,26%		5,78%	

	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
	REMOJO		REMOJO		REMOJO	
DENSIDAD HUMEDA	2,206	2,241	2,098	2,165	1,989	2,098
DENSIDAD SECA	1,860	1,867	1,774	1,781	1,675	1,684

ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
 ASesoría EN INGENIERIA CIVIL
 TELF5: 0987 204 385 / 0984 858 274

LABORATORIO DE SUELOS "SUELOTEC S.A"

PROYECTO : VIA TENDALES - ALPACRUZ
 UBICACIÓN : PARROQUIA QUINGEO - CANTON CUENCA - PROVINCIA DEL AZUAY
 SOLICITA SR. JORGE AUQUILLA

POZO N° 5 ABS : 2-020

ENSAYO DE ESPONJAMIENTO

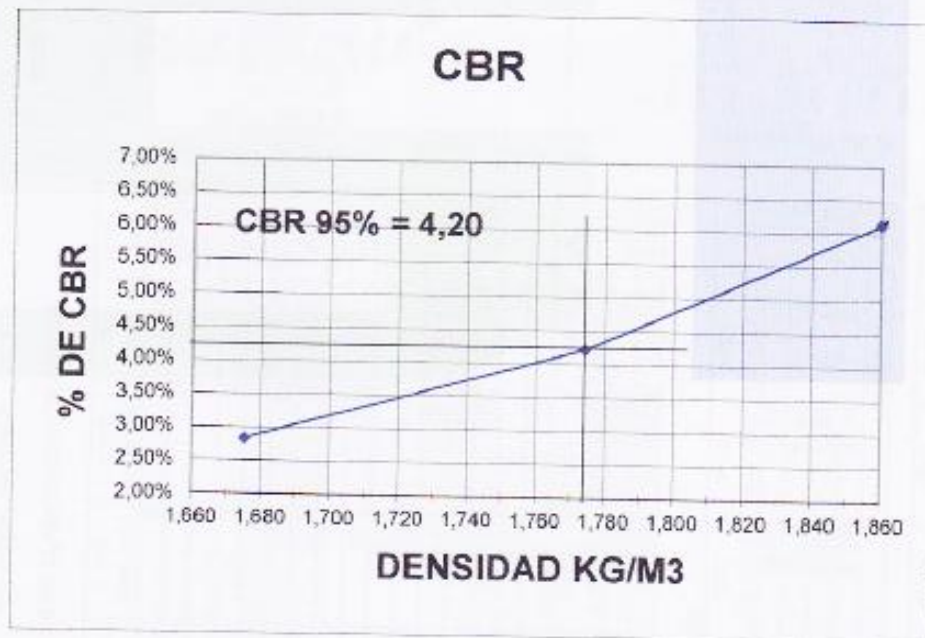
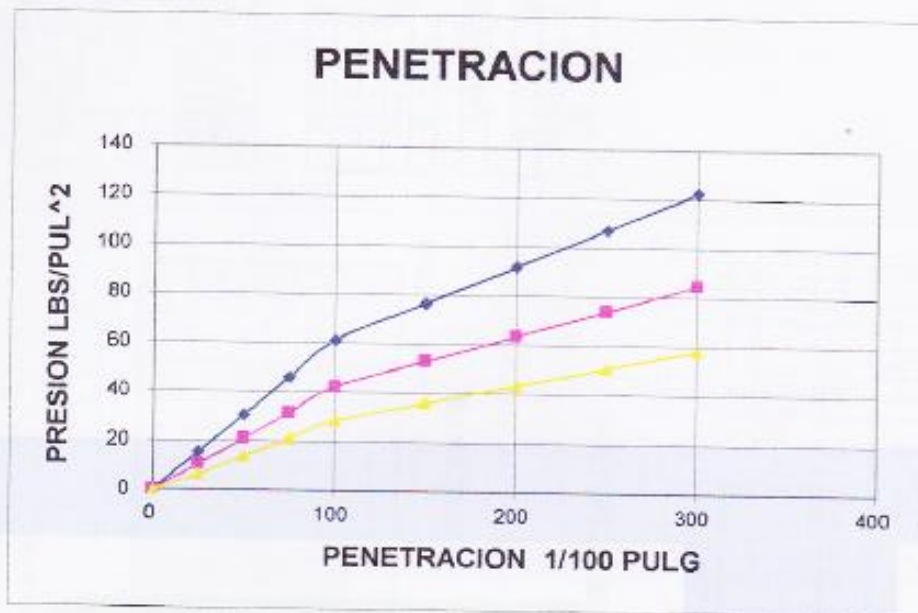
ALT. DEL MOLDE		4,5 PULG			AREA DEL PISTON			3 PULG.²		
FECHA	TIEMPO TRANS. DIAS	No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA		
		L DIAL PULG	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %	L DIAL PULG.	H. MUEST. PULG.	ESPONJ. %
	0,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	1,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	2,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%
	3,00	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%	0,000	4,500	0,00%

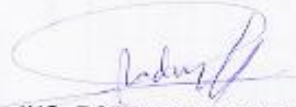
ENSAYO DE PENETRACION

CONSTANTE DEL ANILLO		55,00			AREA DEL PISTON			3 PULG.²		
PENET. EN PULG.	CARGA LBS	No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA			No. GOLPES/CAPA		
		PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR	PRESION LBS/PUL2	P. STAND. LB/PULG2	VALOR CBR
0	0	0			0	0		0	0	
25	46	15			31	10		19	6	
50	92	31			63	21		41	14	
75	138	46			95	32		63	21	
100	184	61	1,000	6,13%	127	42	1,000	85	28	1,000
150	230	77			158	53		107	36	
200	276	92			190	63		130	43	
250	322	107			222	74		152	51	
300	368	123			254	85		174	58	

ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

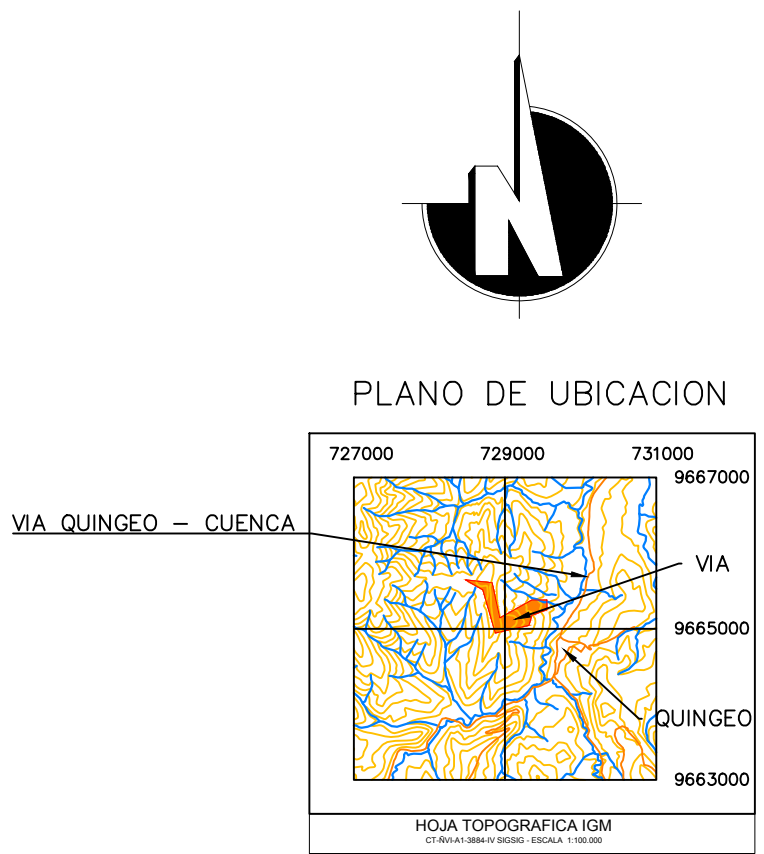
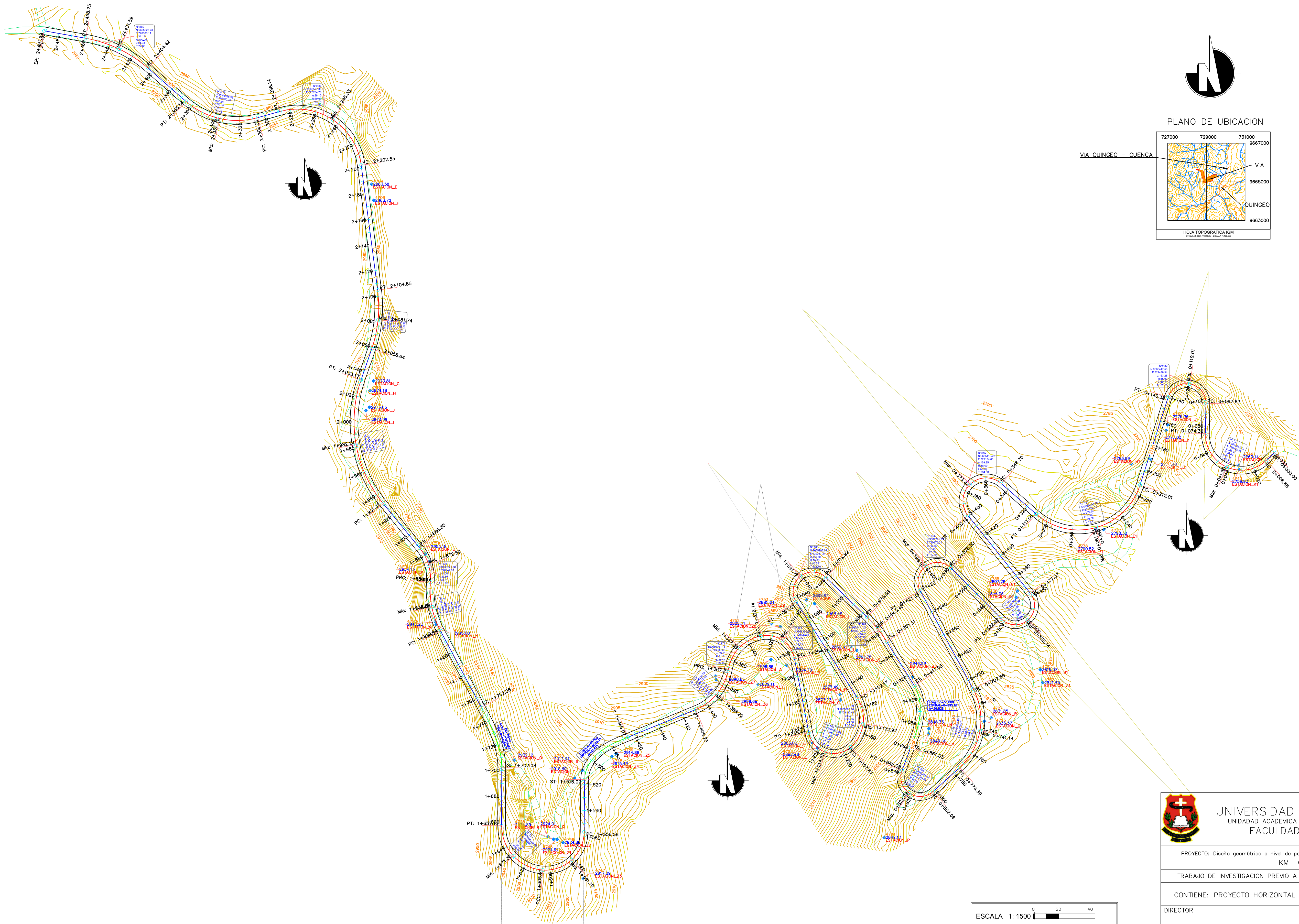
SUELOTEC
 ASesoría y Muestreo de SUELOS
 TEL: 0987 204-385 / 0984 858-274




