



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

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**“AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000
PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE
COTOPAXI”**

AUTOR: Brando Ariel Aillón Maroto

TUTORA: Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano Mg.

AMBATO – ECUADOR

Febrero – 2023

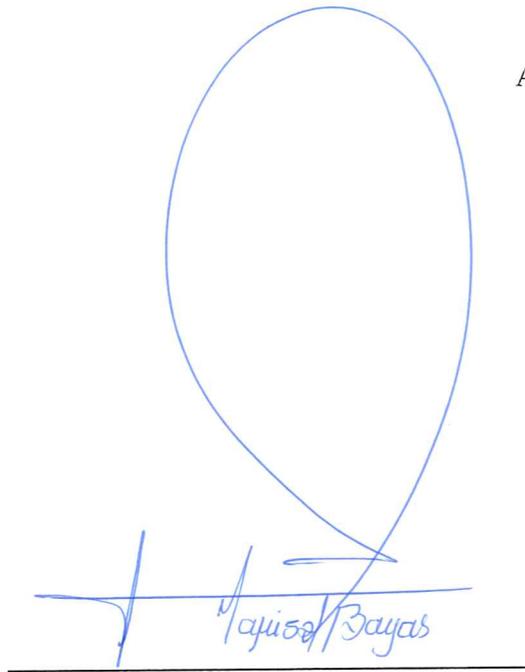
CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: “**AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, elaborado por el Sr. **Brando Ariel Aillón Maroto**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804938064, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2023



Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano Mg.

TUTORA

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Brando Ariel Aillón Maroto**, con C.I. 1804938064, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2023



Brando Ariel Aillón Maroto

C.I. 1804938064

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, febrero 2023



Brando Ariel Aillón Maroto

C.I. 1804938064

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Brando Ariel Aillón Maroto, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: “AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

Ambato, febrero 2023

Para constancia firman:

Ing. Rodrigo Iván Acosta Lozada Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Milton Rodrigo Aldás Sánchez Ph.D.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto especialmente a mis padres, Bolívar y Elsa, mis hermanos Diego, Mary, Erika y a toda mi familia, personas fundamentales en este proceso. Las enseñanzas y valores inculcados han formado mi personalidad académica y humana.

De la misma forma, a mis amigos y a todas las personas que me apoyaron y ayudaron de alguna forma en mi carrera universitaria.

Brando Aillón

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por guiar mi camino y permitirme lograr este gran objetivo, a mis padres que a ellos se los debo todo, quiero darles gracias por ser el apoyo incondicional y por enseñarme a lo largo de la vida que no importan los obstáculos siempre se pueden superar y es lo que nos forma para el futuro.

Agradecerles también a mis hermanos que gracias a sus consejos y ánimos he podido lograrlo todo. A mis tíos, primos, que han sido parte fundamental en mi educación, a toda mi familia que siempre han estado presentes y apoyándome en este camino.

De la misma manera, agradezco a mis compañeros y amigos que juntos, poco a poco llegamos al mismo objetivo.

Agradecerles también a mis profesores por impartir su conocimiento y formar profesionales con ética y valores.

Brando Aillón

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1. Tema Técnico.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación	2
1.1.3. Fundamentación Teórica	3
1.1.3.1. Topografía.....	3
1.1.3.1.1. Sistema de coordenadas UTM.....	4
1.1.3.1.2. Curvas de nivel.....	5
1.1.3.1.3. Perfiles.....	6
1.1.3.2. Tráfico.....	8
1.1.3.2.1. Definición.....	8
1.1.3.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual	9

1.1.3.2.3.	Tipos de conteo.....	9
1.1.3.2.4.	Carreteras	10
1.1.3.3.	El suelo.....	13
1.1.3.3.1.	Contenido de humedad	14
1.1.3.3.2.	Análisis granulométrico	15
1.1.3.3.3.	Gravedad específica	15
1.1.3.3.4.	Límites de Atterberg.....	15
1.1.3.3.5.	Índice de plasticidad	16
1.1.3.3.6.	Proctor modificado.....	16
1.1.3.3.7.	CBR.....	17
1.1.3.3.8.	Ensayo de abrasión	17
1.1.3.4.	Diseño geométrico	17
1.1.3.4.1.	Alineamiento horizontal.....	17
1.1.3.4.2.	Alineamiento vertical.....	18
1.1.3.4.3.	Sección transversal.....	18
1.1.3.5.	Pavimento	18
1.1.3.4.1.	Pavimento flexible	18
1.1.3.4.2.	Pavimento rígido.....	20
1.1.3.6.	Obras de arte.....	22
1.1.3.5.1.	Obras de arte mayor	22
1.1.3.5.2.	Obras de arte menor	23
1.1.3.7.	Presupuesto referencial	24
1.1.3.6.1.	Análisis de precios unitarios (APU's)	24
1.2.	Objetivos	27
1.2.1.	Objetivo general.....	27
1.2.2.	Objetivos específicos	27

CAPÍTULO II	28
METODOLOGÍA	28
2.1. Materiales y equipos.....	28
2.1.1. Materiales	28
2.1.1.1. Materiales para levantamiento topográfico.....	28
2.1.1.2. Materiales para conteo de tránsito e identificación vehicular	30
2.1.1.3. Materiales para estudio de suelos	31
2.1.2. Equipos.....	32
2.1.2.1. Equipo para levantamiento topográfico.....	32
2.1.2.2. Equipo para conteo de tránsito e identificación vehicular	33
2.1.2.3. Equipo para estudio de suelos.....	34
2.1.3. Equipo de protección personal	36
2.2. Métodos	37
2.2.1. Tipos de investigación	37
2.2.1.1. Investigación documental	37
2.2.1.2. Investigación de campo	38
2.2.1.3. Investigación de laboratorio.....	38
2.2.2. Ubicación del proyecto	39
2.2.2.1. Macro.....	39
2.2.2.2. Meso	40
2.2.2.3. Micro.....	40
2.2.2.3.1. Información de la zona	41
2.2.2.4. Localización geográfica	46
2.2.3. Recolección de datos.....	47
2.2.3.1. Levantamiento topográfico.....	47
2.2.3.2. Conteo de tránsito e identificación vehicular	49

2.2.3.2.1.	Acumulado por horas.....	51
2.2.3.2.2.	Factor horario	52
2.2.3.2.3.	Tráfico promedio diario anual actual (TPDA).....	52
2.2.3.2.4.	Tráfico atraído.....	53
2.2.3.2.5.	Tráfico generado	54
2.2.3.2.6.	Tráfico desarrollado	55
2.2.3.2.7.	TPDA aproximado.....	56
2.2.3.2.8.	TPDA futuro.....	57
2.2.3.3.	Obtención de muestras de suelo	60
2.2.4.	Procesamiento de datos	60
2.2.4.1.	Estudio de suelos	60
2.2.4.1.1.	Contenido de humedad.....	61
2.2.4.1.2.	Granulometría	63
2.2.4.1.3.	Gravedad específica.....	66
2.2.4.1.4.	Límites de Atterberg	68
2.2.4.1.4.1.	Límite líquido	68
2.2.4.1.4.2.	Límite plástico	70
2.2.4.1.4.3.	Índice plástico.....	71
2.2.4.1.5.	Proctor modificado	72
2.2.4.1.6.	CBR	75
2.2.4.1.7.	Ensayo de abrasión	81
2.2.4.2.	Diseño geométrico.....	81
2.2.4.2.1.	Velocidad de diseño	82
2.2.4.2.2.	Velocidad de recorrido.....	82
2.2.4.2.3.	Alineamiento horizontal	83
2.2.4.2.3.1.	Tramos en tangentes	83

2.2.4.2.3.2. Coeficiente de fricción lateral (f).....	84
2.2.4.2.3.3. Radio mínimo de curvatura	85
2.2.4.2.3.4. Distancias de visibilidad.....	85
2.2.4.2.3.5. Peralte (e).....	87
2.2.4.2.3.6. Sobreebanco (S)	88
2.2.4.2.3.7. Longitud de transición	88
2.2.4.2.3.8. Longitud tangencial	89
2.2.4.2.4. Alineamiento vertical	89
2.2.4.2.4.1. Gradiente.....	89
2.2.4.2.4.2. Curvas verticales	90
2.2.4.2.5. Secciones transversales típicas.....	92
2.2.4.2.5.1. Calzada.....	92
2.2.4.2.5.2. Espaldón	92
2.2.4.3. Diseño de obras de arte	93
2.2.4.3.1. Cunetas.....	93
2.2.4.4. Diseño de pavimentos.....	97
2.2.4.4.1. Periodo de diseño	97
2.2.4.4.2. Factor de daño (Fd)	97
2.2.4.4.3. Factor de distribución por dirección (Dd).....	98
2.2.4.4.4. Factor de distribución por carril (Fc)	98
2.2.4.4.5. Determinación de número de ejes equivalentes W_{18}	98
2.2.4.4.6. Confiabilidad (R).....	100
2.2.4.4.7. Desviación estándar (Z_r)	101
2.2.4.4.8. Desviación estándar global (S_o).....	101
2.2.4.4.9. Índice de serviciabilidad.....	102
2.2.4.4.10. CBR de diseño.....	102

2.2.4.4.11. Módulo de resiliencia	104
2.2.4.4.12. Capacidad de drenaje	104
2.2.4.4.13. Coeficientes estructurales.....	104
2.2.4.4.13.1. Coeficiente a1.....	104
2.2.4.4.13.2. Coeficiente a2.....	105
2.2.4.4.13.3. Coeficiente a3.....	106
2.2.4.4.14. Número estructural	107
2.2.4.4.15. Espesor de capas.....	108
2.2.4.5. Presupuesto referencial	110
2.2.4.5.1. Especificaciones técnicas	110
2.2.4.5.1.1. Obras preliminares	110
2.2.4.5.1.2. Obra vial	111
2.2.4.5.1.3. Drenaje.....	114
2.2.4.5.1.4. Señalética.....	115
CAPÍTULO III.....	117
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	117
3.1. Análisis y discusión de resultados	117
3.1.1. Levantamiento topográfico.....	117
3.1.2. Conteo de tránsito e identificación vehicular	118
3.1.3. Estudio de suelos	122
3.1.4. Diseño geométrico.....	130
3.1.5. Diseño de obras de arte.....	135
3.1.6. Diseño de pavimentos.....	136
3.1.7. Presupuesto referencial	140
CAPÍTULO IV	142
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142

4.1. Conclusiones.....	142
4.2. Recomendaciones	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
ANEXOS	151
Anexo N° 1: Fotografías	152
Anexo N° 2: Cuento de tráfico e identificación vehicular	156
Anexo N° 3: Estudios de suelos.....	164
A. Contenido de humedad	165
B. Granulometría.....	167
C. Gravedad específica	177
D. Límites de Atterberg.....	179
E. Proctor modificado.....	189
F. Ensayo CBR	199
Anexo N° 4: Volúmenes de obra.....	218
Anexo N° 5: Análisis de precios unitarios.....	220
Anexo N° 6: Planos	233

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado.	10
Tabla 2. Relación entre función, clase MTOP y tráfico.....	11
Tabla 3. Tipos de terreno.	12
Tabla 4. Clasificación de suelos según la SUCS.....	14
Tabla 5. Materiales para el levantamiento topográfico.	28
Tabla 6. Materiales para el conteo de tránsito e identificación vehicular.	30
Tabla 7. Materiales para el estudio de suelos.....	31
Tabla 8. Equipos empleados en el levantamiento topográfico.....	32
Tabla 9. Equipos empleados en el conteo de tránsito e identificación vehicular.	33
Tabla 10. Equipos para el estudio de suelos.	34
Tabla 11. Especificaciones del equipo de estudio de suelos.	35
Tabla 12. Equipo de seguridad.....	36
Tabla 13. Normativa para cada ensayo de suelos en el laboratorio.	39
Tabla 14. Crecimiento poblacional del cantón Pangua.....	41
Tabla 15. Coordenadas inicial y final del proyecto.....	47
Tabla 16. Datos de conteo de tránsito e identificación vehicular.....	49
Tabla 17. Tráfico promedio diario anual del día de mayor afluencia vehicular.	50
Tabla 18. Datos de conteo de tránsito e identificación vehicular para la hora de mayor demanda.	51
Tabla 19. Índice de crecimiento de tráfico.....	57
Tabla 20. Crecimiento anual de tráfico.....	58
Tabla 21. Clasificación de la vía en estudio.....	59
Tabla 22. Contenido de humedad para la muestra 3.	62
Tabla 23. Granulometría para la muestra 3.	64

Tabla 24. Gravedad específica de la muestra 1.....	67
Tabla 25. Cálculo del límite líquido de la muestra 7.	69
Tabla 26. Cálculo del límite plástico de la muestra 7.	70
Tabla 27. Datos obtenidos en el ensayo de Proctor modificado de la muestra 3.	74
Tabla 28. Datos obtenidos en el ensayo de CBR para la muestra 3.	78
Tabla 29. Información del ensayo de carga de penetración de la muestra 3.	80
Tabla 30. Velocidad de diseño.	82
Tabla 31. Coeficiente de fricción lateral para distintas velocidades de diseño.	84
Tabla 32. Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento (m).....	87
Tabla 33. Valores de pendiente según el tipo de terreno.	88
Tabla 34. Valores recomendados de diseño de las gradientes longitudinales (%).	89
Tabla 35. Gradiente máxima en función de la longitud máxima del tramo.	90
Tabla 36. Coeficiente K para curvas convexas mínimas.	90
Tabla 37. Coeficiente K para curvas cóncavas mínimas.....	91
Tabla 38. Anchos de calzada.....	92
Tabla 39. Anchos de espaldón.	92
Tabla 40. Coeficiente de escorrentía.....	95
Tabla 41. Periodo de diseño según el tipo de camino.	97
Tabla 42. Factor de distribución por carril.....	98
Tabla 43. Ejes equivalentes.....	100
Tabla 44. Niveles de confiabilidad.....	100
Tabla 45. Desviación estándar normal (Z_r).....	101
Tabla 46. Serviciabilidad inicial (P_o).....	102
Tabla 47. Serviciabilidad final (P_t).	102
Tabla 48. Percentiles según el número de ejes equivalentes.	102
Tabla 49. CBR de diseño para la vía con su percentil.....	103

Tabla 50. Capacidad de drenaje	104
Tabla 51. Datos de entrada y salida en el cálculo de número estructural con Ecuación AASHTO – 93.	108
Tabla 52. Espesores mínimos de la estructura del pavimento.....	109
Tabla 53. Datos de entrada y salida en el cálculo de número estructural y espesores propuestos con Ecuación AASHTO – 93.	109
Tabla 54. Resumen de conteo de tránsito e identificación vehicular semanal.	119
Tabla 55. Resultados de conteo de tránsito e identificación vehicular para la hora de mayor demanda.	119
Tabla 56. Resultados del cálculo de TPDA actual.	120
Tabla 57. Resultados del cálculo de tráfico atraído.	120
Tabla 58. Resultados del cálculo de tráfico generado.	120
Tabla 59. Resultados del cálculo de tráfico desarrollado.....	121
Tabla 60. Resultados del cálculo de tráfico aproximado.	121
Tabla 61. Resultados del cálculo de TPDA futuro.....	122
Tabla 62. Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad del suelo (W%). .	123
Tabla 63. Resumen de resultados del ensayo de granulometría del suelo.	124
Tabla 64. Resumen de resultados del ensayo de gravedad específica del suelo.	125
Tabla 65. Resumen de resultados de límites de Atterberg del suelo.....	126
Tabla 66. Resumen de resultados de Proctor modificado.	127
Tabla 67. Clasificación del suelo según el CBR.	128
Tabla 68. Resumen de resultados de CBR del suelo.....	128
Tabla 69. Radio de curvatura con su respectivo abscisado.	131
Tabla 70. Parámetros de diseño para cuneta.	135
Tabla 71. Condición de los niveles de serviciabilidad del pavimento.	137
Tabla 72. Presupuesto referencial	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elipsoide transformado en un cilindro como proyección cartográfica.....	4
Figura 2. Sistema de referencia UTM (Universal Transverse Mercator).	5
Figura 3. Representación de curvas de nivel.....	6
Figura 4. Partes de un perfil longitudinal.....	7
Figura 5. Partes de un perfil transversal.....	8
Figura 6. Tipos de terreno en carreteras.....	13
Figura 7. Tamices empleados en el ensayo de granulometría.....	15
Figura 8. Estructura del pavimento flexible.....	20
Figura 9. Estructura del pavimento rígido.	21
Figura 10. Principales componentes del sistema de pavimento rígido.	21
Figura 11. Drenaje transversal.	23
Figura 12. Drenaje longitudinal.	24
Figura 13. Ejemplo de presupuesto referencial.....	25
Figura 14. Ubicación de Ecuador en el continente americano.....	39
Figura 15. Ubicación de la provincia de Cotopaxi en Ecuador.	40
Figura 16. Ubicación del cantón Pangua en la provincia de Cotopaxi.	41
Figura 17. División parroquial y comunidades del cantón Pangua.....	42
Figura 18. Mapa climatológico del cantón Pangua.....	43
Figura 19. Mapa de relieve del cantón Pangua	44
Figura 20. Mapa de cobertura y uso de suelos del cantón Pangua.....	45
Figura 21. Mapa del sistema vial del cantón Pangua.....	46
Figura 22. Localización geográfica de la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000.....	47
Figura 23. Levantamiento topográfico de la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000.	48
Figura 24. Obtención de muestras de suelo.	60
Figura 25. Ensayo de contenido de humedad de suelo.	62
Figura 26. Granulometría del suelo.....	65
Figura 27. Ensayo de granulometría por tamizado.	65
Figura 28. Ensayo de gravedad específica.	67

Figura 29. Curva de fluidez para determinación de límite líquido de la muestra 7..	69
Figura 30. Ensayo de límite líquido empleando la Copa de Casa grande.....	70
Figura 31. Ensayo de límite plástico.....	71
Figura 32. Ensayo de Proctor modificado.....	72
Figura 33. Curva Contenido de humedad óptimo vs. Densidad seca máxima.....	75
Figura 34. Gráfica CBR vs. densidades.	80
Figura 35. Realización del ensayo de CBR.....	81
Figura 36. Dimensiones de cuneta típica	93
Figura 37. CBR de diseño (%) para percentil de 60%.....	103
Figura 38. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.	105
Figura 39. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la base.	106
Figura 40. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la subbase.....	107
Figura 41. Cálculo de número estructural con el software Ecuación AASHTO – 93.	107
Figura 42. Representación gráfica de resultados del ensayo de contenido de humedad del suelo (W%).....	123
Figura 43. Representación gráfica de resultados del ensayo de gravedad específica del suelo.	125
Figura 44. Representación gráfica de resultados del ensayo de CBR del suelo.	129
Figura 45. Sección transversal de la vía.....	134
Figura 46. Sección de cuneta.	135
Figura 47. Espesores de la estructura del pavimento.....	139
Figura 48. Levantamiento topográfico.....	153
Figura 49. Extracción de muestra de suelo para analizar en laboratorio.	153
Figura 50. Realización de ensayos de suelos, granulometría.....	154
Figura 51. Realización de ensayos de suelos, límites de Atterberg.....	154
Figura 52. Realización de ensayos de suelos, Proctor modificado.	155

RESUMEN

La necesidad del presente proyecto técnico radica en cumplir con los requerimientos de los moradores ante la problemática respecto al tránsito vehicular del sector El Limón-El Deseo, dicho inconveniente generaba un conflicto en cuanto a temas económicos respecto a la sustentabilidad del sector, la agricultura y ganadería. Por lo tanto, se procedió a brindar una solución en función de la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP 2003, y normativa AASHTO 93.

La metodología del presente proyecto técnico inició con el levantamiento topográfico con un equipo de precisión, en este caso una estación total, el levantamiento contiene la vía existente, una faja de 50m por lado y construcciones existentes que alcancen dentro de dicha faja. Posterior, se efectuó un análisis de suelos, se excavó calicatas para la obtención de muestras de suelos cada 500m a lo largo del tramo vial en estudio, con estas muestras se realizó los ensayos de laboratorio para obtener las características, propiedades físicas y mecánicas del suelo, información necesaria para el posterior diseño de pavimentos. En cuanto al diseño vial, se inició con un conteo vehicular durante 7 días y 12 horas diarias, a partir de dicho conteo se obtuvo el TPDA futuro, necesario para escoger el tipo de vía y sus características según la normativa mencionada anteriormente.

Finalmente se elaboró un presupuesto referencial con los precios unitarios vigentes, para que la entidad responsable, en este caso el GAD Municipal de Pangua, haga uso del presente proyecto técnico en beneficio de la comunidad.

Palabras claves: Levantamiento topográfico, Diseño geométrico, Diseño de pavimentos, Conteo vehicular, Estudio de suelos.

ABSTRACT

The need for this technical project lies in meeting the requirements of the residents regarding the problem of vehicular traffic in the El Limón-El Deseo sector, which generated a conflict in terms of economic issues regarding the sustainability of the sector, agriculture and livestock. Therefore, we proceeded to provide a solution based on the regulations of the Ministry of Transportation and Public Works MTOP 2003, and AASHTO 93 regulations.

The methodology of this technical project began with the topographic survey with precision equipment, in this case a total station, the survey contains the existing road, a strip of 50m per side and existing buildings that reach within this strip. Subsequently, a soil analysis was carried out, excavation pits were dug to obtain soil samples every 500m along the road section under study, with these samples laboratory tests were carried out to obtain the characteristics, physical and mechanical properties of the soil, information necessary for the subsequent design of pavements. For the road design, we began with a vehicle count for 7 days and 12 hours a day, from which we obtained the future TPDA, necessary to choose the type of road and its characteristics according to the aforementioned regulations.

Finally, a referential budget was elaborated with the current unit prices, so that the responsible entity, in this case the GAD Municipal de Pangua, can make use of this technical project for the benefit of the community.

Key words: Topographic survey, Geometric design, Pavement design, Vehicle count, Soil study.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. Tema Técnico

“AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

Una carretera es considerada como un sistema de transporte necesario para la circulación de vehículos; el mismo que debe cumplir con ciertos requisitos de continuidad en el espacio – tiempo, además de llevarse a cabo con niveles de seguridad, rapidez y comodidad. Esto se realizará en función de los volúmenes de la demanda del tránsito existente, tipo de vehículos y el propósito para el cuál será diseñada la vía.

Resulta fundamental considerar las necesidades de sectores inaccesibles mediante una vía de acceso adecuada. Por lo tanto, la ampliación de una vía existente aplicando los distintos parámetros para su mejoramiento generará un progreso en la calidad de vida de los habitantes de dichos sectores.

Por otra parte, la construcción de una vía involucra diferentes procesos, como el estudio de los volúmenes de tránsito existente, los vehículos que circularán y la finalidad para la cual se destine la vía. Conviene resaltar el hecho de que el diseño de una vía integra también un correcto diseño de la calzada, el mismo que puede tener uno o varios carriles, e incluso puede incluir un sentido de circulación o ambos. Esta información se la obtendrá posteriormente en el estudio de volumen de tránsito.

En cuanto a la economía del cantón, específicamente de los sectores involucrados que pertenecen a Pangua, en la provincia de Cotopaxi, son promovidos directamente por el comercio de distintos productos agrícolas. Los pobladores se enfrentan a una grave problemática que limita su desarrollo laboral, pues no cuentan con facilidades para la distribución de sus diferentes artículos. De igual manera, existen sectores que poseen un potencial turístico elevado que no pueden prosperar por el restringido acceso vehicular provocado por las vías en mal estado. [1]

El ámbito económico no es el único punto afectado por el deterioro de las vías, pues es necesario abordar temas como la salud o la educación. Particularmente, las precarias condiciones viales orillan a que los moradores se expongan continuamente a sufrir de accidentes en carretera al emplear motos y camionetas, como únicos medios, para poder acercarse hacia las instituciones educativas o de salud. Igualmente, los pobladores deben recorrer largas distancias sobre vías en mal estado para llegar a sus destinos.

1.1.2. Justificación

Es preponderante considerar que una carretera es una necesidad en cuanto a sistema de transporte se refiera. El fin de este es mejorar la circulación de los vehículos y la comunicación entre recintos, ya sea para satisfacción de requerimientos propios o la comercialización de productos para subsistencia; por consiguiente, la construcción de una vía que mantenga seguridad, rapidez y comodidad es indispensable. [2]

Dentro del diseño de carreteras, la ampliación de vía tiene por finalidad beneficiar a los sectores involucrados a lo largo de la ruta, tanto económicamente y en el ámbito social. Además, existirá comunicación de estos sectores aislados con el resto de zonas pobladas del cantón. Por lo tanto, este proceso de diseño busca mejorar los niveles de comunicación, educación, salud, comercio, entre otros beneficios, que gozarán los usuarios que transitan por esta vía. [3]

El diseño geométrico de la vía se basará en parámetros adecuados, ofreciendo sobre todo seguridad que parte de un diseño cómodo, estético y económico. Se plantea que la vía sea cómoda porque se ajustarán, tanto las curvaturas como las transiciones, considerando las velocidades en las cuales los conductores operarán cuando estos se encuentren en tramos rectos. Se considerará estética a una vía debido a que se trabajará para ofrecer al conductor un recorrido en el que se obtenga perspectivas visuales agradables; por consiguiente, el usuario al volante realizará su recorrido de una forma atractiva y fácil. Por último, se buscará que la vía mantenga en lo posible un bajo costo económico asegurando que cumpla con su propósito. [4]

Por lo antes mencionado, y en función al pedido de distintas comunidades como: El Limón, Nueva Esperanza, Isabel María, Jalligua Alto, Balcón del Cerro y el Deseo, pertenecientes al cantón Pangua en la provincia de Cotopaxi, se planteó el presente proyecto de investigación que busca llevar a cabo los estudios de prefactibilidad de la vía existente El Limón – El Deseo 4+000 a 8+000 para aportar con un mejoramiento a la comunicación vial entre dichos sectores del cantón y el resto de la provincia.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. Topografía

La topografía, de manera tradicional, ha sido reconocida como una ciencia encargada de la determinación exacta de posiciones sobre la Tierra, de tal forma que lleva estos puntos a la representación sobre un plano, refiriéndose a un punto sobre la superficie terrestre. [5]

Es necesario entender que cualquier método de levantamiento topográfico no considera la verdadera forma del planeta Tierra, solamente utilizan distintos métodos que arroja un aproximado de la realidad. Dentro del ámbito de la topografía se puede clasificar distintas actividades topográficas, ya sea levantamiento, replanteo y control. Dado los requerimientos de un proyecto vial, principalmente se utiliza la actividad de levantamiento en el diseño de una vía. [5]

La operación llamada levantamiento topográfico consiste en la determinación de posición de una cantidad específica de puntos y su representación en un plano mediante distintas operaciones que comprenden una metodología para llevar a cabo este trabajo, las cuales son:

- Método de levantamiento;
- Equipo por utilizar;
- Identificar puntos importantes para el levantamiento;
- Levantamiento (Medición);
- Cálculo y procesamiento de datos;
- Elaboración del plano. [5]

1.1.3.1.1. Sistema de coordenadas UTM

Se conoce al sistema de coordenadas UTM como un sistema de proyección cartográfica que se encuentra basado en un sistema de cuadrículas en el que se puede referenciar distintos puntos sobre la superficie de la tierra. [6]

El tipo de proyección cartográfica utilizado es la proyección de un modelo elipsoidal en un sistema cilíndrico, dando como resultado dos líneas que formarían los ejes coordenados, en este caso, la línea ecuatorial que tomará el eje de las X, y el meridiano central que tomará el eje de las Y. [7]

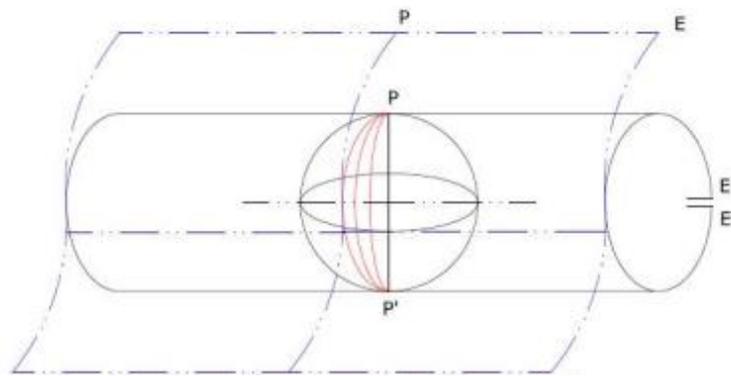


Figura 1. Elipsoide transformado en un cilindro como proyección cartográfica.

Fuente: El sistema de coordenadas UTM, UPV. [7]

Además, el sistema UTM divide a la Tierra en 60 husos de 6° de longitud. Es decir, que todos los husos horarios juntos logran completar los 360°. Además, divide la Tierra en 20 zonas con una longitud de 8°, las cuales son denominadas desde la letra “C” hasta la “X”. [7]

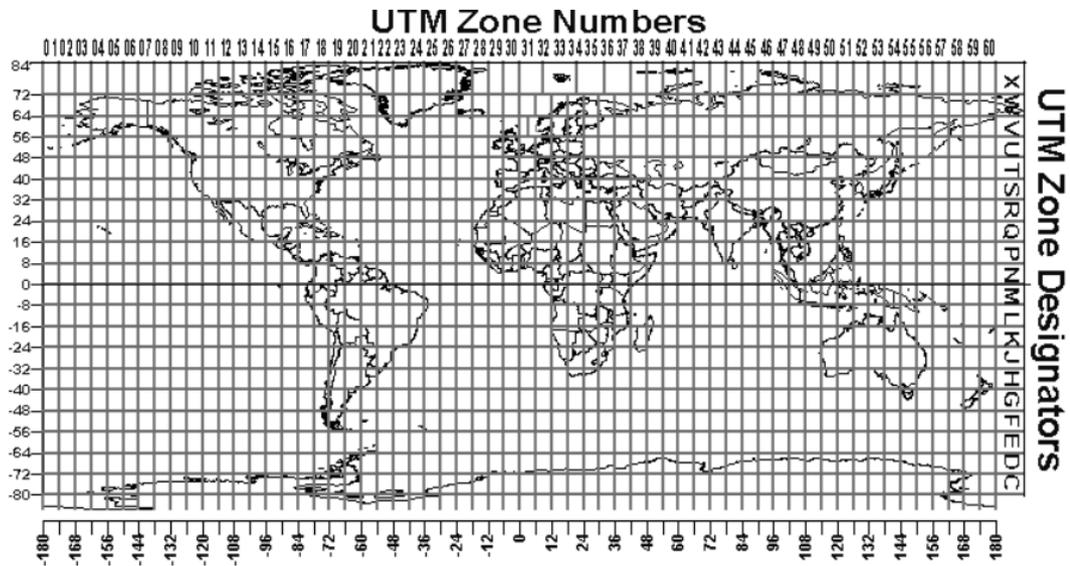


Figura 2. Sistema de referencia UTM (Universal Transverse Mercator).