ING. RODRIGO PESANTEZ
 GERENTE

SUELOTEC
ASESORIA Y INGENIERIA CIVIL
 TELF.: 0987 204 385 / 0984 858 274

Anexo B: Planos, diseño horizontal y vertical de la vía



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
UNIDAD ACADEMICA DE ING. CIVIL, ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: Diseño geométrico a nivel de pavimento flexible de la vía JORGE AUQUILLA
KM 0+000-2+492

TRABAJO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO CIVIL

CONTIENE: PROYECTO HORIZONTAL Y UBICACION

LAMINA:
1/10

DIRECTOR

ING. EDMUNDO BARRERA
CATEDRATICO UCACUE.

ESCALA:

1:1500

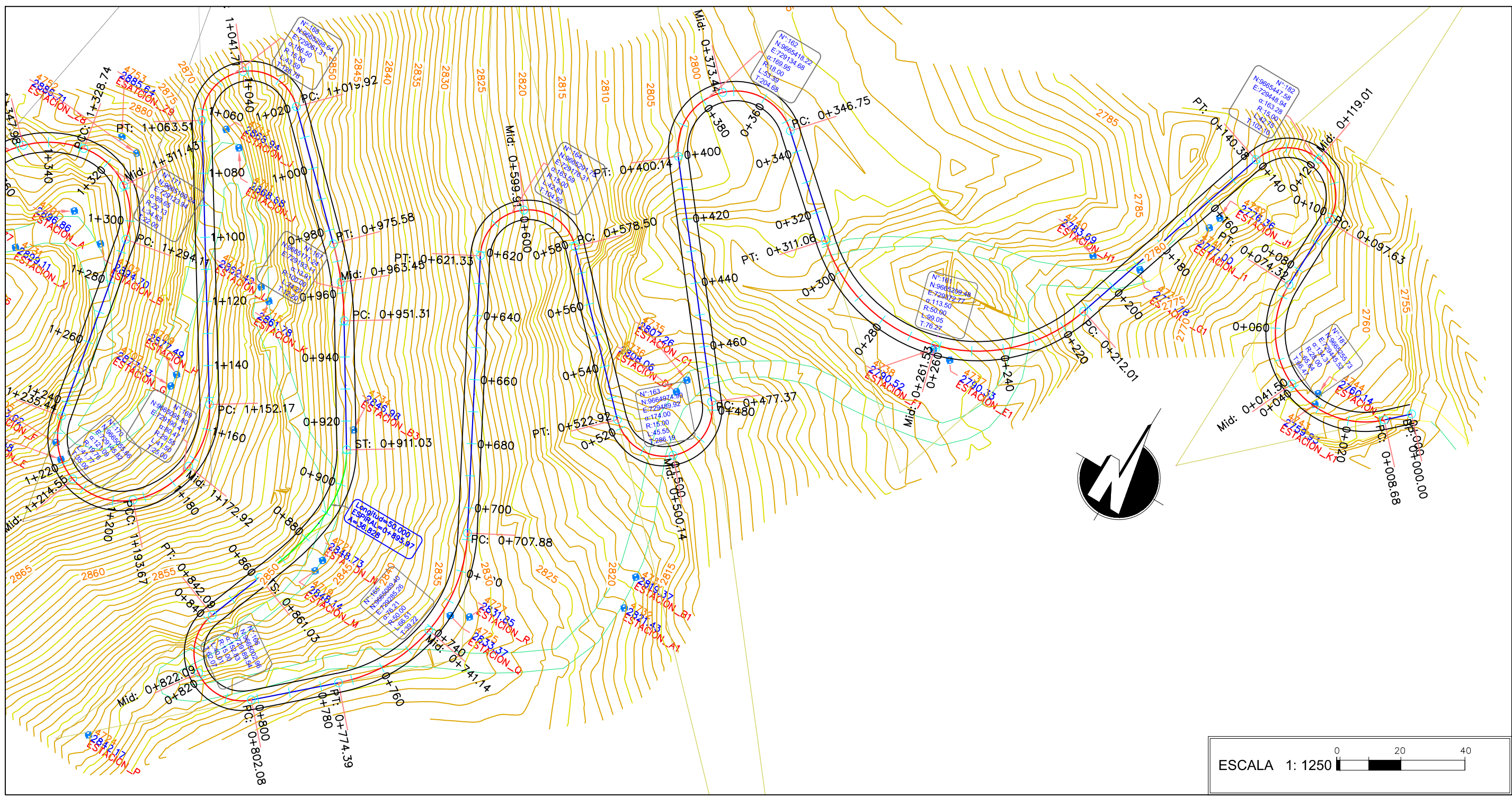
DISEÑO

JORGE AUQUILLA

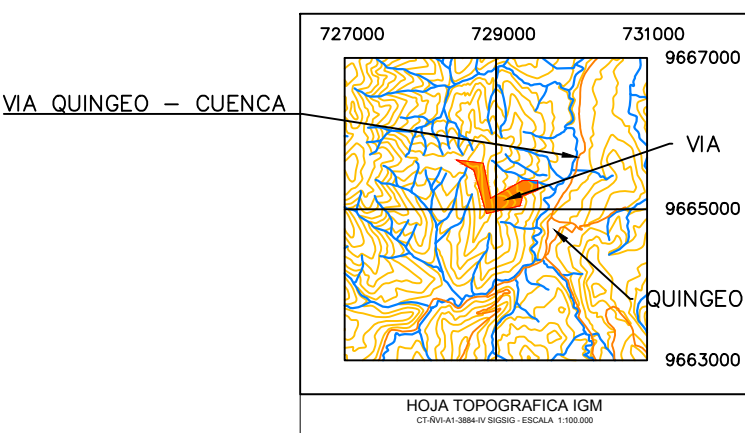
FECHA:

MARZO- 2016

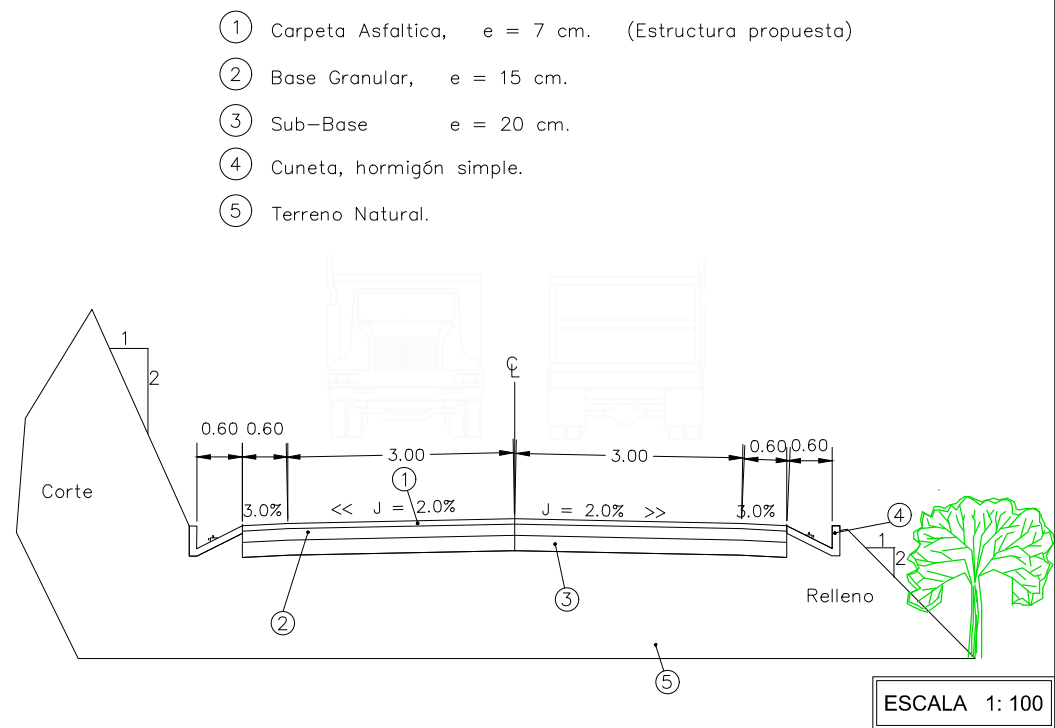
PROYECTO HORIZONTAL



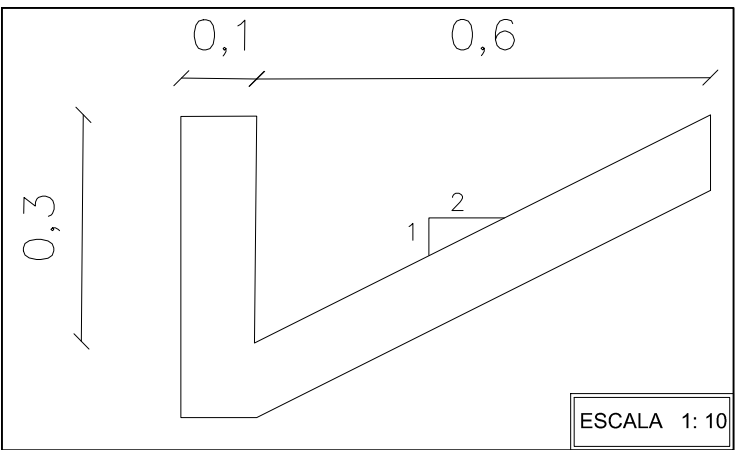
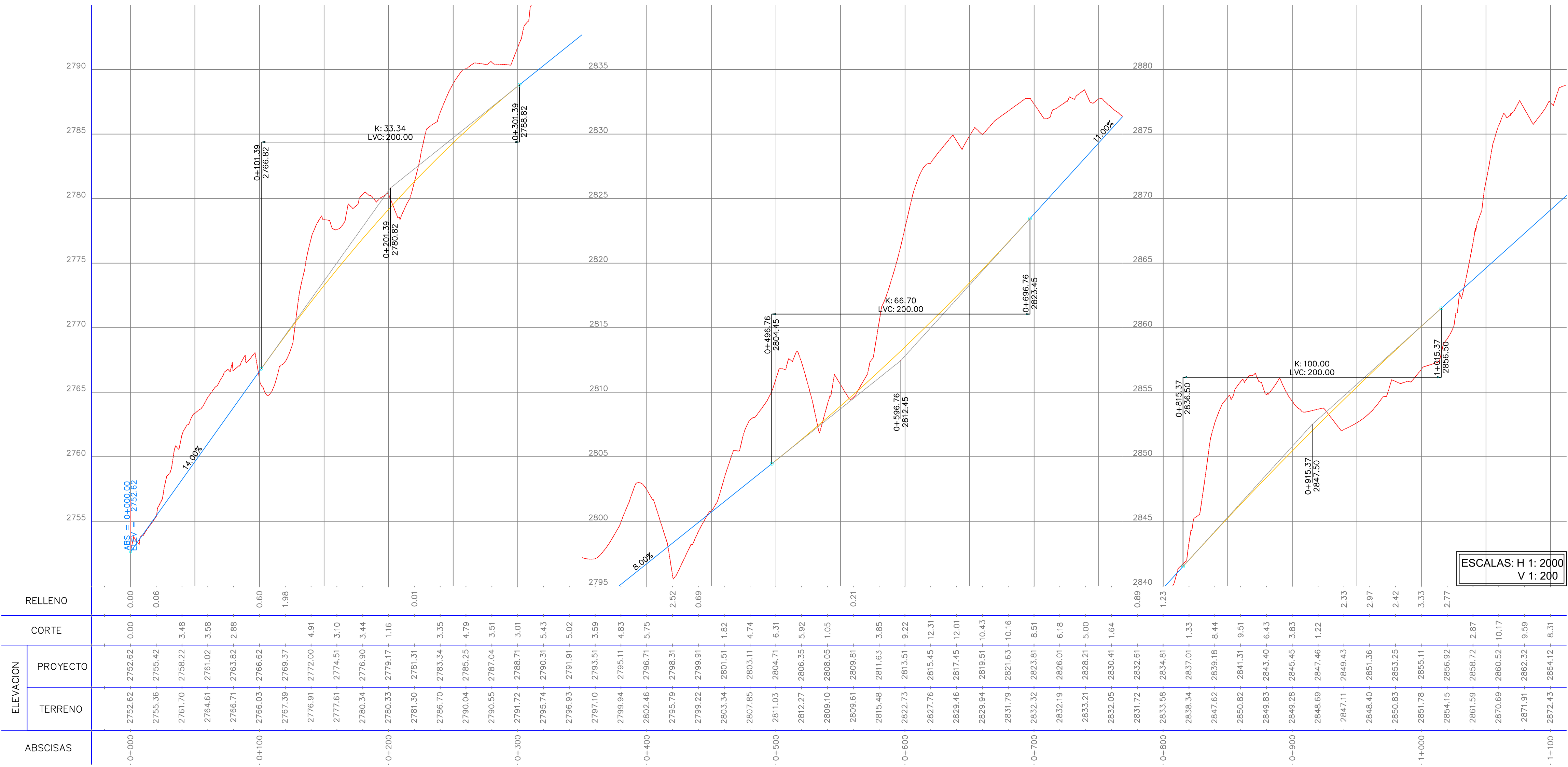
PLANO DE UBICACION



SECCION TIPO

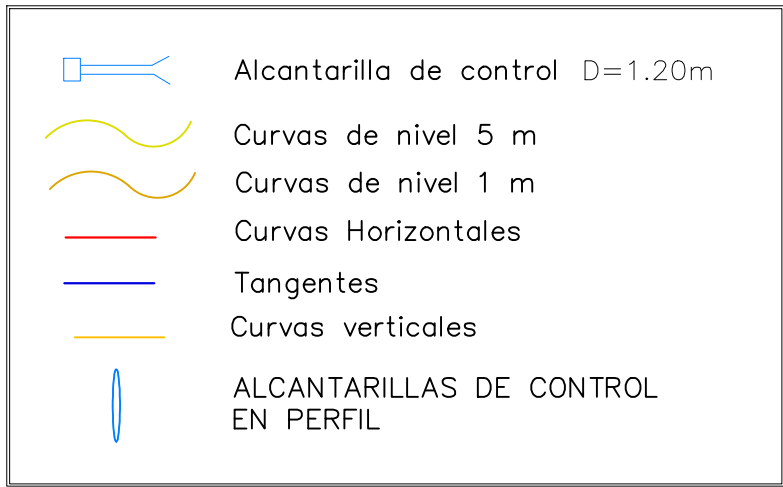


PROYECTO VERTICAL



DETALLES DE CUNETA

SIMBOLOGIA



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
UNIDAD ACADEMICA DE ING. CIVIL, ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: Diseño geométrico a nivel de pavimento flexible de la vía JORGE AUQUILLA
KM 0+000-1+100

TRABAJO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO CIVIL

CONTIENE: PROYECTO HORIZONTAL Y VERTICAL

LAMINA:
2/10

DIRECTOR

ING. EDMUNDO BARRERA
CATEDRATICO UCACUE.