Fuente: El sistema de coordenadas UTM, UPV. [7]

Por lo tanto, al utilizar este sistema de referencia se considera necesario el uso de un equipo topográfico llamado Estación Total para el levantamiento topográfico, esto después de verificar las condiciones del sitio. La estación total es un equipo que combina distintos elementos como nivel de precisión, distanciómetro y computadora, puesto que funciona con precisión angular y medición de distancias con precisión laser. [8]

1.1.3.1.2. Curvas de nivel

Se conoce como curvas de nivel a líneas unidas por puntos que indican una misma altitud por trazo. Estas se pueden encontrar sobre o por debajo de un plano de referencia, normalmente se utiliza el nivel del mar para este cometido. Básicamente se entiende que las curvas de nivel son utilizadas para reflejar una superficie

tridimensional sobre un plano bidimensional. Son de gran ayuda debido a que proporcionan información sobre el relieve del terreno aun sin estar in situ. [8]

Una curva de nivel indica una cota vinculada a un plano de referencia, esta cota se extenderá a lo largo de la curva de nivel, siendo esta el producto de la unión de distintos puntos con una misma altura. Dentro de un plano pueden existir un sinnúmero de curvas de nivel, todo dependerá del formato que el profesional desee emplear y el rango que necesita las curvas de niveles. [9]

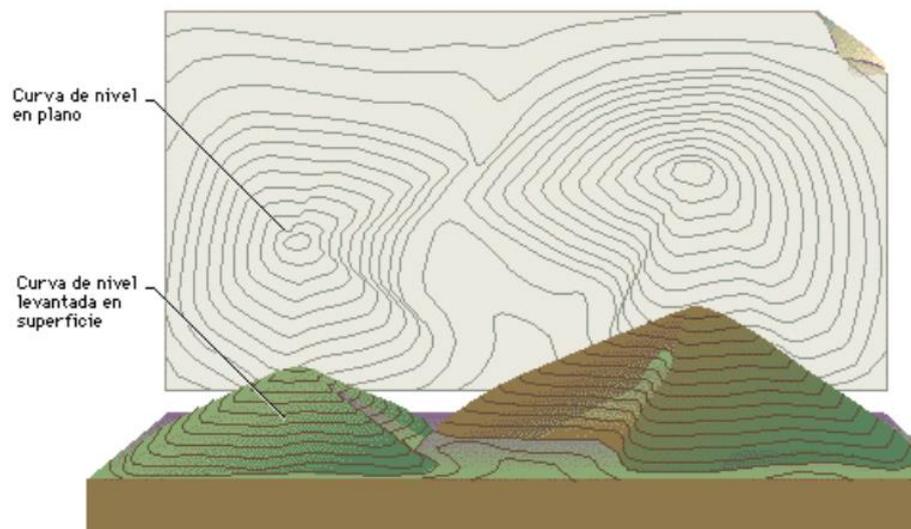


Figura 3. Representación de curvas de nivel.

Fuente: Navarro Hudiel Sergio (2008). [9]

1.1.3.1.3. Perfiles

1.1.3.1.3.1 Perfil longitudinal

Se entiende por perfil longitudinal al perfil topográfico que proyecta el relieve de una carretera. Este perfil topográfico se obtiene a partir de las curvas de nivel, mismas que son halladas utilizando un método de levantamiento de información topográfica, la estación total. [10]

Un perfil longitudinal viene representado en los dos ejes cartesianos, el eje X para representar distancias desde el origen (KM 0) y el eje Y para la representación de cotas.

Es normal ver como se utilizan distintas escalas para cada eje, de manera particular, la exageración del eje Y es realizada para obtener una mejor percepción del relieve, siendo normal una exageración en 10. [10]

El siguiente gráfico indica las partes que incluye un perfil longitudinal, entre ellas resalta la escala horizontal y vertical, las cotas del terreno y la rasante, el abscisado, diagrama de curvaturas y distancias al origen.

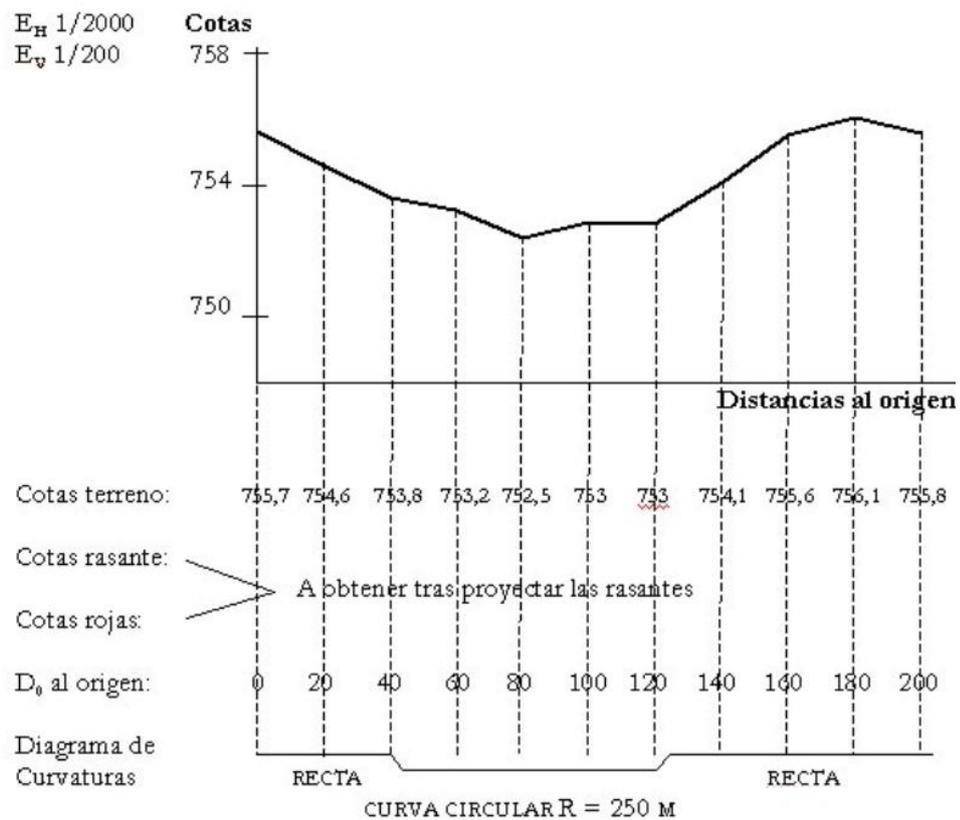


Figura 4. Partes de un perfil longitudinal.

Fuente: Altimetría de obras. [11]

1.1.3.1.3.2 Perfil transversal

Los perfiles transversales son aquellos perfiles topográficos que van en dirección perpendicular al eje de la vía en cuestión. Este tipo de perfiles son realizados generalmente para el cálculo de corte y relleno, es decir, movimiento de tierras y las explanaciones necesarias en la carretera. [11]

Estos perfiles son obtenidos una vez que ya se tiene el eje de la carretera, y localizados en puntos importantes de la vía como un cambio de pendiente, alguna curva o algún tipo de detalle a destacar. [10]

Al igual que en el perfil longitudinal, viene representado con los dos ejes cartesianos, el eje X para las distancias, y el eje Y para las cotas. En contraste, en este perfil se utiliza la misma escala en vertical como en horizontal, puesto que la finalidad es dimensionar las superficies de movimiento de tierras. [10]

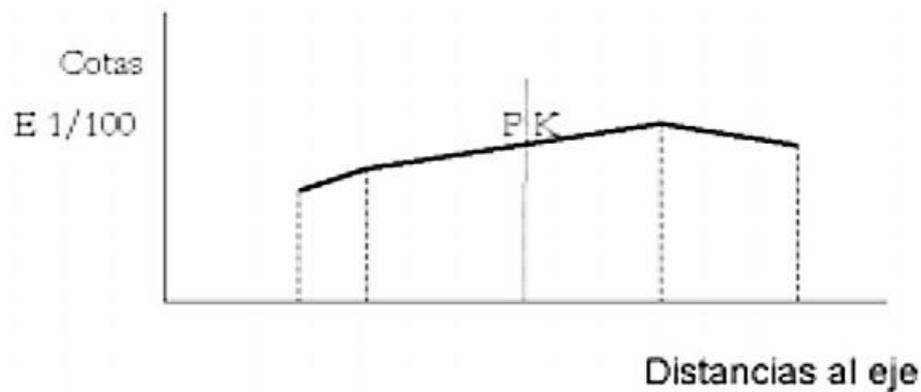


Figura 5. Partes de un perfil transversal.

Fuente: Altimetría de obras. [11]

En el esquema presentado por la figura 5 se observan las partes de un perfil transversal, tales como las cotas y las distancias al eje, así como la escala de todo el sistema. Además, tanto el ancho como el alto de este perfil dependerá únicamente del diseño escogido de la carretera, ancho y pendiente del terreno, entre otras.

1.1.3.2. Tráfico

1.1.3.2.1. Definición

El tráfico comprende una información importante en el momento del diseño de una carretera debido a que este dato proporciona un volumen de tránsito que va a pasar sobre una vía. Por lo tanto, es importante considerarlo como parámetro previo, pues afecta significativamente las características en un diseño geométrico. [12]

A partir del concepto anterior nace una unidad de medida para cuantificar el volumen de vehículos que transitan sobre una carretera, este dato es conocido como Tráfico Promedio Diario Anual, o en sus siglas TPDA. [12]

1.1.3.2.2. Tráfico Promedio Diario Anual

El TPDA es una unidad de medida adoptada por la necesidad de cuantificar el volumen de tránsito que circula en una carretera durante un día. Su valor proviene de un cálculo realizado a partir de un conteo de vehículos, para el cual es necesario considerar distintos puntos:

- Para vías de un sentido, el tráfico se contará solamente en ese sentido.
- Para vías de dos sentidos, el tráfico se contará en las dos direcciones, al finalizar el conteo el valor del tráfico debe ser semejante en las dos direcciones.
- Para Autopistas, el tráfico se contará para cada sentido de circulación, en este caso interviene un fenómeno conocido como *Flujo Direccional*, lo que indicaría un tránsito distinto en un mismo tiempo. [13]

1.1.3.2.3. Tipos de conteo

El conteo es una actividad necesaria para conocer el nivel de tráfico existente. Su periodo de observación dependerá totalmente del método de conteo que se escoja; en el caso de escoger un método manual, el periodo de observación será de 7 días. Esa semana debe ser una semana normal en la cual no intervenga ningún evento especial, como feriados. Mientras que, en caso de ser un conteo automático, el periodo de observación debe ser de al menos un mes. Este rango de tiempo es con el fin de cuantificar el volumen de tráfico total correlacionado con la composición que se podría registrar en cuanto a vehículos durante una semana. [14]

1.1.3.2.3.1 Conteo manual

El conteo manual es irremplazable y obligatorio, puesto que este tipo de conteo proporciona información de la cantidad de vehículos y de las características de los

vehículos que circularon. Por lo tanto, se lo puede utilizar tanto para el diseño geométrico como para el diseño de pavimentos. [13]

1.1.3.2.3.2 Conteo automático

En cuanto al conteo automático de tránsito, consiste en equipos que miden el tráfico según los pares de ejes que transiten en dicha vía cuando el sistema percibe que dos pares de eje accionaron el sistema, automáticamente cuenta como un vehículo. Por lo tanto, para vehículos de tres ejes o más, este sistema no sería confiable para el cálculo de TPDA y mucho menos para el diseño de pavimentos. [13]

1.1.3.2.4. Carreteras

Utilizando la normativa de diseño del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP, se puede identificar los distintos tipos de carreteras en función de la tabla Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado. El tráfico que se muestra en el recuadro a continuación corresponde al tráfico promedio diario anual (TPDA) proyectado a un periodo entre 15 a 20 años.

Tabla 1. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado.

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA+
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100
El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista para la determinación de	

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2003). [15]

Además, el MTOP clasifica las carreteras de una forma interactiva, es decir, que interviene la función de la carretera, el tipo de clase a la que pertenece dicha carretera (corredor arterial, colector, vecinal) y esto tendrá correspondencia con el TPDA del año final del diseño. La tabla 2 muestra esta relación entre la función, clase y TPDA de la misma.

Tabla 2. Relación entre función, clase MTOP y tráfico.

FUNCION	CLASE DE CARRETERA (según MOP)	TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	>8000
	I	3000 – 8000
COLECTORA	II	1000 – 3000
	III	300 – 1000
VECINAL	IV	100 – 300
	V	< 100

(1) De acuerdo con el nivel de servicio aceptable al final de su vida útil
(2) RI-RII- Autopistas

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2003). [15]

Por lo tanto, las características geométricas que se seleccionarán para la carretera en estudio dependerán significativamente de la categoría a la cual pertenece según la Tabla 1 y la Tabla 2, mismas que se basan en condiciones in situ y demás requerimientos antes mencionados. Por otra parte, el estudio de tráfico juega un papel fundamental en esta clasificación, y se lo debe realizar en base a especificaciones para generar resultados fiables y enfocados en la realidad de la zona donde se implantará el proyecto.

Además, otro punto que interviene en la clasificación de las carreteras es la topografía del terreno en el cual se asienta la vía actual o se asentará una nueva vía. De esta manera, la categorización de las carreteras se basa en las pendientes del terreno como en las pendientes de la vía. James Cárdenas 16 menciona que se puede clasificar los tipos de terrenos donde se ubicará una nueva vía según la siguiente tabla.

Tabla 3. Tipos de terreno.

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE MAXIMA MEDIA DE LAS LINEAS DE MAXIMA PENDIENTE DEL TERRENO (%)	INCLINACION TRANSVERSAL AL EJE DE LA VIA, DEL TERRENO
Plano (P)	0-5	0-6
Ondulado(O)	5-25	6-13
Montañoso (M)	25-75	13-40
Escarpado €	>75	>40

Fuente: Diseño geométrico de carreteras, Cárdenas James (2013). [16]

La tabla 3 indica los distintos tipos de terreno que se pueden presentar al momento de un diseño geométrico, la dificultad y la pendiente longitudinal que presentará una carretera.

Las categorías según el tipo de terreno para carreteras son:

- *Carretera en terreno plano.* Este tipo de carretera es la más cómoda para los usuarios de los motorizados, puesto que al poseer una pendiente longitudinal menor del 3%, indica que tanto los vehículos pesados como los livianos pueden mantener una misma velocidad. Es necesario mencionar que, en cuanto a trabajo con maquinaria, este tipo de carretera exige muy poco en cuanto a movimientos de tierra, es decir un resanteo y un trazado sencillo. [16]
- *Carretera en terreno ondulado.* A diferencia del caso anterior, una carretera en terreno ondulado presenta una pendiente longitudinal entre el 3% y el 6%, lo que provoca un cambio en las velocidades de los vehículos pesados, la misma que disminuye respecto al de los vehículos livianos. Asimismo, el trabajo con maquinaria es de forma moderada y difícilmente mostrará dificultades. [16]
- *Carretera en terreno montañoso.* Este tipo de carretera empieza a mostrar complicaciones, puesto que posee una pendiente longitudinal entre el 6% y el 8% que produce una disminución significativa en la velocidad de los vehículos pesados. De la misma forma, los trabajos con maquinaria para movimientos de tierra, resanteo y trazado presentan dificultades. [16]

- *Carreteras en terreno escarpado.* Es el terreno que presenta pendientes longitudinales superiores al 8% y corresponden a zonas en donde vehículos pesados viajan a muy bajas velocidades. Es el tipo de terreno más trabajoso en movimiento de tierra y el terreno que presenta mayores dificultades para el trazado y resanteo. [16]

La siguiente figura muestra a detalle los tipos de terreno que pueden encontrarse en carretera y sus diferencias más significativas basadas en la pendiente longitudinal.

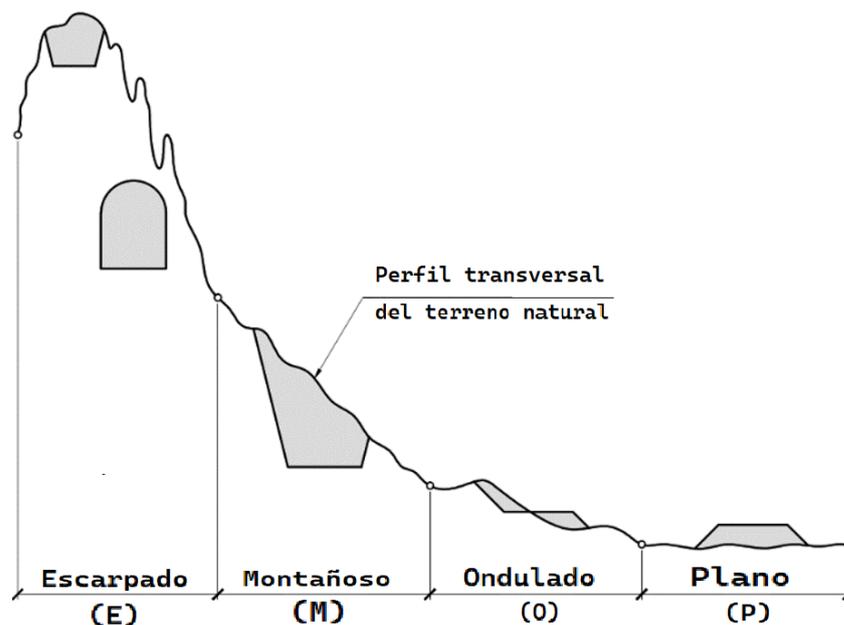


Figura 6. Tipos de terreno en carreteras.

Fuente: Diseño geométrico de carreteras, Cárdenas James (2013). [16]

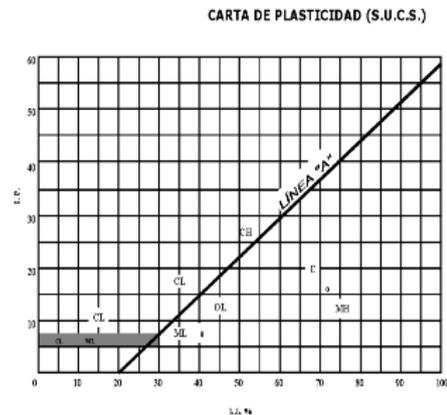
1.1.3.3. El suelo

El suelo de implantación de cualquier infraestructura, ya sea vial, sanitaria o estructural, requiere de un análisis minucioso para conocer sus propiedades físicas y mecánicas. Por tanto, se recurre a un estudio exhaustivo de este elemento. En primera instancia, se obtiene una clasificación en función del Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS), esto se realiza una vez obtenidos los ensayos de laboratorio y utilizando la carta de plasticidad para clasificar al suelo del proyecto. [17]

Tabla 4. Clasificación de suelos según la SUCS.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (S.U.C.S.)
INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

DIVISION MAYOR		SIMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕ Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACION VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4				GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos			
		GM	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		
			u			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla			
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACION VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENAS LIMPAS Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" O LP. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LINEA A" CON LP. MAYOR QUE 7.
	SP			Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		
	ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas		* d u	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Arriba de la "línea A" y con LP. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
				SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.		LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad
				CL	Arcillas inorgánicas de baja o medía plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
		OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido Mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			



Fuente: Geotécnica I, Borselli Lorenzo (2022). [18]

1.1.3.3.1. Contenido de humedad

Esta propiedad determina la cantidad de agua que se encuentra presente en el suelo. Su ensayo se debe realizar con el suelo tal y como se lo encuentre en el sitio de origen, es decir, que se mide la humedad natural del suelo y su ejecución se rige a la normativa vigente NTE INEN 690. [19]

1.1.3.3.2. Análisis granulométrico

En la clasificación de los suelos, la granulometría es muy importante para determinar los distintos tamaños de las partículas y su respectiva distribución. El correspondiente ensayo se basa en lo estipulado por la normativa NTE INEN 696 y ASTM D421 – 58. [20]



Figura 7. Tamices empleados en el ensayo de granulometría.

Fuente: Universidad Centroamericana (2013). [21]

1.1.3.3.3. Gravedad específica

Se refiere a la relación existente entre la densidad de las partículas sólidas de un suelo, o su correspondiente muestra, y la densidad del agua (agua destilada a 4°C según especificación). La metodología de su ensayo está enmarcada en la norma ASTM – 854. [22]

1.1.3.3.4. Límites de Atterberg

Entre las propiedades mecánicas de los suelos, los límites de Atterberg o de consistencia son conocidos como un rango que presenta el contenido de humedad de una muestra de suelo de consistencia plástica para cambiar a otra de este tipo. Estos

datos son fundamentales para determinar el comportamiento de las partículas finas del suelo. [23]

Principalmente se analizan los siguientes:

- ❑ Límite líquido: corresponde al límite fronterizo entre el estado plástico y estado líquido del suelo. Existen distintos ensayos para encontrar dichos límites; sin embargo, el más utilizado es el ensayo de la Copa de Casagrande en base a la normativa ASTM-D4318, NTE INEN 691 o AASHTO-90-70.
- ❑ Límite plástico: se define como la frontera entre el estado semisólido y el estado plástico, adquiriendo nuevas propiedades. Para la determinación de este estado límite es necesario realizar el ensayo correspondiente que se rige a la norma ASTM-D4318, NTE INEN 692 o AASHTO-90-70.

1.1.3.3.5. Índice de plasticidad

Se refiere al campo plástico o magnitud del intervalo de humedades propio de un suelo, el mismo que suele estar representado por un porcentaje. Generalmente, depende únicamente de la cantidad de arcilla presente en la muestra y la finura del material. Se lo halla a partir de los índices mencionados con anterioridad. [23]

1.1.3.3.6. Proctor modificado

El ensayo de Proctor modificado es un método de laboratorio que utiliza la compactación para determinar la relación existente entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de los suelos que fueron compactados en cilindros, ya sea de 4 pulgadas o 6 pulgadas. Además, en su ensayo regido a la normativa AASHTO T – 180 y ASTM D1557 se utiliza un pistón de 10 libras, que debe caer de cierta altura estandarizada (457mm). Este procedimiento produce la energía necesaria para conseguir de datos relevantes para una compactación óptima del suelo del sitio del proyecto. [24]

1.1.3.3.7. CBR

El ensayo de California Bearing Ratio, CBR, es empleado para medir la resistencia que tiene el suelo al corte bajo ciertas condiciones en donde la humedad y la densidad están controladas. Su ensayo imita las condiciones reales del suelo del proyecto para analizar su resistencia y categorizarlo en base a los resultados obtenidos. Además, su procedimiento sigue las normas estipuladas en la ASTM D1883. [25]

El valor de CBR, a pesar de indicar el porcentaje, es representado por un número que cualifica la capacidad resistente de la superficie y los usos que se lo podría dar: subrasante, subbase o base de un diseño vial. [25]

1.1.3.3.8. Ensayo de abrasión

Una de las maneras más exactas para determinar el nivel de desgaste de las partículas y sus características de degradación es mediante el ensayo de abrasión efectuado en la máquina de los Ángeles. Según la normativa ASTM C – 131 se analizan los efectos producidos en los agregados gruesos al someterlos a desgaste por fricción, de tal manera que se identifican propiedades indispensables para el diseño. [26]

1.1.3.4. Diseño geométrico

Una carretera se constituye de elementos geométricos relacionados entre sí que aseguran una correcta e ininterrumpida circulación del vehículo de diseño. Se parte de parámetros técnicos previos como velocidad de diseño y velocidad de circulación para establecer criterios en base a normativas vigentes. Estos datos calculados tienden a ser flexibles, puesto que se enmarcan en rangos permisibles para cada tipo. Se analiza específicamente el alineamiento horizontal, vertical y sección transversal típica. [27]

1.1.3.4.1. Alineamiento horizontal

También conocido como diseño geométrico en planta, se refiere al diseño de tramos rectos y distintos tipos de curvas (incluyendo variedad de curvaturas) que permiten

llevar a cabo una transición segura e ininterrumpida al pasar de unos a otros. El correcto trazado incluye el análisis y cumplimiento de normas para ciertos elementos que garantizan dichas condiciones, como radios mínimos de curvatura, distancias de visibilidad, pendientes, sobreechancho y longitudes de transición y espiral. [27]

1.1.3.4.2. Alineamiento vertical

Corresponde al diseño en perfil de un proyecto vial y se constituye del trazado de una serie de rectas consecutivas que se enlazan por curvas verticales parabólicas, mostrando las pendientes presentes en los tramos. Principalmente se controla el relieve del terreno mediante el cumplimiento de normas establecidas que implican el cálculo de gradiente y curvas verticales (cóncava y convexa). [27]

1.1.3.4.3. Sección transversal

Al realizar un corte vertical en el plano de alineamiento horizontal se obtiene la sección transversal de un punto específico de vía, del mismo que se pueden describir detalles de elementos con su respectiva disposición y dimensionamiento adecuadamente normado. Su elemento más sobresaliente y de mayor análisis recae en la superficie o capa de rodadura, cuyas características determinan el nivel de servicio ofrecido en el proyecto. El resto de elementos suelen ser: carriles, calzada, bermas, cunetas, etc. [27]

1.1.3.5. Pavimento

Se lo conoce como una estructura construida sobre el suelo natural; al igual que el suelo, el pavimento está conformado por capas. Estas capas se componen por distintos materiales, que juntos dan forma a una estructura que actúa como sustento directo en el que el tránsito puede atravesar de manera segura y confiable. [28]

1.1.3.4.1. Pavimento flexible

Una estructura vial de pavimento flexible se caracteriza por presentar una carpeta superficial asfáltica, conocida también como capa de rodadura. Esta se encuentra

expuesta de manera directa al ambiente y al envejecimiento asociado a diversos factores. Una de sus características fundamentales recae en la deflexión producida al someterse a cargas de tránsito, permitiendo que existan ciertas deformaciones pero que la estructura no se rompa o desgaste prematuramente. Adicionalmente, se considera una vida útil de hasta 20 años, mismo que puede variar dependiendo el tipo de vía, las condiciones externas y el plan de mantenimiento al que se lo someta. [29]

Constructivamente, incluyen capas que se disponen en el siguiente orden de análisis y colocación:

➤ **Sub – rasante**

Se refiere al suelo de fundación que corresponde al terreno natural sobre el cual se apoyará toda la estructura vial. Su análisis previo es fundamental, dado que sus propiedades mecánicas y resistencia permiten determinar la capacidad de soporte que tiene para proceder a tratarla o estabilizarla, de ser el caso. Su principal función es resistir, transmitir y distribuir el impacto del tránsito producido en las demás capas superficiales. Asimismo, impide que los elementos finos del suelo se mezclen y afecten el correcto funcionamiento del pavimento. [29]

➤ **Sub – base**

Es una capa tratada con material seleccionado que se ubica sobre la subrasante. Su objetivo principal es separar la base del pavimento de la terracería. De esta manera, se evita que se presenten cambios y alteraciones en las propiedades de la base por introducción de materiales no deseados, humedad, etc. [29]

➤ **Base**

Corresponde a una capa de material selecto de mejor calidad que las mencionadas anteriormente, por sus propiedades granulométricas y resistencia. Se construye sobre la subbase y soporta de manera inmediata las presiones ejercidas por los vehículos. [29]

➤ **Capa de rodadura**

Consiste en un revestimiento de tipo bituminoso integrado por material pétreo y elemento asfáltico (aglutinante), cuyo espesor no sobrepasa los 0.15m. Se encuentra expuesta al medio ambiente y ofrece una superficie óptima para el correcto tránsito vehicular. Adicionalmente, reduce el ingreso de líquido superficial y demás elementos hacia la base debido a sus bajos índices de permeabilidad. [29]

En la siguiente imagen, se puede apreciar el orden adecuado de disposición de las diferentes capas dentro de la estructura del pavimento flexible.

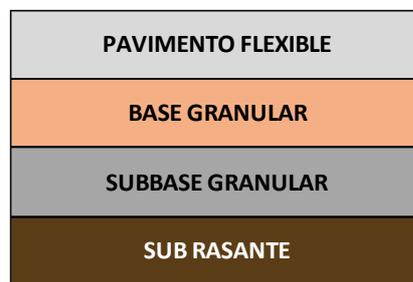


Figura 8. Estructura del pavimento flexible.

Fuente: Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible, Ortiz Angie (2017). [30]

1.1.3.4.2. Pavimento rígido

La principal diferencia entre el pavimento flexible y el pavimento rígido radica en la capa de rodadura; puesto que, en este último, la capa está comprendida por una losa de concreto de cemento portland, y al igual que el pavimento flexible, esta capa está asentada sobre una base constituida por grava, que a su vez se encuentra sobre una subrasante, que vendría siendo un suelo compactado. Una de sus principales desventajas recae en el hecho de presentar grietas y fisuras por su ínfima deformación generada por el tránsito vehicular. [31]

Básicamente, se podría decir que la resistencia estructural de este tipo de pavimento depende mayoritariamente de la calidad de la losa de concreto, misma que debe ser controlada. [31]



Figura 9. Estructura del pavimento rígido.

Fuente: Barajas, Edwin & Buitrago, Brando (2017). [32]

La subrasante y base actuarán de la misma manera que en el caso de pavimento flexible, absorbiendo la presión del flujo vehicular y distribuyendo las cargas hacia el terraplén. Por otro lado, la losa de concreto corresponde a hormigón simple de alta resistencia con elevados índices de dureza y tracción. Estas características le otorgan una larga vida útil y menor costo de mantenimiento. [31]

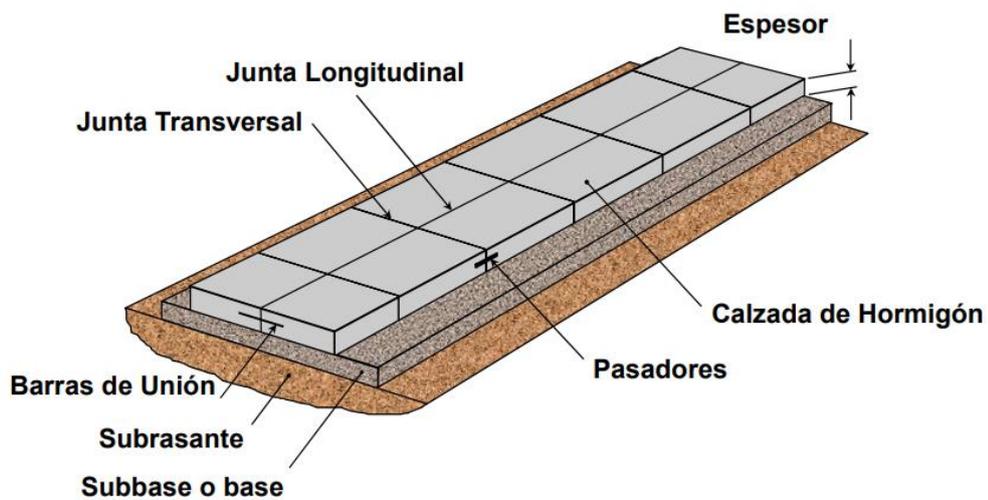


Figura 10. Principales componentes del sistema de pavimento rígido.

Fuente: Construcción de pavimentos rígidos (2019). [33]

La figura 10 muestra una capa superficial del pavimento rígido, en la cual se diferencian distintos componentes importantes:

- **Junta longitudinal.** – son espacios divisorios instalados con el fin de controlar el agrietamiento producido al contraerse el hormigón. Las de este tipo se ubican

paralelamente al eje de la vía y se prevé una única junta longitudinal central, obteniendo losas promedio de hasta 3.65m de ancho. [33]

- **Junta transversal.** – al igual que el caso anterior, buscan copiar el patrón de fisuración obtenido en las losas de concreto para prevenirlas. También transfieren adecuadamente las cargas hacia las capas inferiores. Se hallan localizadas transversalmente a la vía, y su separación dependerá de varios factores propios del diseño vial. [33]
- **Barras de unión.** – son barras de amarre de acero colocadas a través de las juntas longitudinales que evitan la separación de los bordes de cada losa. Es importante mencionar que no son elementos estructurales de transferencia de cargas. [33]
- **Pasadores.** – corresponden a barras de acero con textura lisa ubicadas entre las juntas transversales. Su intención es transferir cargas. [33]

1.1.3.6. Obras de arte

Dentro del diseño vial y procedimientos constructivos de carreteras se deben tomar en cuenta las obras complementarias, que garantizan un correcto funcionamiento del proyecto final. Estas construcciones son conocidas como obras de arte y tienen el fin de controlar el transporte de aguas lluvias y canalizar adecuadamente los flujos de agua (temporales o permanentes); es decir, estos trabajos hidráulicos están destinados a drenar el líquido superficial para proteger la estructura de la vía. [16]

1.1.3.5.1. Obras de arte mayor

Corresponden a estructuras que se diseñan en casos en los que la carretera se localiza en zonas inundables, en donde resulta insuficiente el trabajo ejercido por los sistemas de alcantarillado para drenar el líquido escurrido en temporada húmeda. Cuando se prevén inundaciones o crecidas significativas del agua a través del eje transversal de las carreteras, es necesario planificar la construcción de obras de arte mayor que permitan una continuidad en la comunicación vial. Entre estos se encuentran los puentes y pontones. [16]

1.1.3.5.2. Obras de arte menor

Son obras que se refieren al drenaje de la carretera, específicamente se encargan de dar salida al líquido acumulado sobre una calzada para evitar daños en las estructuras. Se componen por dos tipos de elementos basados en su ubicación:

- ***Drenaje transversal***

Recogen el agua que cruza a través del eje de la vía; generalmente, su recorrido es perpendicular al eje y conduce el líquido en dirección aguas abajo. Entre las opciones de este tipo de drenaje se tienen badenes y alcantarillas. Este último se define como una estructura que evacúa el agua superficial de una calzada, de manera controlada, hasta un punto de salida que no afecte las condiciones de funcionalidad de la carretera. [15]

En la siguiente imagen puede apreciarse claramente el diseño y construcción de una alcantarilla.