ESCALA:
LAS INDICADAS

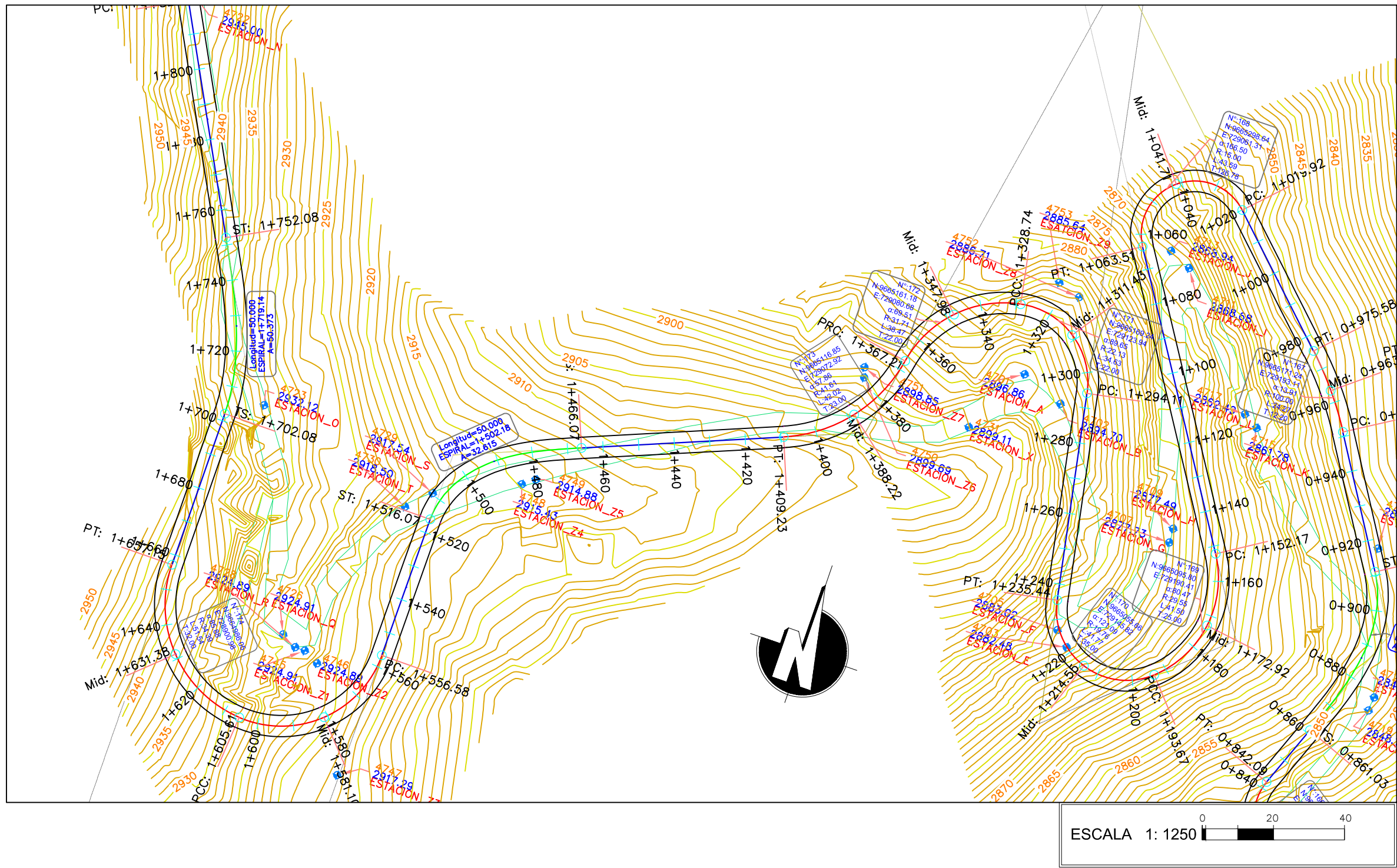
DISEÑO

JORGE AUQUILLA

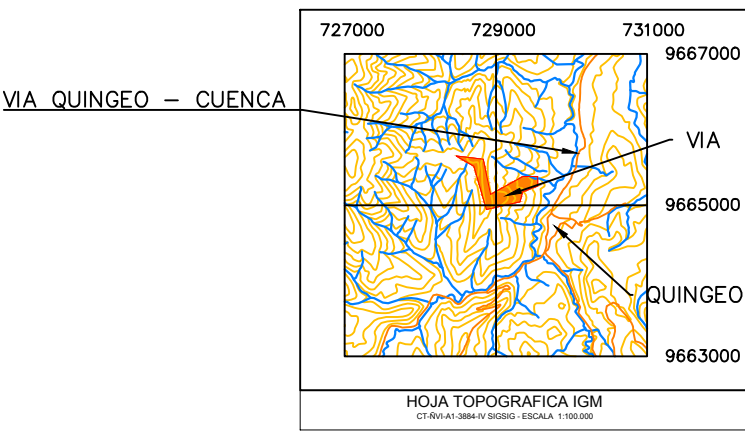
FECHA:

MARZO- 2016

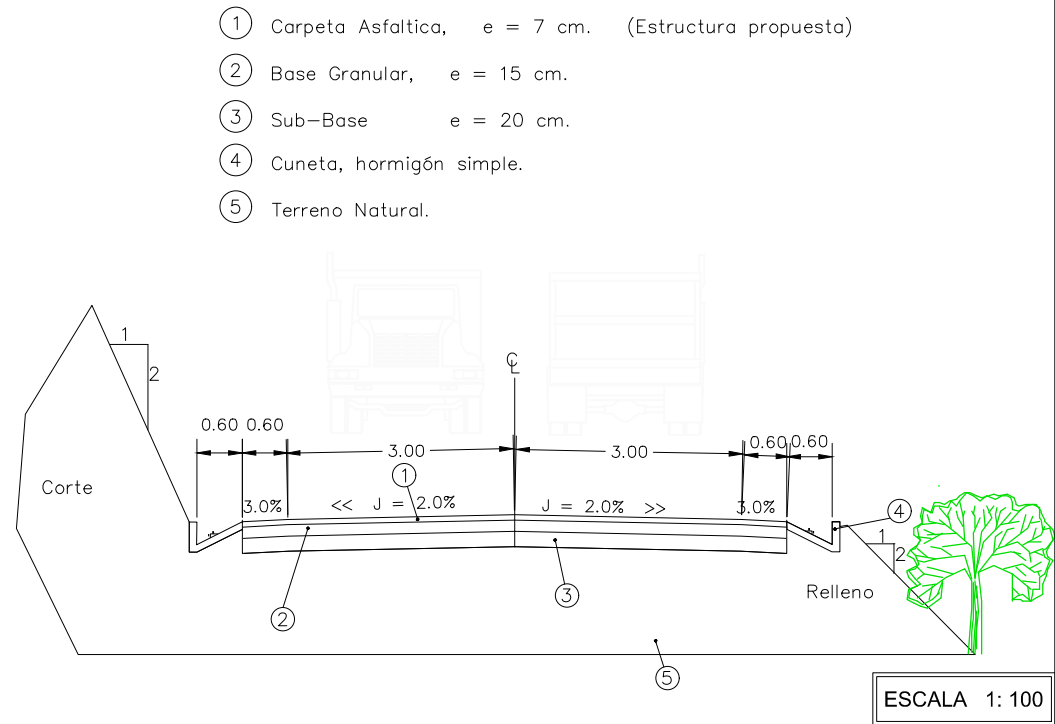
PROYECTO HORIZONTAL



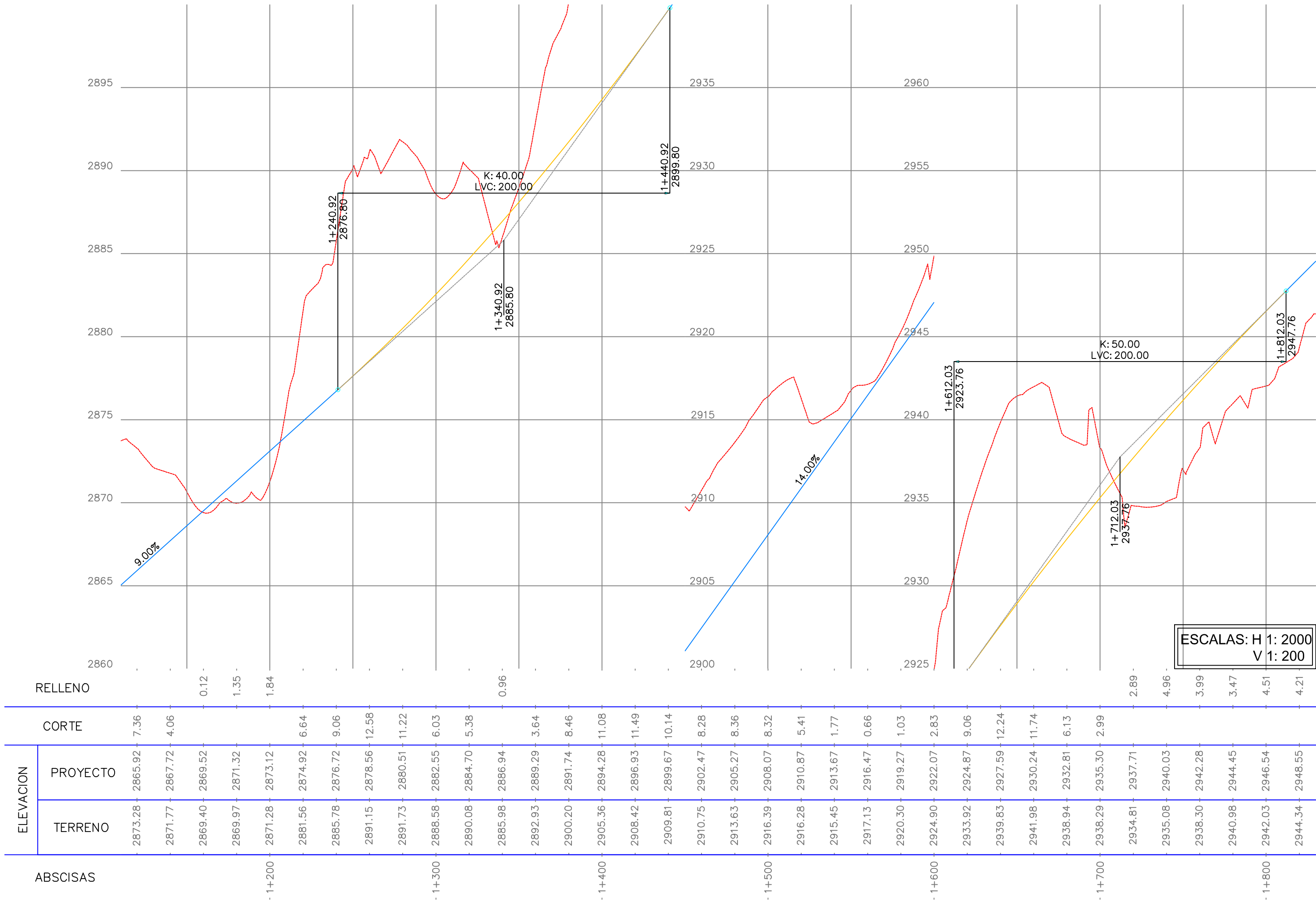
PLANO DE UBICACION



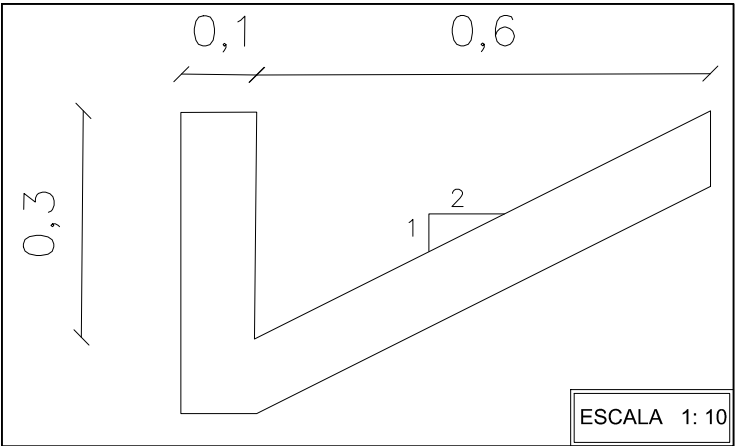
SECCION TIPO



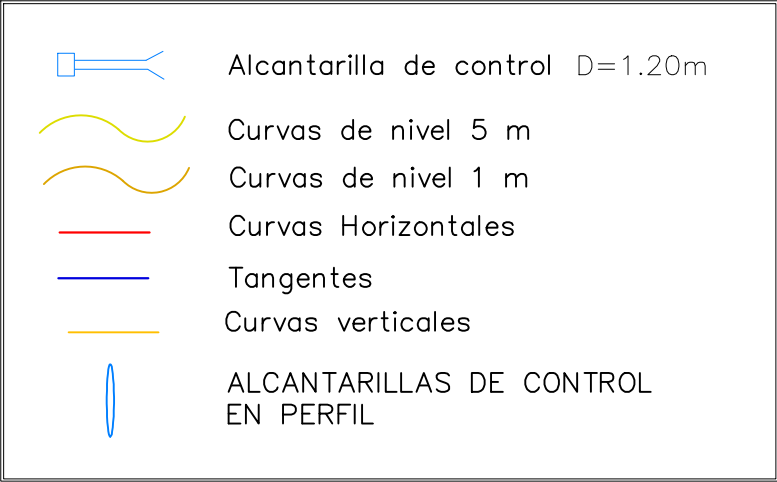
PROYECTO VERTICAL



DETALLES DE CUNETA



SIMBOLOGIA



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
UNIDAD ACADEMICA DE ING. CIVIL, ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: Diseño geométrico a nivel de pavimento flexible de la vía JORGE AUQUILLA
KM 1+110-1+820

TRABAJO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO CIVIL

CONTIENE: PROYECTO HORIZONTAL Y VERTICAL

LAMINA:
3/10

DIRECTOR

ING. EDMUNDO BARRERA .
CATEDRATICO UCACUE.

ESCALA:
LAS INDICADAS

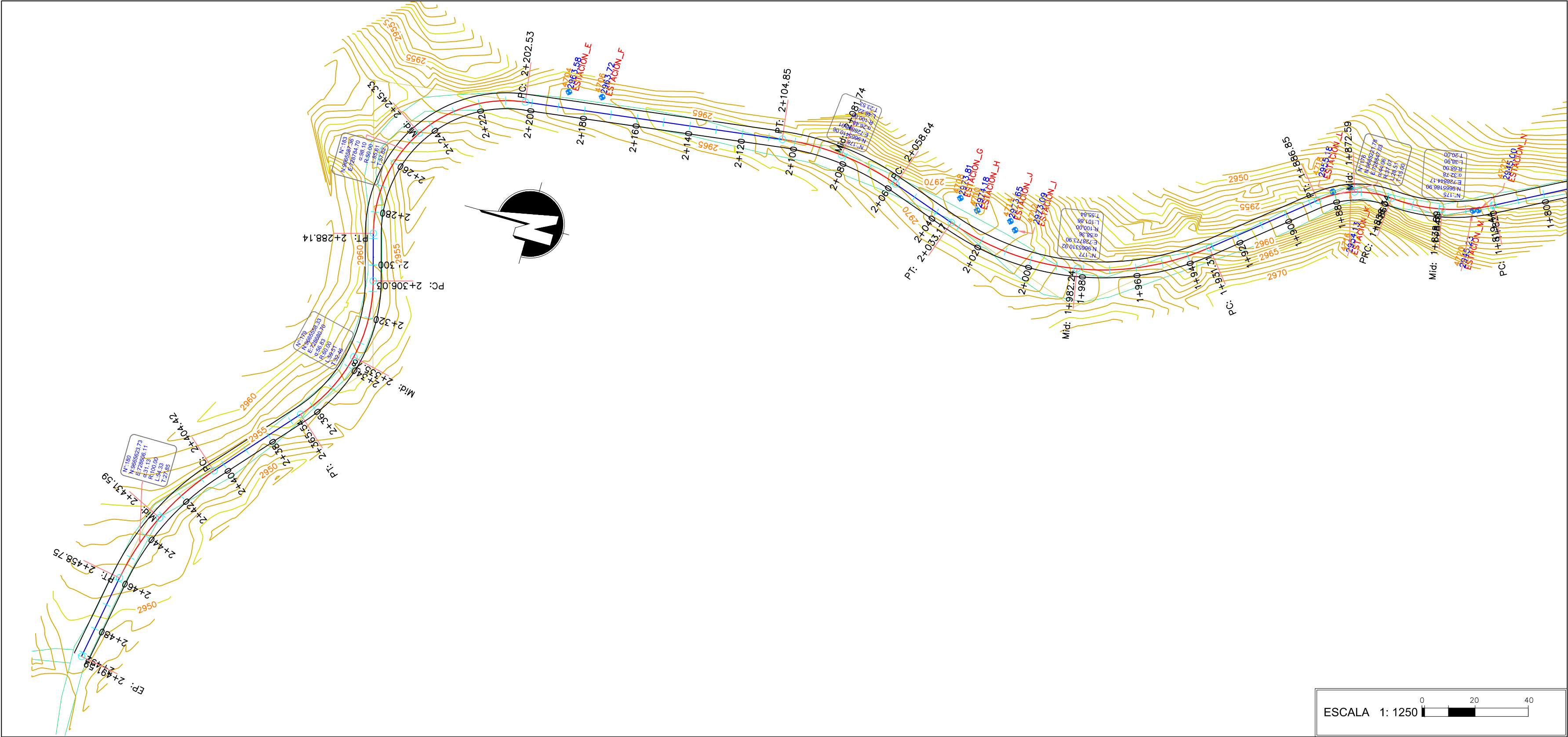
DISEÑO

JORGE AUQUILLA

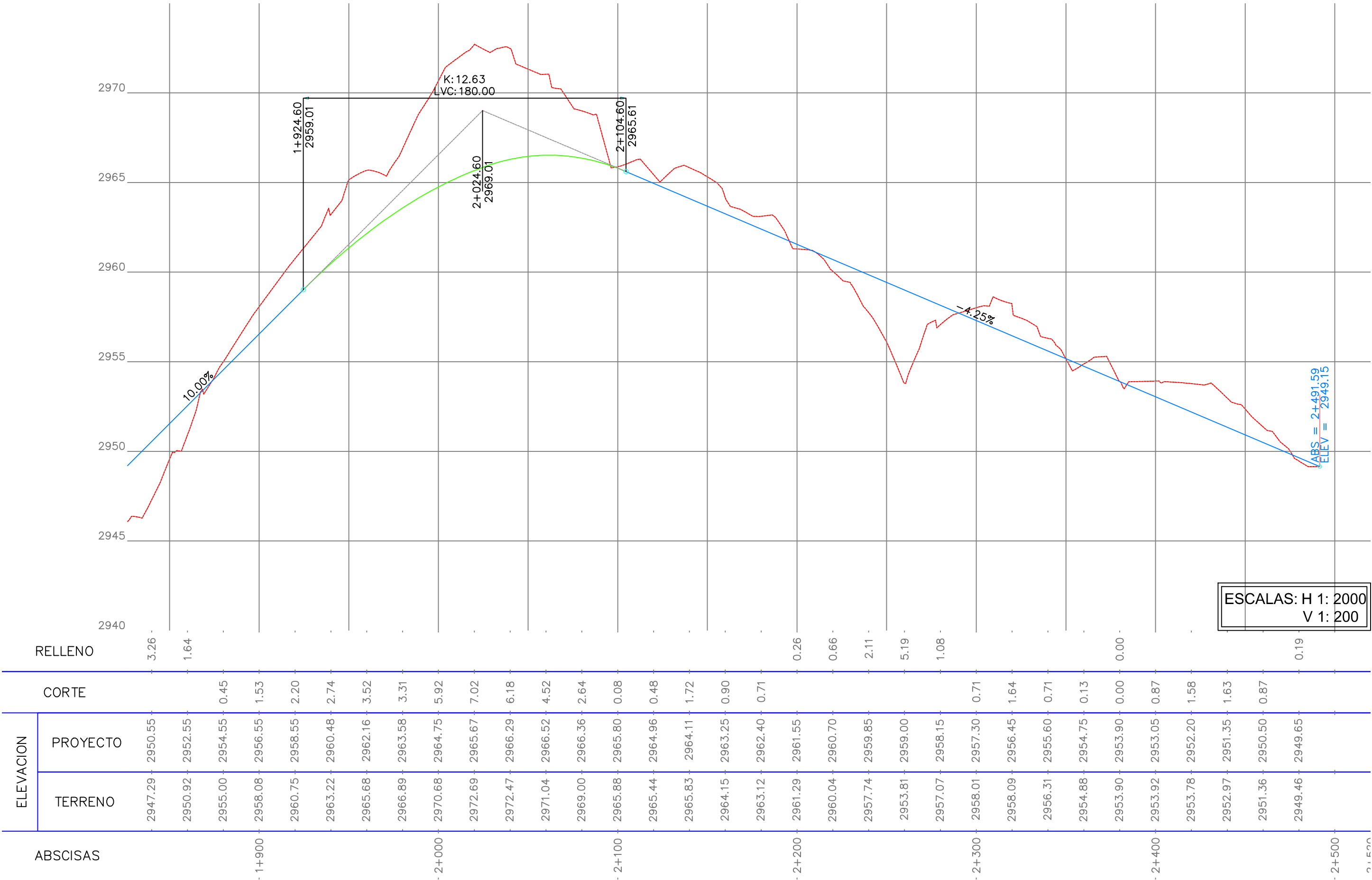
FECHA:

MARZO- 2016

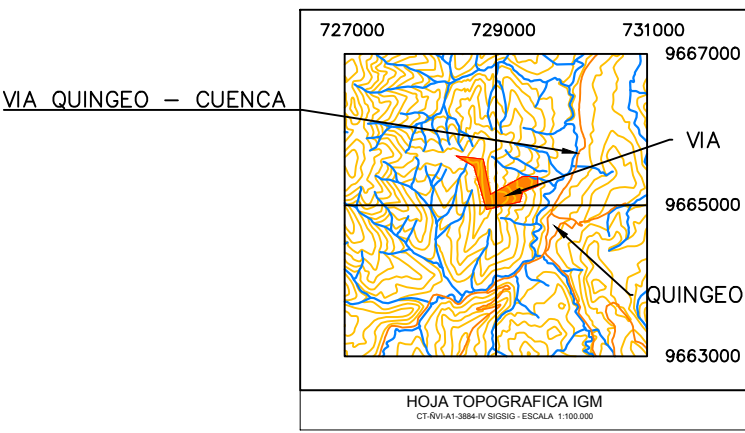
PROYECTO HORIZONTAL



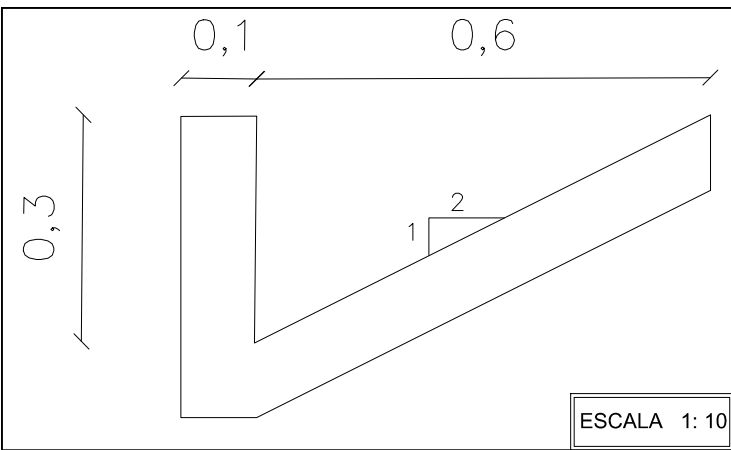
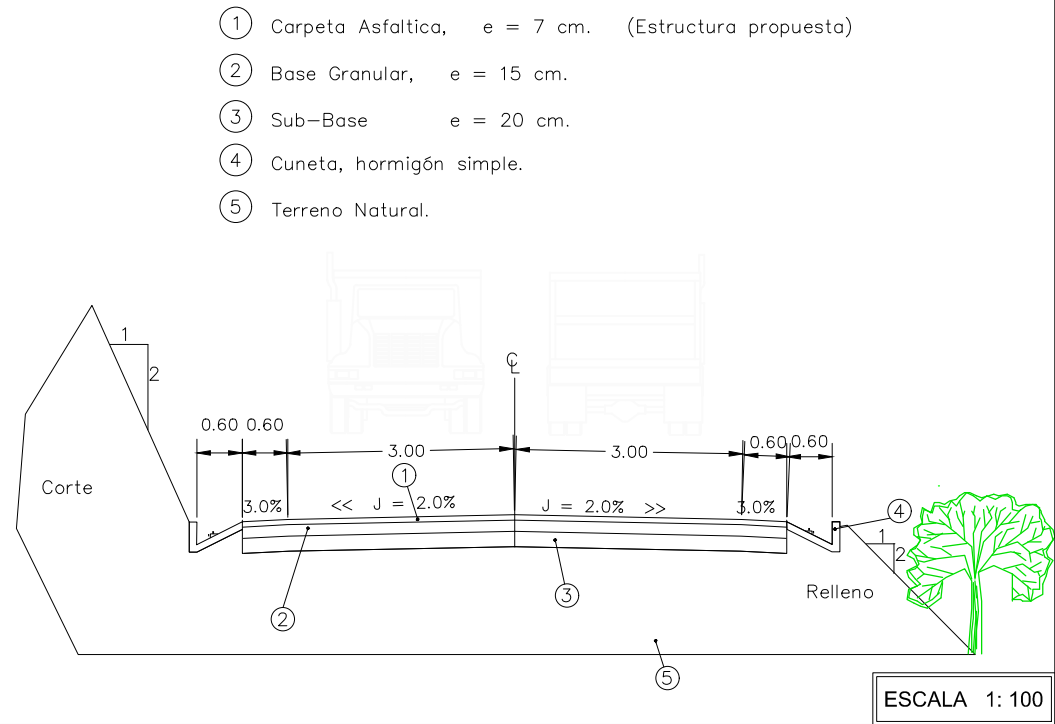
PROYECTO VERTICAL



PLANO DE UBICACION

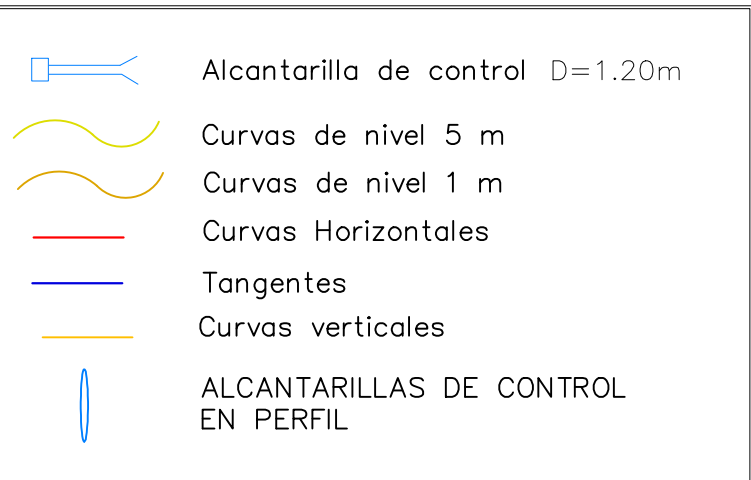


SECCION TIPO



DETALLES DE CUNETA

SIMBOLOGIA



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
UNIDAD ACADEMICA DE ING. CIVIL, ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: Diseño geométrico a nivel de pavimento flexible de la vía JORGE AUQUILLA
KM 1+830-2+492

TRABAJO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO CIVIL

CONTIENE: PROYECTO HORIZONTAL Y VERTICAL

LAMINA:
4/10

DIRECTOR

ING. EDMUNDO BARRERA
CATEDRATICO UCACUE.