Figura 11. Drenaje transversal.

Fuente: Diseño geométrico de carreteras, Cárdenas James (2013). [16]

- ***Drenaje longitudinal***

A diferencia del caso anterior, estas obras se localizan de manera longitudinal al eje de la vía; por tanto, se debe determinar mediante cálculos el área hidráulica necesaria para los requerimientos; así como la sección, longitud y

pendiente adecuada. Muy comúnmente empleadas son las cunetas, referidas a zanjas longitudinales revestidas o sin revestir, localizadas de manera paralela a las bermas de la vía, y las cuales pueden hallarse a un solo lado de la vía o a ambos. Su sección suele ser triangular o trapezoidal, según el proyecto.



Figura 12. Drenaje longitudinal.

Fuente: Diseño geométrico de carreteras, Cárdenas James (2013). [16]

1.1.3.7. Presupuesto referencial

Dentro de los instrumentos de planeación de proyectos previa su aprobación y ejecución se halla el cálculo del presupuesto referencial de la obra. Su estructuración incluye etapas y actividades que se llevarán a cabo en el diseño y construcción de una obra. El nivel de detalle y desglose correcto de los rubros permiten calcular el costo total de una obra a partir del análisis de precios unitarios. [34]

1.1.3.6.1. Análisis de precios unitarios (APU's)

Se refiere a un desglose detallado del costo de un rubro específico (actividad dentro de una obra) por unidad de medida establecida en cada uno. Su fin es identificar el precio por separado de esta unidad de obra para facilitar la toma de decisiones. [34]

PROYECTO RESIDENCIA					
UBICACIÓN EL ANGEL, CANTON ESPEJO, PROV. CARCHI					
DIRECCIÓN CALLE ABRAHAM HERRERA S/N Y ESMERALDAS					
ELABORADO POR: AUTORES					
FECHA AGOSTO 2022					
P R E S U P U E S T O					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
PISOS					
01	ESTRUCTURA DE MADERA PARA ENTREPISO	M2	63.88	16.10	1,028.47
02	LOSETA DE ENTREPISO	M3	0.50	236.86	118.43
03	MABILADO DE PISOS	M2	123.42	5.76	710.90
04	CERAMICA PISOS	M2	49.91	18.27	911.86
05	ENTABLADO CON LACA	M2	105.18	18.40	1,935.31
MAPOSTERIA					
06	MAPOSTERIA DE LADRILLO e=0.20 M.	M2	34.39	13.47	463.23
07	CAJA DE REVISION 60x60x60	U	2.00	57.47	114.94
08	MESON COCINA HORMIGON ARMADO	ML	4.00	21.35	85.40
CUBIERTA					
09	CIELO RASO DE MALLA	M2	187.30	18.88	3,536.22
10	CHAMEADO A MAQUINA	M2	187.30	2.94	550.66
ENLUCIDOS					
11	ENLUCIDO LISO VERTICAL	M2	520.70	7.11	3,702.18
12	CERAMICA PAREDES	M2	67.35	18.95	1,276.28
AGUAS SERVIDAS					
13	INSTALACION SANITARIA PVC 3"	PTO	6.00	18.53	111.18
14	INSTALACION SANITARIA PVC 4"	PTO	4.00	20.76	83.04
15	DESAGUE TUBERIA DE 110 MM	ML	24.00	8.10	194.40
16	REJILLA DE FIBO	U	6.00	3.44	20.64
17	BAJANTE DE AALL	ML	15.00	6.47	97.05
18	CANAL DE TOL	ML	41.10	13.22	543.34
AGUA POTABLE					
19	SALIDA AGUA FRIA PVC 1/2" ROSCABLE	PTO	11.00	32.94	362.34
20	SALIDA AGUA CALIENTE PVC 1/2"PLG	PTO	6.00	32.94	197.64
21	MEZCLADORA 1/2"PLG	U	6.00	20.70	124.20
22	DUCHA SENCILLA CROMADA	U	2.00	44.67	89.34
APARATOS SANITARIOS					
23	INODORO	U	1.00	96.74	96.74
24	LAVAMANOS	U	1.00	61.76	61.76
25	LAVAPLAYS COMPLETO, GRIFERIA	U	2.00	136.45	272.90
26	ACCESORIOS DE BAÑO	JGO	2.00	17.32	34.64
INSTALACIONES ELECTRICAS					
27	CAJA TERMICA 4 BREAKER	U	2.00	49.25	98.50
28	ILUMINACION	PTO	22.00	23.81	523.82
29	TOMACORRIENTES	PTO	37.00	22.07	816.59
CARPINTERIA METAL MADERA					
30	VENTANA DE HIERRO	M2	55.44	31.11	1,724.74
31	PROTECCION DE HIERRO	M2	10.10	31.92	322.39
32	VIDRIO CLARO 4MM	M2	55.44	15.62	865.97
33	PUERTA DE HIERRO Y TOL	U	1.00	213.58	213.58
34	PUERTA DE MADERA LACADA	U	11.00	125.98	1,385.78
35	CLOSETS	M2	4.60	125.88	579.05
36	PASAMANOS DE HIERRO	ML	4.00	51.75	207.00
RECUBRIMIENTOS					
39	PINTURA DE CAUCHO	M2	520.70	2.67	1,390.27
TOTAL =					24,850.78

Figura 13. Ejemplo de presupuesto referencial.

Fuente: Programación y procesamiento de datos en lenguaje de Python, Portilla, F., Montalván, J. & Bonilla, L. (2022). [34]

En la figura 13 se puede observar un ejemplo de la elaboración de un presupuesto, pero este modelo puede variar. Necesariamente debe incluir los siguientes componentes:

1.1.3.6.1.1. Rubro

Es el título o etiqueta con el cual se identifica de manera única y particular a una unidad de obra dentro de un proyecto constructivo. Suelen incluirse especificaciones en el apartado de “detalle” y la medida física con la cual se cuantifica dicho rubro en la sección “unidad”. [34]

1.1.3.6.1.2. Costos indirectos

Son gastos administrativos necesarios para ejecutar correctamente una obra. También se mencionan en este apartado las utilidades generadas, imprevistos, financiamiento y demás aspectos que no se consideraron en costos directos. [34]

1.1.3.6.1.3. Costos directos

Son aquellos gastos que se relacionan de manera directa en la construcción y son variables proporcionales a la magnitud del rubro. [34]

Se integra por:

1.1.3.6.1.2.1 Materiales

Insumos y demás elementos requeridos en una actividad específica. Son la materia prima que se transformará al finalizar el rubro. El costo varía en función del proveedor, cantidad y marca. [34]

1.1.3.6.1.2.2 Mano de obra

Es el costo cuantificado del aporte humano y se lo calcula según el rendimiento de los obreros que integran la cuadrilla. [34]

1.1.3.6.1.2.3 Equipo

Entre los componentes que más influyen en la ejecución del proyecto se hallan los equipos y maquinaria empleados, porque la calidad que tengan determina el avance o retraso de una actividad. También se toma en cuenta si estos son alquilados o propios para calcular el costo. [34]

1.1.3.6.1.2.4 Transporte

En algunos casos será necesario transportar materiales desde su punto de extracción hasta el lugar del proyecto; por tanto, el gasto correspondiente al trasiego se debe considerar en el análisis de precios unitarios. [34]

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Rectificar la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000, perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía existente El Limón – El Deseo entre las abscisas 4+000 y 8+000.
- Establecer el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) actual y futuro.
- Examinar a partir de un estudio de suelos las propiedades físicas y mecánicas (Físicas: Contenido de humedad, gravedad específica, granulometría, límites de Atterberg; Mecánicas: Proctor, CBR y ensayo de abrasión)
- Diseñar la capa de rodadura de la vía.
- Realizar el diseño hidráulico de las obras de arte mayor y menor.
- Determinar el presupuesto referencial del tramo de la vía.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales y equipos

2.1.1. Materiales

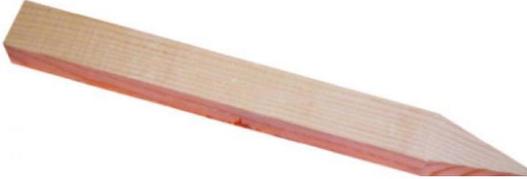
La investigación de campo para este proyecto requirió emplear diversos materiales, mismos que garantizan la ejecución correcta de cada actividad planificada para dar cumplimiento a los objetivos establecidos.

2.1.1.1. Materiales para levantamiento topográfico

En primera instancia, se llevó a cabo un levantamiento topográfico utilizando los materiales mostrados en la Tabla 5. En la misma se detallan características importantes de cada uno.

Tabla 5. Materiales para el levantamiento topográfico.

Trípode	Prisma topográfico
	
<p>Herramienta que brinda estabilidad y nivelación a la estación total, este instrumento puede ser de aluminio o madera, compuesto de tres patas de alturas ajustables.</p>	<p>Receptor del láser que utiliza la estación total. Está colocado sobre el bastón nivelante y conjuntamente trabajan para ubicar precisamente un punto en el espacio.</p>

Bastón nivelante	Estacas de madera
	
<p>Herramienta muy similar a los jalones; sin embargo, este posee un nivel de burbuja que sirve para obtener medidas precisas al trabajar con el prisma.</p>	<p>Objetos de madera afilados que se clavan en el suelo, normalmente utilizados como base para poder realizar cambios de estación con una estación de trabajo topográfica, también son utilizados para la demarcación del abscisado de nuestra vía, especialmente cada km.</p>
Combo	Cinta o Flexómetro
	
<p>Se emplea para clavar la estaca o clavos que definen puntos específicos de georreferenciación.</p>	<p>Necesarias ocasionalmente para realizar ciertas mediciones dentro del área de trabajo. Sus medidas variarán desde los 30m hasta los 100m.</p>

Clavos	Spray (pintura)
	
<p>Utilizadas para demarcar el centro de nuestra estaca, para darle precisión a la ubicación del punto medida con la estación topográfica</p>	<p>Empleada para identificar puntos importantes dentro del levantamiento topográfico, los puntos de control, el abscisado, debe ser un tipo de pintura reflectiva que se pueda visibilizar fácilmente, con el fin de encontrar rápidamente dichos puntos.</p>

Fuente: Brando Aillón.

2.1.1.2. Materiales para conteo de tránsito e identificación vehicular

Se requirieron elementos que permitan recopilar información al momento de aplicar el método de conteo vehicular, y posteriormente replicar los datos en trabajo de oficina.

Tabla 6. Materiales para el conteo de tránsito e identificación vehicular.

Libreta de campo	Esfero
	
<p>Indispensable para recopilar datos del conteo vehicular y demás detalles del trabajo en campo.</p>	<p>Para escribir apuntes en la libreta durante las actividades de identificación vehicular.</p>

Fuente: Brando Aillón.

2.1.1.3. Materiales para estudio de suelos

A continuación, la Tabla 7 describe los materiales empleados durante la ejecución de cada ensayo de laboratorio con las muestras de suelo.

Tabla 7. Materiales para el estudio de suelos.

Ensayos	Materiales
Muestreo	<ul style="list-style-type: none">▪ Pala▪ Pico▪ Flexómetro▪ Costal
Contenido de humedad	<ul style="list-style-type: none">▪ Recipientes de aluminio
Granulometría	<ul style="list-style-type: none">▪ Muestra de suelo▪ Tamices▪ Recipientes de pesaje de muestras
Gravedad específica	<ul style="list-style-type: none">▪ Muestra de suelo▪ Recipientes de aluminio▪ Tamices▪ Picnómetro▪ Termómetro▪ Matraz▪ Agua destilada
Límite líquido	<ul style="list-style-type: none">▪ Muestra de suelo (pase por el tamiz N°40)▪ Agua▪ Recipientes de aluminio▪ Acanalador▪ Espátula
Límite plástico	<ul style="list-style-type: none">▪ Muestra de suelo (pase por el tamiz N°40)▪ Agua▪ Recipientes de aluminio▪ Placa de vidrio▪ Mortero de porcelana▪ espátula
Proctor modificado	<ul style="list-style-type: none">▪ Muestra de suelo▪ Agua▪ Moldes para Proctor según especificación con su collar y disco▪ Probeta

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enrasador ▪ Martillo (peso de 4.5kg) ▪ Bandejas para muestra
CBR	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muestra de suelo ▪ Pesa anular ▪ Pesa ranurada ▪ Moldes para CBR ▪ Bandejas para muestra ▪ Recipientes de aluminio ▪ Enrasador ▪ Papel filtro
Ensayo de abrasión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muestra de suelo ▪ Tamices ▪ Esferas de acero

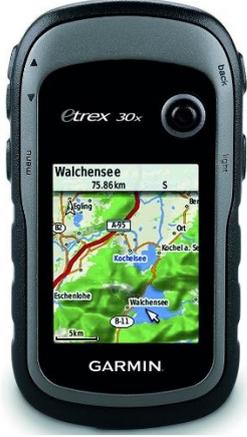
Fuente: Brando Aillón.

2.1.2. Equipos

2.1.2.1. Equipo para levantamiento topográfico

Esta actividad requirió emplear el equipo especializado mostrado en la Tabla 8 para georreferenciar cada punto estratégico dentro del proyecto.

Tabla 8. Equipos empleados en el levantamiento topográfico.

Equipo: Estación total Marca: Topcon Modelo: ES – 105	Equipo: GPS Marca: Garmin Modelo: Etrex 30x
	

<p>Aparato electroóptico utilizado para la topografía, su funcionamiento tiene un apoyo en la tecnología eléctrica, básicamente una estación total combina el uso de un distanciómetro con un teodolito, haciendo de este una herramienta útil para el cálculo de coordenadas y distancias horizontal y vertical con una precisión milimétrica.</p>	<p>Proporciona servicios de georreferenciación, posicionamiento y navegación a través de un satélite con una cobertura mundial. La función del GPS es capturar y decodificar las señales de radios enviadas por distintos satélites artificiales y obtener de ellas un punto determinado.</p>
---	---

Fuente: Brando Aillón.

2.1.2.2. Equipo para conteo de tránsito e identificación vehicular

En este apartado se mencionan los equipos utilizados para llevar a cabo esta tarea, destacando el uso de tecnología que facilitó la tabulación de resultados.

Tabla 9. Equipos empleados en el conteo de tránsito e identificación vehicular.

<p>Equipo: Cronómetro Marca: Steren Modelo: -</p>	<p>Equipo: Laptop Marca: DELL Modelo: Inspiron 15.6</p>
	
<p>Contabilizar el tiempo y establecer rangos específicos para el conteo vehicular.</p>	<p>Necesario para el procesamiento de datos, del mismo dependerá la velocidad con la que se efectúe el trabajo, por lo que es recomendable conseguir una estación de trabajo de última generación.</p>

Fuente: Brando Aillón.

2.1.2.3. Equipo para estudio de suelos

La Tabla 10 expone los equipos requeridos para cada tipo de ensayo al que se someterán las muestras de suelo obtenido in situ.

Tabla 10. Equipos para el estudio de suelos.

Ensayos	Equipos
Muestreo	-
Contenido de humedad	<ul style="list-style-type: none">▪ Balanza▪ Horno
Granulometría	<ul style="list-style-type: none">▪ Balanza▪ Horno▪ Tamizador eléctrico
Gravedad específica	<ul style="list-style-type: none">▪ Balanza▪ Horno
Límite líquido	<ul style="list-style-type: none">▪ Copa de Casagrande▪ Balanza▪ Horno
Límite plástico	<ul style="list-style-type: none">▪ Horno
Proctor modificado	<ul style="list-style-type: none">▪ Balanza▪ Horno
CBR	<ul style="list-style-type: none">▪ Máquina Multispeed▪ Balanza▪ Horno
Ensayo de abrasión	<ul style="list-style-type: none">▪ Balanza▪ Máquina de los ángeles

Fuente: Brando Aillón.

De igual manera, la siguiente tabla especifica características básicas de cada equipo descrito anteriormente, que permitió determinar propiedades físicas y mecánicas del suelo del proyecto.

Tabla 11. Especificaciones del equipo de estudio de suelos.

<p>Equipo: Balanza Marca: México Modelo: -</p>	<p>Equipo: Horno Marca: Sin marca Modelo: -</p>
	
<p>Determina de manera exacta el peso de las muestras de suelo que serán sometidas a ensayo.</p>	<p>Principalmente se emplea para secar o deshidratar la muestra de suelo (extraer agua) en un corto tiempo. Adquiere temperaturas de 0° a 120°C.</p>
<p>Equipo: Tamizador eléctrico Marca: Controls Modelo: 15-d0407/BZ</p>	<p>Equipo: Copa de Casagrande Marca: Sin marca Modelo: -</p>
	
<p>En granulometría, permite separar los materiales de una muestra de suelo mediante movimientos de agitación continua de los tamices.</p>	<p>Combinación de elementos en un equipo de motor que cuenta el número de golpes dados a una copa de bronce.</p>

Equipo: Máquina Multispeed Marca: Controls Modelo: 34V1174	Equipo: Máquina de los ángeles Marca: Controls Modelo: 48-D0500/G
	
<p>Aplica cargas controladas a la muestra de suelo debidamente preparada y compactada.</p>	<p>El tambor de acero que se integra en su parte interior, gira a velocidades específicas para desgastar el material ensayado.</p>

Fuente: Brando Aillón.

2.1.3. Equipo de protección personal

La salud y seguridad del personal que desarrolló cada etapa del proyecto, sobre todo el trabajo en campo, es importante; por tanto, se precauteló con el uso de equipo de seguridad individual que se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Equipo de seguridad.

Guantes de caucho	Zapatos de seguridad
	

Proteger las manos al manipular materiales y equipos en campo y laboratorio.	Resguardar las extremidades inferiores frente a cualquier eventualidad, sobre todo al exponerse a factores ambientales del trabajo de campo.
Mandil	Mascarilla
	
Preservar la vestimenta al momento de ensayar las muestras en laboratorio.	Evitar adquirir enfermedades provocadas por virus o patógenos que ingresen por aire.

Fuente: Brando Aillón.

2.2. Métodos

La presente investigación tuvo como objetivo principal el rectificar la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000, perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi; por tanto, su metodología se basó en tres tipos de investigación fundamentales que permitieron obtener resultados significativos y fiables.

2.2.1. Tipos de investigación

2.2.1.1. Investigación documental

También conocida como investigación bibliográfica, se cataloga como una etapa previa y de gran alcance para proyectos investigativos y técnicos al recopilar información relevante del tema en particular. Se aplicó este método para recabar datos teóricos y científicos que permiten llevar a cabo un correcto diseño vial y cumplimiento de objetivos establecidos. A partir de fuentes confiables se determinaron

parámetros de cálculo y diseño propios de la zona del proyecto, así como una serie de normativas, estudios previos, fórmulas y esquemas prácticos para obtener un resultado verificado y enmarcado en las políticas de la construcción vigentes en el país. [35]

2.2.1.2. Investigación de campo

Este tipo de investigación integra un método exploratorio para recabar datos directos de fuentes primarias; es decir, recopila información del lugar donde se dieron los hechos de estudio para posteriormente integrarlos a los demás datos recopilados y analizarlos en conjunto. [36]

Para el presente proyecto que plantea una rectificación de vía, fue fundamental la aplicación del trabajo en campo a partir de visitas in situ que permitieron llevar a cabo el levantamiento topográfico del sitio, muestreo representativo de la correspondiente capa de subrasante (norma NTE INEN 686), así como el conteo vehicular para identificar el TPDA de la ruta. Adicionalmente, la observación directa que se integra en esta metodología determinó características importantes del área de estudio para establecer criterios y parámetros dentro del diseño geométrico final.

2.2.1.3. Investigación de laboratorio

Se integra una investigación de laboratorio con metodología de tipo experimental al realizarse en un ambiente artificial y con condiciones controladas por el investigador. Se emplean equipos y materiales especializados para recrear características del sitio original en donde suceden los eventos analizados, y recopilar datos del comportamiento de cada elemento objeto de estudio. [36]

En particular, se ensayaron las muestras de suelo recabadas en el sitio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas más importantes que influyan en el diseño vial. Cada ensayo se rigió minuciosamente a la normativa nacional (INEN) y lineamientos internacionales (AASHTO y ASTM), como se especifican en la Tabla 13 presentada a continuación.

Tabla 13. Normativa para cada ensayo de suelos en el laboratorio.

Ensayo	Normativa
Contenido de humedad	ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Granulometría	ASTM D421 – 58 y NTE INEN 696
Gravedad específica	ASTM – 854
Límite líquido	ASTM D4318 y NTE INEN 691
Límite plástico	ASTM D4318 y NTE INEN 692
Proctor modificado	ASTM T180 y ASTM D1557
CBR	ASTM D1883
Ensayo de abrasión	ASTM C – 131

Fuente: Brando Aillón.

2.2.2. Ubicación del proyecto

2.2.2.1. Macro

Ecuador es un país ubicado en América del Sur, específicamente en la zona noroccidental. Limita al norte con Colombia, al este y sur fronteriza con Perú y finalmente en el oeste, comparte su costa con el océano Pacífico. Continentalmente se divide en tres regiones: Costa, Sierra y Amazonía; además de incluir una tercera región conocida como Galápagos. Abarca una superficie superior a 256 000 km² y se caracteriza por presentar una variedad de climas, vegetación y accidentes geográficos propios de cada zona. Por otra parte, es la nación con mayor tasa de densidad poblacional en América. [37]



Figura 14. Ubicación de Ecuador en el continente americano.

Fuente: Guía de bienes culturales del Ecuador. [38]

2.2.2.2. Meso

En Ecuador, en la parte centro – norte de la región Sierra se localiza la provincia de Cotopaxi. Lleva su nombre por el segundo volcán más alto del país que se encuentra en este lugar. Colinda con la provincia de Pichincha en el norte, al este con Napo, al sur limita con Tungurahua y Bolívar, finalmente, al oeste comparte frontera con Santo Domingo de los Tsáchilas. Incluye 7 cantones en su división política y alberga un área total de 6 085 km². Se caracteriza por presentar variedad de ecosistemas que favorecen la producción agrícola y ganadera. [38]



Figura 15. Ubicación de la provincia de Cotopaxi en Ecuador.

Fuente: Google Maps.

2.2.2.3. Micro

Pangua se ubica en la parte sur de la provincia de Cotopaxi a una altitud de entre 100 y 3600 msnm. Corresponde a uno de los cantones más pequeños según su extensión territorial, contando con una superficie de 723 km². Al norte y este limita con los cantones Pujilí y la Maná, al sur fronteriza con Guaranda y al oeste se encuentra Quinsaloma. Políticamente, se integra de una parroquia urbana denominada El

Corazón y tres parroquias rurales de nombres: Moraspungo (lugar del proyecto), Pinllopata y Ramón Campaña. [1]



Figura 16. Ubicación del cantón Pangua en la provincia de Cotopaxi.

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pangua. [1]

2.2.2.3.1. Información de la zona

2.2.2.3.1.1. Población

En base al último censo nacional realizado por el INEC en 2010, se conoce que el cantón Pangua tiene 21 965 habitantes, de los cuales el 7.5% pertenece al sector urbano y el 92.5% restante corresponde al sector rural. De igual forma, en población por género, el mayor porcentaje se refiere a hombres (cerca del 52%) y la edad promedio de todos los ciudadanos es de 28 años. A lo largo de los años, el aumento de habitantes ha sido poco acelerado, determinando una ínfima tasa de crecimiento de 1.1%. [1]

En la siguiente tabla se observa detalladamente el crecimiento poblacional dicho cantón de estudio.

Tabla 14. Crecimiento poblacional del cantón Pangua.

Año censal	Población
1990	16 814
2001	19 877
2010	21 965

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pangua. [1]

La figura 17 presenta la división parroquial y los poblados más sobresalientes del cantón, destacando la parroquia rural de Moraspungo como la de mayor extensión.

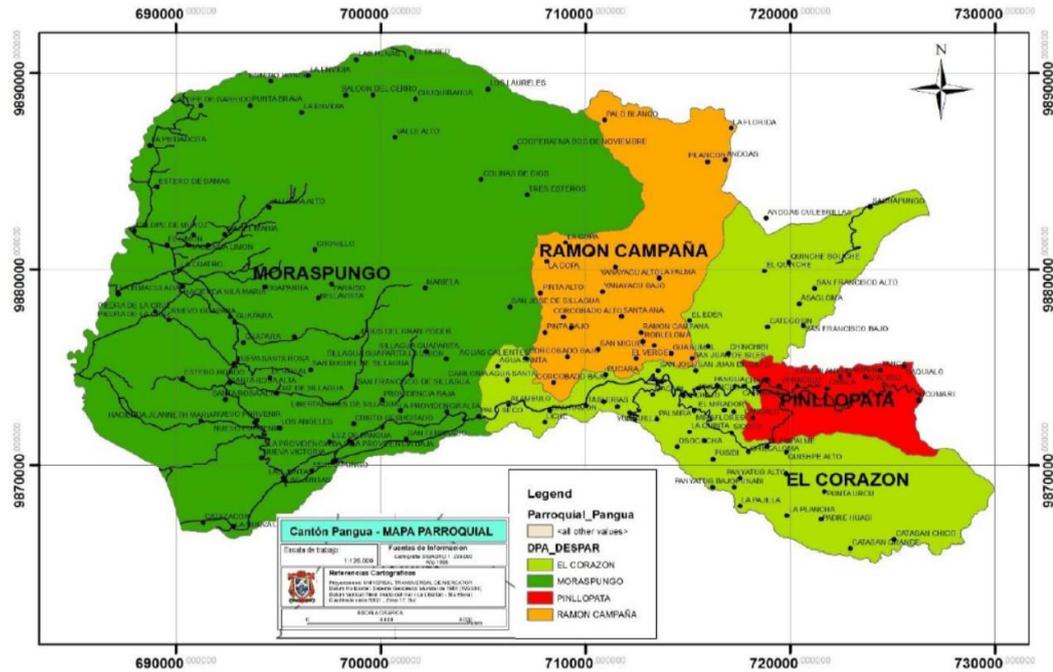


Figura 17. División parroquial y comunidades del cantón Pangua.

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pangua. [1]

2.2.2.3.1.2. Actividad económica

La base económica del cantón radica en las zonas rurales, puesto que son las más predominantes (cerca del 93%). Por tal motivo, las actividades productivas son la agricultura y labores pecuarias, caracterizando al lugar y volviéndolo un potencial agropecuario en la provincia y el resto del país. [1]

2.2.2.3.1.3. Climatología

En nuestro país se presenta una multiplicidad de climas que benefician la diversidad de flora y fauna en todo el territorio. Específicamente, en Pangua existen cuatro zonas climáticas muy marcadas: Ecuador Mesotérmico – Semi húmedo, Ecuatorial de Alta Montaña, Tropical Mega térmico – Semi húmedo y Tropical Mega térmico húmedo. En cuanto a la temperatura promedio, esta oscila entre 15 y 20°C. [1]

Por otra parte, según estudios se determina que sus precipitaciones anuales están en un rango de 1000 mm a 3500 mm. Asimismo, su distribución es variable a lo largo de todos los meses y no se podrían identificar un comportamiento estable. En la figura 18 se diferencian las áreas en donde predominan los diferentes climas antes mencionados y se establece que el Tropical Mega térmico húmedo es el más predominante, beneficiando el cultivo de especímenes frutales. [1]

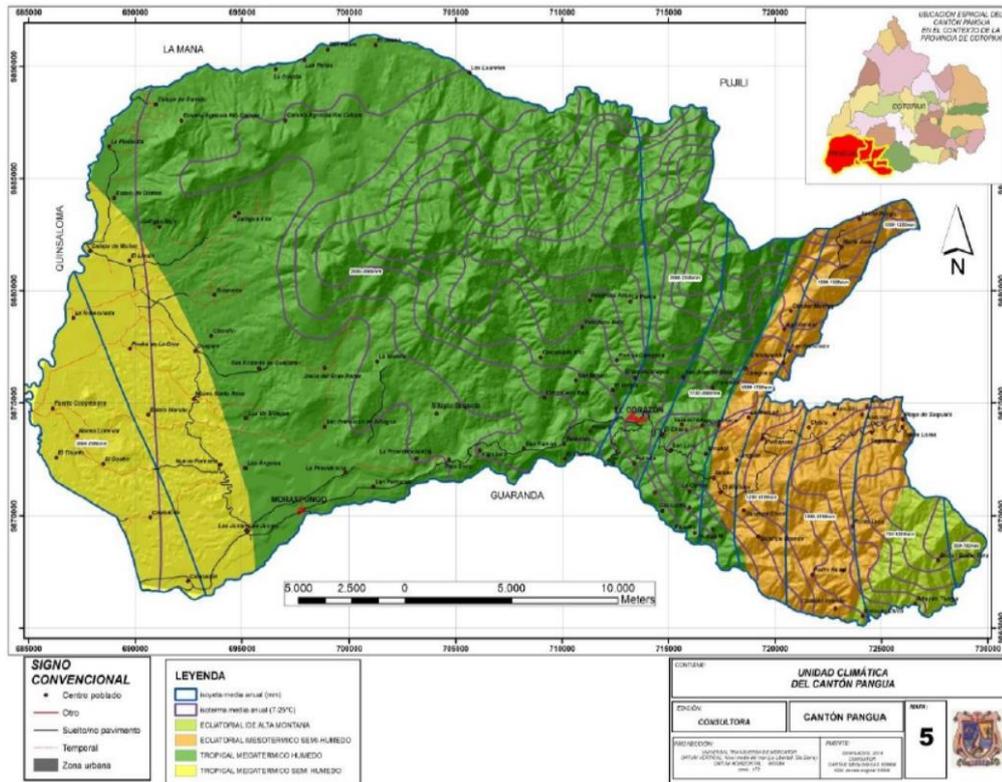


Figura 18. Mapa climatológico del cantón Pangua

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pangua. [1]

2.2.2.3.1.4. Relieve

En general, el cantón se asienta sobre terreno montañoso con pendiente promedio de hasta 70%. Se caracteriza por dos unidades geológicas importantes: la Vertiente Andina Alta, localizada en el norte con relieves agudos y moderados (>70%); y Piedemonte en el sur, que incluye relieves tabulares inclinados y planos (<12%). En la

siguiente imagen se puede apreciar con claridad el relieve del cantón y su marcada diferenciación de elevación entre zonas. [1]