ESCALA:
LAS INDICADAS

DISEÑO

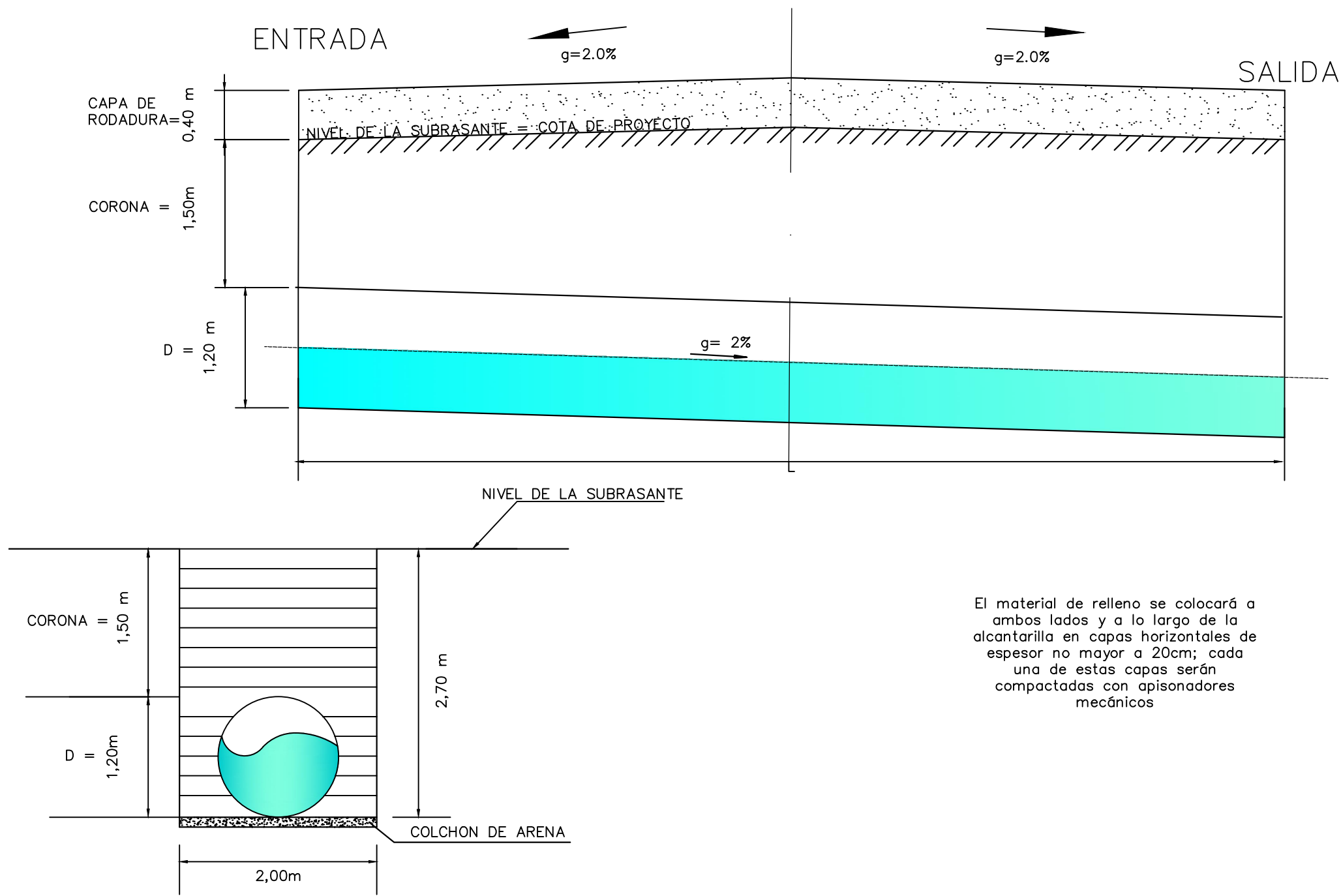
JORGE AUQUILLA

FECHA:

MARZO- 2016

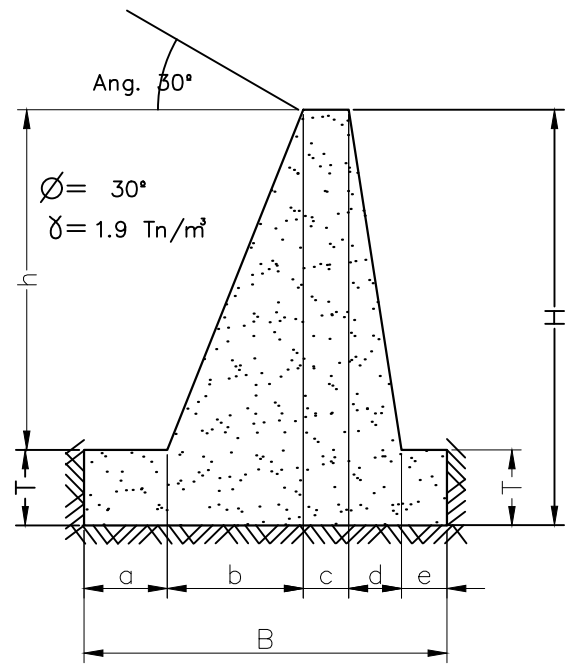
PROYECTO: UNION Y PROGRESO MOLLEPONGO

DISEÑO DE EXCAVACIÓN PARA ALCANTARILLAS



DISEÑO DE EXCAVACION PARA ALCANTARILLAS

escala 1:50



- OBSERVACIONES
- 1.- El Concreto debe fundirse en contacto directo con el terreno de fundación en las caras de la base T - B - T
 - 2.- Si el terreno es de material saturado, los muros deben proveerse obligatoriamente de drenes y material de relleno permeable que se colocará en la parte posterior y contigua de los muros de contención.
 - 3.- En ambas condiciones (Seco o saturado), el máximo ángulo del talud será de 20°.
 - 4.- Estabilidad FSD 1.6 , FSV 3.2
 - 5.- Presiones: mín p= 0.25 máx P la indicada.
FSD = Factor de seguridad al deslizamiento
FSV = Factor de seguridad al volcamiento

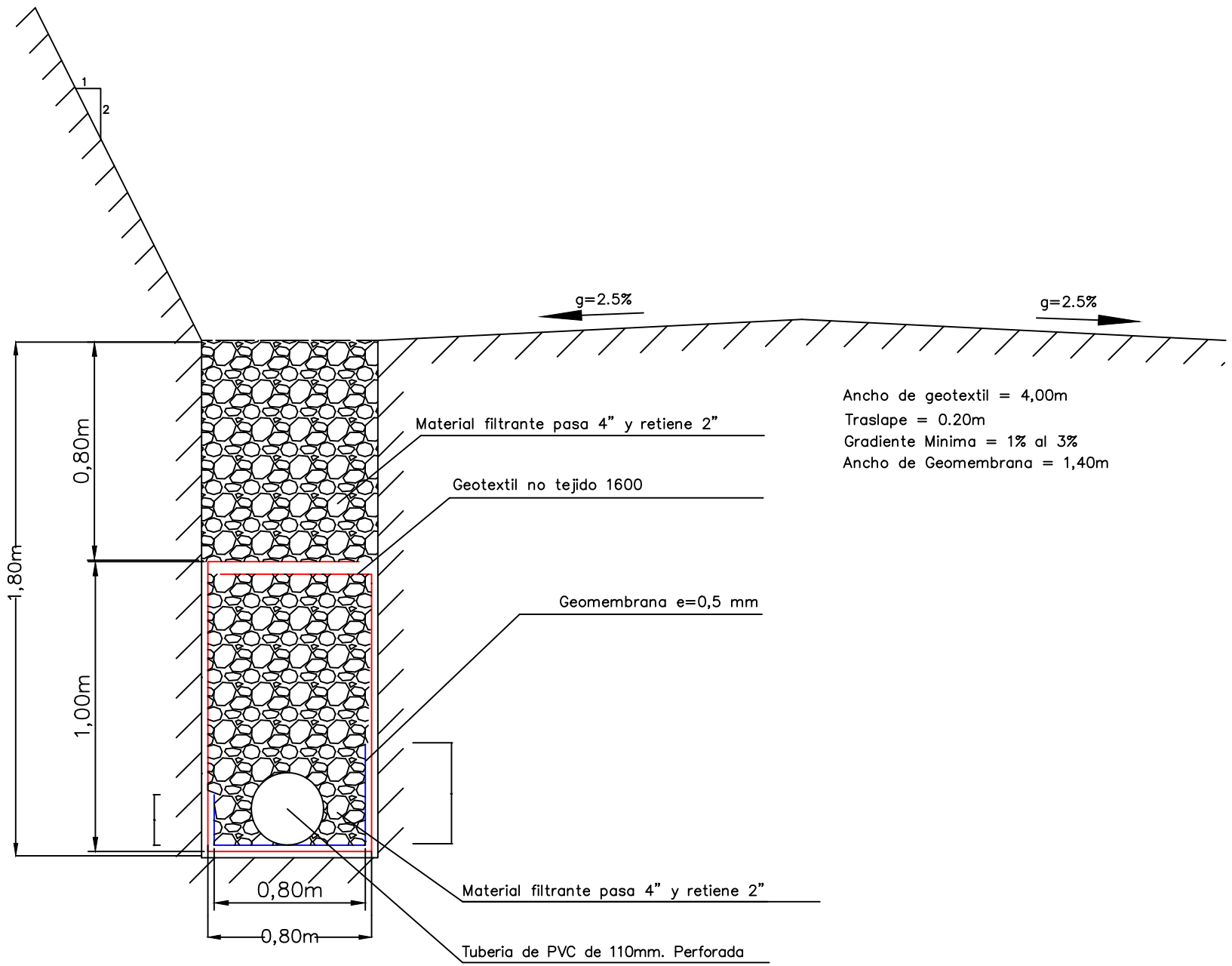
DIMENSIONES EN METROS											Volumen V (m³/m)	Presión Máxima P	H
H	B	T	h	a	b	c	d	e					
1.50	1.05	0.30	1.20	0.27	0.42	0.15	0.10	0.12	0.69	5.89	1.50		
2.00	1.40	0.40	1.60	0.36	0.56	0.20	0.12	0.16	1.43	7.87	2.00		
2.50	1.75	0.50	2.00	0.45	0.70	0.25	0.15	0.20	2.23	9.81	2.50		
3.00	2.10	0.60	2.40	0.54	0.84	0.30	0.18	0.24	3.21	11.95	3.00		
3.50	2.45	0.70	2.80	0.63	0.98	0.35	0.21	0.28	4.36	13.74	3.50		
4.00	2.80	0.80	3.20	0.72	1.12	0.40	0.24	0.32	5.69	15.87	4.00		
4.50	3.15	0.90	3.60	0.81	1.26	0.45	0.27	0.36	7.22	17.91	4.50		
5.00	3.50	1.00	4.00	0.90	1.40	0.50	0.30	0.40	8.90	19.80	5.00		
5.50	3.85	1.10	4.40	0.99	1.54	0.55	0.33	0.44	10.78	21.84	5.50		
6.00	4.20	1.20	4.80	1.08	1.68	0.60	0.36	0.48	12.81	23.71	6.00		
7.00	4.90	1.40	5.60	1.26	1.96	0.70	0.42	0.56	17.45	27.62	7.00		
8.00	5.60	1.60	6.40	1.44	2.24	0.80	0.48	0.64	22.79	31.20	8.00		