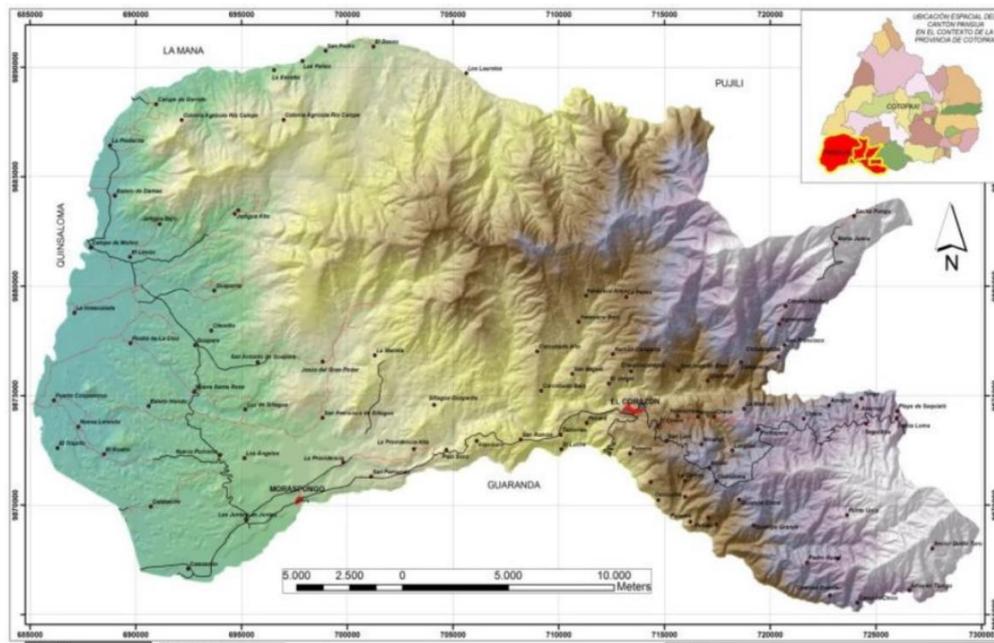


Figura 19. Mapa de relieve del cantón Pangua

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pangua. [1]

En el ámbito geográfico, el cantón se define como irregular con alturas entre los 355 y 3560 msnm. Algunos de los principales accidentes orográficos destacados son la Cordillera de Pilancón y de Calope, Mirador y El Quinche. La mayor parte de elevaciones presentan ondulación con pendientes que finalizan en quebradas. Estas a su vez, influyen en la formación de importantes ríos y ojos de agua terminales, por lo tanto, la evacuación de aguas lluvias y efluentes combinados no presenta problemas. [1]

2.2.2.3.1.5. Uso y cobertura del suelo

La mayor parte del área de ocupación del cantón se destina a agricultura, aproximadamente el 60%. Otro pequeño porcentaje lo ocupan los bosques, montañas y áreas protegidas, y en iguales extensiones para la parte agropecuaria. Se determina también que, existen variedad de cultivos debido a la climatología de la zona,

sobresaliendo la arboricultura. Finalmente, en el siguiente mapa se aprecian los diferentes usos que se le da al suelo en dicho cantón. [1]

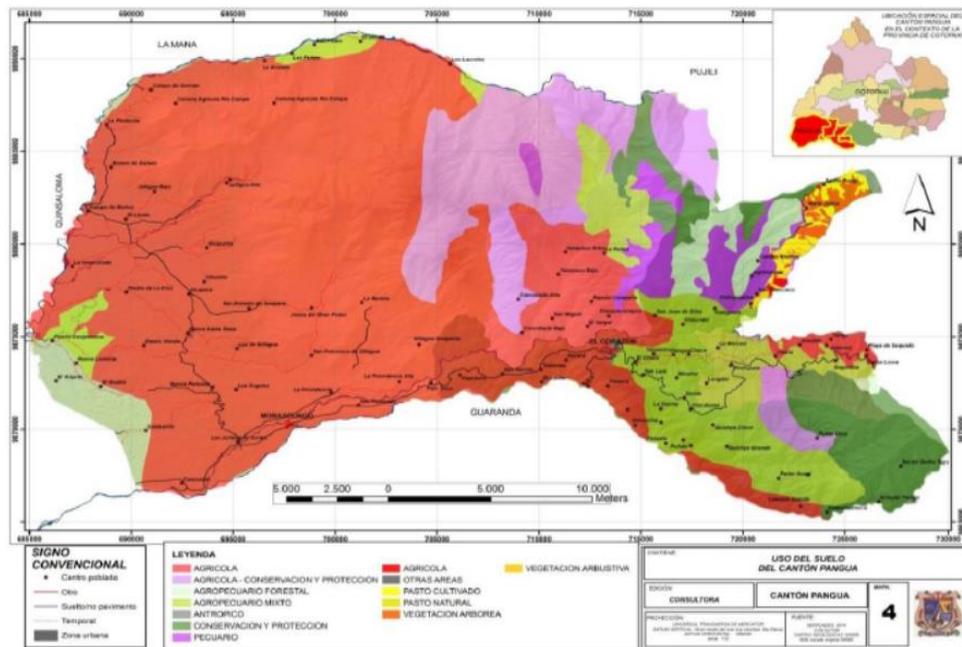


Figura 20. Mapa de cobertura y uso de suelos del cantón Pangua

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pangua. [1]

2.2.2.3.1.6. Infraestructura sanitaria existente

Agua potable

La capacidad de abastecimiento de agua en la cabecera cantonal es de 1 000 m³ y en la parroquia Moraspungo, solo el centro parroquial cuenta con un sistema de agua potable que no se ha mejorado en muchos años. Varias comunidades del lugar, como El Limón, captan el líquido directamente de esteros y vertientes naturales puesto que no poseen Juntas de agua y redes actualizadas al crecimiento poblacional. [1]

Alcantarillado

Aproximadamente el 10% de la parroquia Moraspungo acceden a un sistema de alcantarillado; dentro de este, solo la cabecera parroquial alcanza una cobertura del 90%. El resto de comunidades únicamente persisten con pozos sépticos en cada domicilio y no cuentan con red de alcantarillado o planta de tratamiento de aguas residuales. [1]

2.2.2.3.1.7. Infraestructura vial existente

El cantón está habilitado con aproximadamente 528 km de vía, de los cuales el 76% son de tipo cantonal. Su capa de rodadura tiene características precarias y en su mayor parte corresponden a caminos estacionales y vecinales. En las zonas rurales, como la parroquia Moraspungo, las rutas no ofrecen grandes beneficios a la población puesto que no conectan a todas las comunidades y la infraestructura está muy deteriorada. La siguiente figura muestra un mapa del sistema vial del cantón Pangua con claridad. [1]

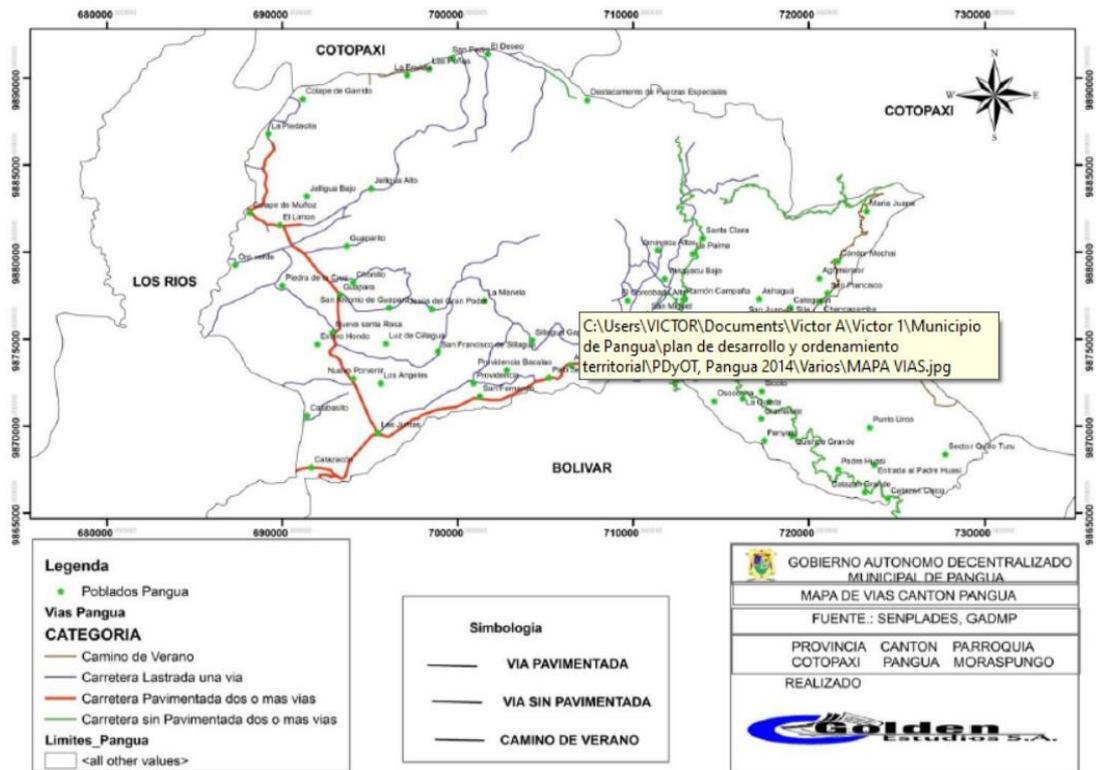


Figura 21. Mapa del sistema vial del cantón Pangua

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pangua. [1]

2.2.2.4. Localización geográfica

El presente proyecto se desarrolló en la vía El Limón – El Deseo de la parroquia rural Moraspungo del cantón Pangua, específicamente en la abscisa 4+000 a 8+000. En la siguiente imagen se puede apreciar con claridad el tramo estudiado, y en la tabla 15 se

detallan las coordenadas de georreferenciación de inicio y fin con su abscisado respectivo.

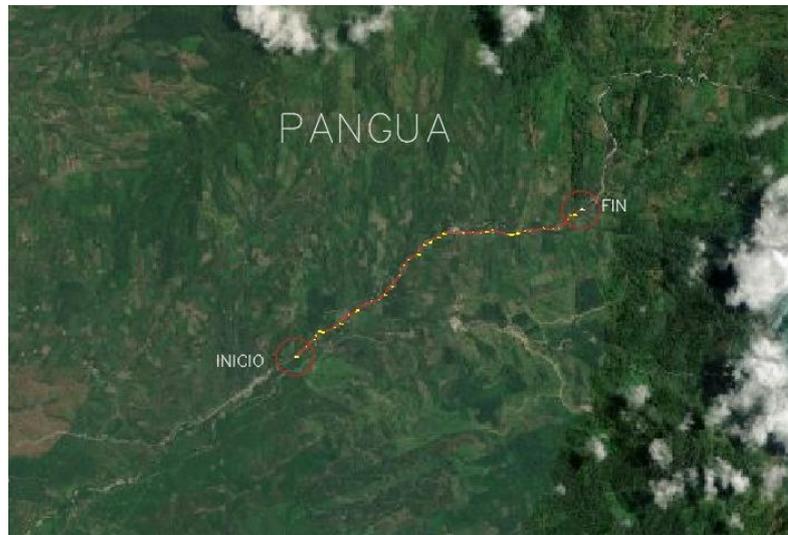


Figura 22. Localización geográfica de la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000.

Fuente: Google Earth.

Tabla 15. Coordenadas inicial y final del proyecto.

Coordenada	Abscisado	Norte	Este	Elevación
Inicial	4+000	9881995	693273	222
Final	8+000	9884222	696137	383

Fuente: Brando Aillón.

2.2.3. Recolección de datos

2.2.3.1. Levantamiento topográfico

Resulta necesario llevar a cabo un levantamiento topográfico para georreferenciar la zona de estudio y representar la realidad que existe en el terreno donde se ubica la vía en cuestión. A partir de visitas in situ enmarcadas en la investigación de campo se desarrolló esta actividad empleando una estación total, dada su rapidez y precisión al triangular puntos geográficos.

Previamente, se reconocieron características del lugar y se marcaron con estacas el punto inicial y final del trayecto. A continuación, se realizó un abscisado cada 20 metros en toda la vía indicando puntos fijos a considerarse en la medición. Se procedió

a levantar una faja de 50 metros a cada lado del eje vial tomando en cuenta el siguiente procedimiento:

- Emplear el GPS para medir las coordenadas geográficas de la ubicación de la estación y el punto referencial para triangulación.
- Centrar y nivelar cuidadosamente la estación total.
- Medir cada punto marcado en la abscisa respetando la faja topográfica impuesta y considerando detalles importantes como viviendas, obras sanitarias, etc.
- Realizar cambios de estación en lugares donde no se pueda observar el bastón porta prisma.

En la figura 23 se muestra parte del procedimiento del levantamiento topográfico realizado en este proyecto.



Figura 23. Levantamiento topográfico de la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.3.2. Conteo de tránsito e identificación vehicular

El conteo de tránsito e identificación vehicular se los realizó en un periodo de 12 horas durante 7 días consecutivos. En este caso se llevó a cabo un conteo manual que inició a las 6:00 horas y culminó a las 18:00 horas. Como punto para la estación de medición se estableció el kilómetro 4+000 de la vía “El Limón – El Deseo” en la cual se ejecutó un conteo en ambos sentidos de la vía. Se tomó en cuenta la clasificación propuesta por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas; es decir de vehículos livianos, buses y pesados, para considerarlos en el procedimiento de diseño final de la propuesta.

En la Tabla 16 se presentan los datos obtenidos en el conteo vehicular y se determina que el día de mayor afluencia de vehículos fue el día viernes 19 de noviembre.

Tabla 16. Datos de conteo de tránsito e identificación vehicular.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
TEMA: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"									
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:	EL LIMON				Mes/Año	nov-21
DÍA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS						TOTAL POR DÍA
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total	
LUNES 15	196	10	1	5	3	3	6	18	224
MARTES 16	172	8	2	3	4	5	2	16	196
MIÉRCOLES 17	176	9	3	1	3	2	6	15	200
JUEVES 18	192	9	5	3	2	7	2	19	220
VIERNES 19	206	10	2	3	5	3	6	19	235
SÁBADO 20	214	8	3	2	4	2	1	12	234
DOMINGO 21	203	5	2	5	7	0	0	14	222
TOTAL	1359	59	18	22	28	22	23	113	1531

Fuente: Brando Aillón.

A continuación, la siguiente tabla muestra los resultados del conteo de tránsito del día de mayor circulación vehicular, registrando un mayor flujo desde las 14:45 hasta las 15:45 con un total de 45 vehículos. Este dato corresponde a la hora de máxima demanda de volumen vehicular y es muy importante para los cálculos posteriores.