MUROS DE CONTENCION EN HORMIGON CICLOPEO

NOTAS:
EL HORMIGON CICLOPEO ESTARA CONSTITUIDO POR HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND DE LA CLASE "B" Y DE UN 40% DE PIEDRA DE ACUERDO CON LO ESPECIFICADO EN LA SECCION 603-2 (MOP 00).
EL HORMIGON DEBE SATISFACER LAS EXIGENCIAS PREVISTAS EN LA SECCION 901 PARA LA CLASE "B", O CUALQUIER OTRA QUE SEA LA ESPECIFICADA.
PARA TODO LO RELACIONADO CON HORMIGON CICLOPEO Y GAVIONES REMITIRSE A LAS "ESPECIFICACIONES GENERALES" PARA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES MOP-001 F, ADEMÁS DE LAS ESPECIFICACIONES ESPECIALES.

MUROS DE CONTENCION EN HORMIGON CICLOPEO PARA RELLENO DE MATERIAL GRANULAR SECO Y MATERIAL SATURADO

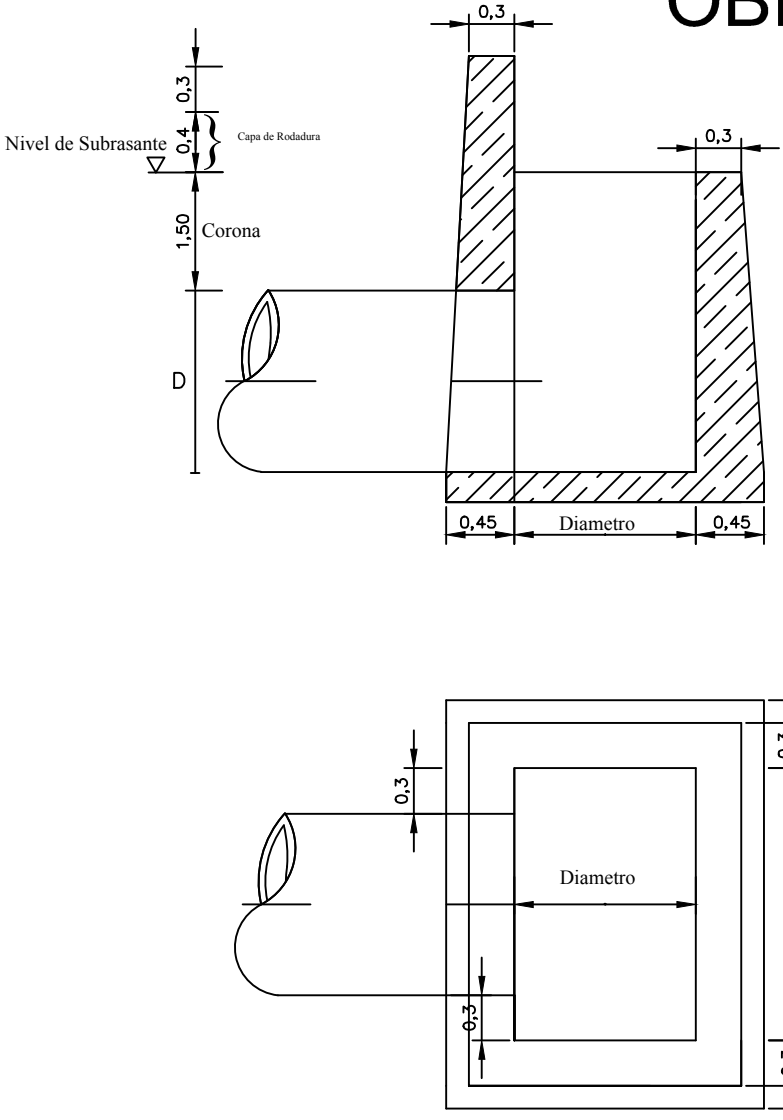
sin escala



DISEÑO DE SUBDREN CON GEOTEXTIL Y GEOMEMBRANA

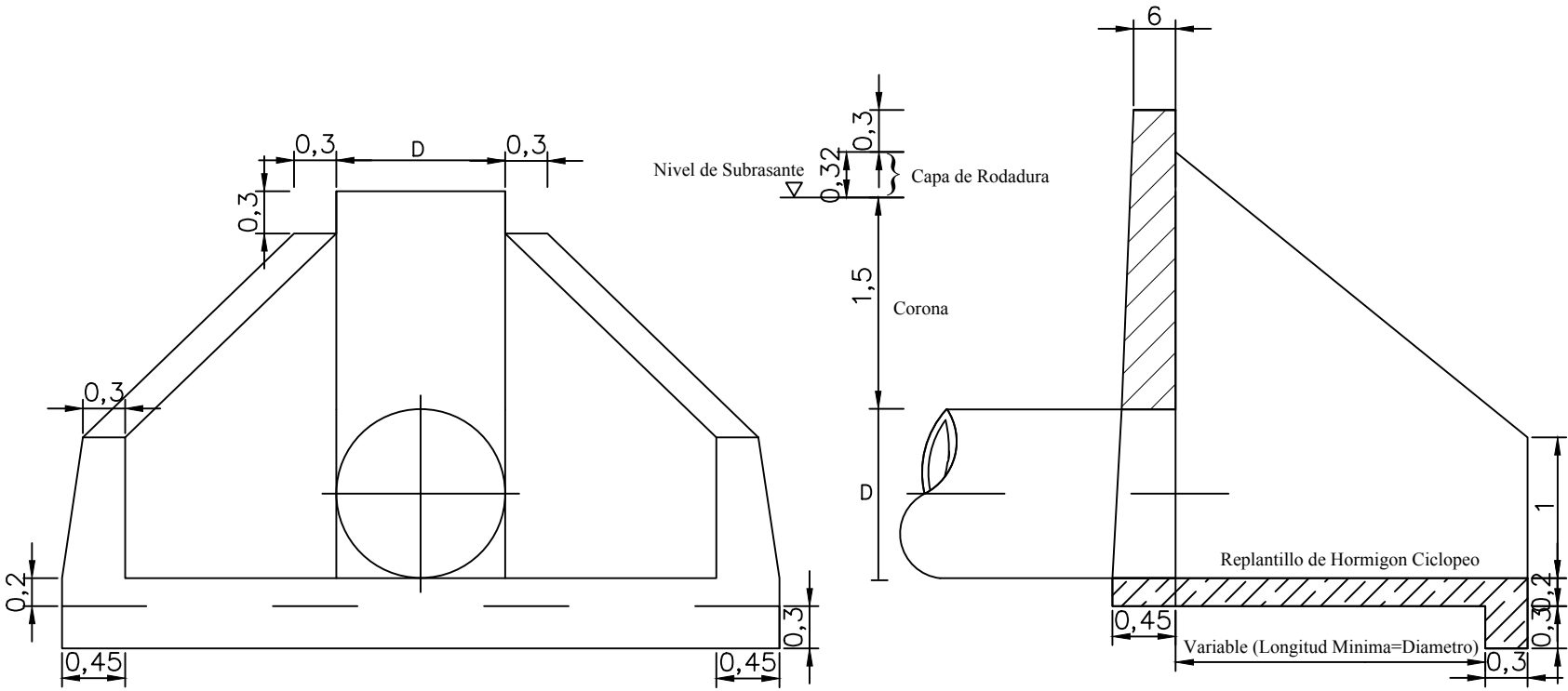
escala 1:20

OBRAS DE PROTECCION DE ENTRADA Y SALIDA



DETALLE DE OBRAS DE ARTE

escala 1:20



NOTA: Para construir la zapata o dentellon se analizara el tipo de suelo.

ESCALA 1:20

 UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA UNIDAD ACADÉMICA DE ING. CIVIL, ARQUITECTURA Y DISEÑO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: Diseño geométrico a nivel de pavimento flexible de la vía JORGE AUQUILLA KM 1+830-2+492	
TRABAJO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO CIVIL	
CONTIENE: PROYECTO HORIZONTAL Y VERTICAL	LAMINA: 5/10
DIRECTOR ING. EDMUNDO BARRERA . CATEDRÁTICO UCACUE.	ESCALA: LAS INDICADAS
DISEÑO JORGE AUQUILLA	FECHA: MARZO- 2016



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
UNIDAD ACADÉMICA DE ING. CIVIL, ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: Diseño geométrico a nivel de pavimento flexible de la vía JORGE AUQUILLA
KM 1+460-1+990

TRABAJO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DE TITULO DE INGENIERO CIVIL

CONTIENE: SECCIONES TRANSVERSALES

LAMINA: 9/10

DIRECTOR

ING. EDMUNDO BARRERA
CATEDRATICO UCACUE.

DISEÑO

JORGE AUQUILLA

ESCALA:

1:1000

FECHA:

MARZO- 2016