Tabla 17. Tráfico promedio diario anual del día de mayor afluencia vehicular.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO											
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA											
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
TEMA: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"											
CONTEO DE TRÁFICO											
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:	EL LIMON					Fecha:	19/11/2021	
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS						TOTAL	Acumulado por hora	
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total			
6:00-6:15	2	0	0	0	0	0	0	0	2		
6:15-6:30	3	0	0	0	0	0	0	0	3		
6:30-6:45	4	0	0	0	0	0	0	0	4		
6:45-7:00	3	0	0	0	0	0	0	0	3	12	
7:00-7:15	2	0	0	0	0	0	0	0	2	12	
7:15-7:30	1	0	0	0	0	0	0	0	1	10	
7:30-7:45	2	0	0	0	0	0	0	0	2	8	
7:45-8:00	3	0	0	0	0	0	0	0	3	8	
8:00-8:15	2	0	0	0	0	0	0	0	2	8	
8:15-8:30	3	0	0	0	0	0	0	0	3	10	
8:30-8:45	3	0	0	0	0	1	0	1	4	12	
8:45-9:00	4	0	0	0	0	0	0	0	4	13	
9:00-9:15	2	0	0	0	0	0	1	1	3	14	
9:15-9:30	5	0	0	0	0	0	0	0	5	16	
9:30-9:45	1	0	0	0	0	0	0	0	1	13	
9:45-10:00	6	0	0	0	0	0	0	0	6	15	
10:00-10:15	3	0	0	0	1	1	0	2	5	17	
10:15-10:30	5	0	0	0	0	0	0	0	5	17	
10:30-10:45	3	1	0	0	0	0	0	0	4	20	
10:45-11:00	6	0	0	0	0	0	0	0	6	20	
11:00-11:15	3	0	1	0	1	1	0	3	6	21	
11:15-11:30	6	2	0	0	2	0	0	2	10	26	
11:30-11:45	4	0	1	0	0	0	0	1	5	27	
11:45-12:00	11	2	0	0	0	0	0	0	13	34	
12:00-12:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	
12:15-12:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	
12:30-12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
12:45-13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13:00-13:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13:15-13:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13:30-13:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13:45-14:00	7	2	0	0	1	0	2	3	12	12	
14:00-14:15	2	0	0	0	0	0	0	0	2	14	
14:15-14:30	4	0	0	0	0	0	1	1	5	19	
14:30-14:45	4	0	0	0	0	0	1	1	5	24	
14:45-15:00	11	1	0	1	0	0	0	1	13	25	
15:00-15:15	12	0	0	0	0	0	0	0	12	35	
15:15-15:30	6	0	0	0	0	0	0	0	6	36	
15:30-15:45	13	0	0	1	0	0	0	1	14	45	

15:45-16:00	5	0	0	1	0	0	1	2	7	39
16:00-16:15	5	0	0	0	0	0	0	0	5	32
16:15-16:30	15	0	0	0	0	0	0	0	15	41
16:30-16:45	8	2	0	0	0	0	0	0	10	37
16:45-17:00	7	0	0	0	0	0	0	0	7	37
17:00-17:15	3	0	0	0	0	0	0	0	3	35
17:15-17:30	14	0	0	0	0	0	0	0	14	34
17:30-17:45	3	0	0	0	0	0	0	0	3	27
17:45-18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20

Fuente: Brando Aillón.

2.2.3.2.1. Acumulado por horas

El cálculo del total acumulado se lo consigue al sumar los 4 valores totales de cada sección de la hora de mayor demanda. Los datos de la tabla 18 permiten aplicar la ecuación 1 y obtener este resultado.

Tabla 18. Datos de conteo de tránsito e identificación vehicular para la hora de mayor demanda.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
TEMA: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"										
CONTEO DE TRÁFICO										
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:	EL LIMON					Fecha:	19/11/2021
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS						TOTAL	Acumulado por hora
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total		
14:45-15:00	11	1	0	1	0	0	0	1	13	25
15:00-15:15	12	0	0	0	0	0	0	0	12	35
15:15-15:30	6	0	0	0	0	0	0	0	6	36
15:30-15:45	13	0	0	1	0	0	0	1	14	45
TOTAL	42	1	0	2	0	0	0	2	45	

Fuente: Brando Aillón.

$$Acumulado_{(14:45-15:45)} = \sum \text{periodos de hora contados} \quad (Ec. 1)$$

$$Acumulado_{(14:45-15:45)} = 13 + 12 + 6 + 14$$

$$Acumulado_{(14:45-15:45)} = 45$$

2.2.3.2.2. Factor horario

El factor horario generado de la demanda máxima establecida se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$FHP = \frac{VHMD}{4 * Qmax} \quad (Ec. 2)$$

Donde:

FHP: Factor Hora Pico

VHMD: Volumen horario de máxima demanda

Qmáx: Máximo valor de tráfico en 15 min

$$FHP = \frac{45}{4 * 14}$$

$$FHP = 0.80$$

2.2.3.2.3. Tráfico promedio diario anual actual (TPDA)

En función de los valores dentro de la hora pico se calculó el TPDA empleando la ecuación 3:

$$TPDA_{actual} = \frac{VHP * FHP}{k} \quad (Ec. 3)$$

Donde:

VHP: Volumen Hora Pico

FHP: Factor Hora Pico

k: Porcentaje de hora de diseño (30va hora). En todos los casos emplear 15%

- **TPDA Liviano**

$$TPDA_{(liviano)} = \frac{42 * 100\%}{15\%}$$

$$TPDA_{(liviano)} = 280 \frac{Veh}{día}$$

- **TPDA Buses**

$$TPDA_{(buses)} = \frac{1 * 100\%}{15\%}$$

$$TPDA_{(buses)} = 7 \frac{Veh}{día}$$

- **TPDA Pesados**

$$TPDA_{(pesados)} = \frac{2 * 100\%}{15\%}$$

$$TPDA_{(pesados)} = 13 \frac{Veh}{día}$$

- **TPDA Total**

$$TPDA_{(total)} = TPDA_{(liviano)} + TPDA_{(buses)} + TPDA_{(pesados)} \quad (Ec. 4)$$

$$TPDA_{(total)} = 280 \frac{Veh}{día} + 7 \frac{Veh}{día} + 13 \frac{Veh}{día}$$

$$TPDA_{(total)} = 300 \frac{Veh}{día}$$

2.2.3.2.4. Tráfico atraído

Se realizó para cada TPDA calculado anteriormente con la siguiente ecuación:

$$T_{at} = 10\% * TPDA_{(actual)} \quad (Ec. 5)$$

- **Livianos**

$$T_{at (livianos)} = 10\% * TPDA_{(livianos)}$$

$$T_{at (livianos)} = 10\% * 280 \frac{veh}{día}$$

$$T_{at (livianos)} = 28 \frac{veh}{día}$$

- **Buses**

$$T_{at (buses)} = 10\% * TPDA_{(buses)}$$

$$T_{at (buses)} = 10\% * 7 \frac{veh}{día}$$

$$T_{at (buses)} = 1 \frac{veh}{día}$$

- **Pesados**

$$T_{at (pesados)} = 10\% * TPDA_{(pesados)}$$

$$T_{at (pesados)} = 10\% * 13 \frac{veh}{día}$$

$$T_{at (pesados)} = 1 \frac{veh}{día}$$

2.2.3.2.5. Tráfico generado

Al igual que el caso anterior, se emplearán los resultados para cada TPDA, pero con un porcentaje del 20%.

$$T_g = 20\% * TPDA_{(actual)} \quad (Ec. 6)$$

- **Livianos**

$$T_g (livianos) = 20\% * TPDA_{(livianos)}$$

$$T_g (livianos) = 20\% * 280 \frac{Veh}{día}$$

$$T_g (livianos) = 56 \frac{Veh}{día}$$

- **Buses**

$$T_g (buses) = 20\% * TPDA_{(buses)}$$

$$T_g (buses) = 20\% * 7 \frac{Veh}{día}$$

$$T_g (buses) = 1 \frac{Veh}{día}$$

- **Pesados**

$$T_g (pesados) = 20\% * TPDA_{(pesados)}$$

$$T_g (pesados) = 20\% * 13 \frac{Veh}{día}$$

$$T_g (pesados) = 3 \frac{Veh}{día}$$

2.2.3.2.6. Tráfico desarrollado

El tráfico desarrollado corresponde al 5% del TPDA de cada tipo de vehículo y se calcula con la ecuación 7.

$$T_d = 5\% * TPDA_{(actual)} \quad (Ec. 7)$$

- **Livianos**

$$T_d (livianos) = 5\% * TPDA_{(livianos)}$$

$$T_d (livianos) = 5\% * 280 \frac{Veh}{día}$$

$$T_d (livianos) = 14 \frac{Veh}{día}$$

- **Buses**

$$T_d (buses) = 5\% * TPDA_{(buses)}$$

$$T_d (buses) = 5\% * 7 \frac{Veh}{día}$$

$$T_d (buses) = 1 \frac{Veh}{día}$$

- **Pesados**

$$T_d (pesados) = 5\% * TPDA_{(pesados)}$$

$$T_d (pesados) = 5\% * 13 \frac{Veh}{día}$$

$$T_g (pesados) = 1 \frac{Veh}{día}$$

2.2.3.2.7. TPDA aproximado

Se tiene que el TPDA aproximado corresponde al resultante de la suma de los TPDA actual, atraído, generado y desarrollado. Es importante mencionar que este proceso se realizó con el tráfico liviano, buses y pesados aplicando la siguiente ecuación:

$$TPDA_{aprox} = TPDA_{(actual)} + T_{at} + T_d + T_g \quad (Ec. 8)$$

- **Livianos**

$$TPDA_{aprox (livianos)} = 280 \frac{Veh}{día} + 28 \frac{Veh}{día} + 56 \frac{Veh}{día} + 14 \frac{Veh}{día}$$

$$TPDA_{aprox (livianos)} = 378 \frac{Veh}{día}$$

- **Buses**

$$TPDA_{aprox (buses)} = 7 \frac{Veh}{día} + 1 \frac{Veh}{día} + 1 \frac{Veh}{día} + 1 \frac{Veh}{día}$$

$$TPDA_{aprox (buses)} = 10 \frac{Veh}{día}$$

- **Pesados**

$$TPDA_{aprox (pesados)} = 13 \frac{Veh}{día} + 3 \frac{Veh}{día} + 1 \frac{Veh}{día} + 1 \frac{Veh}{día}$$

$$TPDA_{aprox (pesados)} = 18 \frac{Veh}{día}$$

2.2.3.2.8. TPDA futuro

Finalmente, el cálculo del TPDA futuro se llevó a cabo utilizando la ecuación 9 y proyectando el diseño vial para 20 años. Por lo tanto, empleando los índices de crecimiento que propone la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras propuesta por el MTOP (Tabla 19), se establecieron los índices correspondientes para vehículos livianos, buses y vehículos pesados, obteniendo los datos finales mostrados en la Tabla 20.

$$T_f = T_a(1 + i)^n \quad (Ec. 9)$$

Donde:

T_f: Tráfico futuro

T_a: Tránsito actual

i: Índice de crecimiento

n: años proyectados

Tabla 19. Índice de crecimiento de tráfico.

Tipos de vehículos	Periodo		
	2015 – 2020	2020 – 2025	2025 – 2030
Livianos	3,97	3,57	3,25
Buses	1,97	1,78	1,62
Camiones	1,94	1,74	1,58

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MTOP (2003). [15]

▪ Livianos

$$T_f (livianos) = 378 \frac{Veh}{día} (1 + 3.25\%)^{20}$$

$$T_f (livianos) = 717 \frac{Veh}{día}$$

- **Buses**

$$T_f (buses) = 10 \frac{Veh}{día} (1 + 1.62\%)^{20}$$

$$T_f (buses) = 14 \frac{Veh}{día}$$

- **Pesados**

$$T_f (pesados) = 18 \frac{Veh}{día} (1 + 1.58\%)^{20}$$

$$T_f (pesados) = 25 \frac{Veh}{día}$$

El TPDA Total se obtuvo al sumar los TPDA individuales anteriormente calculados, por lo tanto:

$$TPDA_{futuro} = T_f (liviano) + T_f (buses) + T_f (pesados) \quad (Ec. 10)$$

$$TPDA_{futuro} = 717 \frac{Veh}{día} + 14 \frac{Veh}{día} + 25 \frac{Veh}{día}$$

$$TPDA_{futuro} = 756$$

Tabla 20. Crecimiento anual de tráfico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
TEMA: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"							
Vía:	VIA PRINCIPAL	Sector:	EL LIMON	Mes/Año	nov-21		
CRECIMIENTO ANUAL DE TRÁFICO							
Año	Tasa de crecimiento (%)			TPDA por tipo de vehículo			TPDA total
	A	B	C	A	B	C	
2021	3,57	1,78	1,74	378	10	18	406
2022	3,57	1,78	1,74	392	11	19	422
2023	3,57	1,78	1,74	406	11	19	436
2024	3,57	1,78	1,74	420	11	19	450

2025	3,25	1,62	1,58	430	11	20	461
2026	3,25	1,62	1,58	444	11	20	475
2027	3,25	1,62	1,58	458	12	20	490
2028	3,25	1,62	1,58	473	12	21	506
2029	3,25	1,62	1,58	489	12	21	522
2030	3,25	1,62	1,58	505	12	21	538
2031	3,25	1,62	1,58	521	12	22	555
2032	3,25	1,62	1,58	538	12	22	572
2033	3,25	1,62	1,58	555	13	22	590
2034	3,25	1,62	1,58	573	13	23	609
2035	3,25	1,62	1,58	592	13	23	628
2036	3,25	1,62	1,58	611	13	23	647
2037	3,25	1,62	1,58	631	13	24	668
2038	3,25	1,62	1,58	652	14	24	690
2039	3,25	1,62	1,58	673	14	24	711
2040	3,25	1,62	1,58	695	14	25	734
2041	3,25	1,62	1,58	717	14	25	756

Fuente: Brando Aillón.

La vía en cuestión con un TPDA proyectado de $756 \frac{\text{Veh}}{\text{día}}$ se encuentra clasificada en el tipo de carretera III, como se indica en el cuadro a continuación.

Tabla 21. Clasificación de la vía en estudio.

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA+
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

Fuente: "Norma de Diseño Geométrico de Carreteras", MTOP (2003). [15]

2.2.3.3. Obtención de muestras de suelo

Resulta importante analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la vía del proyecto; por tanto, se realizó una extracción de muestras de suelo en calicatas a cielo abierto cada 500 metros de distancia a través del eje de la carretera. El muestreo se desarrolló en base a la normativa NTE INEN 686, obteniendo 9 estratos, que posteriormente se transportaron para sus ensayos en el laboratorio. En la siguiente figura se puede apreciar las actividades realizadas para obtener las muestras respectivas.



Figura 24. Obtención de muestras de suelo.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4. Procesamiento de datos

2.2.4.1. Estudio de suelos

Una vez que las muestras fueron transportadas cuidadosamente y colocadas en bandejas rotuladas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica de Ambato, se realizó cada uno de los ensayos planificados de la siguiente manera:

2.2.4.1.1. Contenido de humedad

La importancia del contenido de agua que existe en un suelo se usa en casi todas las ecuaciones que expresan relaciones entre las fases del material (aire, agua y sólidos) tomando en cuenta el volumen específico del mismo. De igual manera, permite explicar el comportamiento y características iniciales de un estrato de suelo previa su utilización. Por tanto, para determinar el porcentaje de humedad del suelo del proyecto se empleó el ensayo correspondiente con cada muestra extraída empleando la normativa ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690.

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Considerar el peso de cada recipiente de aluminio que se empleó en el ensayo.
- Colocar la muestra representativa de suelo en un recipiente y pesarlo en la balanza, obteniendo el dato de *masa del tarro + suelo húmedo (gr)*. Se tomó en cuenta el número de rotulación de cada envase al anotar los valores obtenidos en la libreta de campo para evitar errores.
- Luego, se ingresaron los tarros con las muestras húmedas de suelo al horno de secado por 24 horas a una temperatura constante de $105^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- Al terminar el proceso de secado, se retiraron la muestra del horno y se calculó la *masa del tarro + suelo seco (gr)*, a partir de un pesaje final en la balanza.

La información recolectada y sus respectivos cálculos según normativa para la muestra 3 obtenida en la abscisa 5+000 de la vía, se observan a continuación en la Tabla 22 y emplea la ecuación 11. Las demás muestras siguieron el mismo procedimiento de cálculo y se las pueden observar en el Anexo N°3.

$$W\% = \frac{W_{tm} - W_{ts}}{W_s} * 100 = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

W%: Contenido de humedad en porcentaje (%).

W_s: Masa del suelo seco (gr)

W_w : Masa del agua contenida (gr)

W_{tm} : Masa del tarro + suelo húmedo (gr)

W_{ts} : Masa del tarro + suelo seco (gr)

W_t : Masa del tarro (gr)

Tabla 22. Contenido de humedad para la muestra 3.

Dato	Resultado	
Nº del tarro	22	35
W_{tm} = Masa del tarro + suelo húmedo (gr)	147,25	139,51
W_{ts} = Masa del tarro + suelo seco (gr)	95,68	93,41
W_w : Masa del agua contenida (gr)	51,57	46,10
W_t = Masa del tarro (gr)	30,90	26,60
W_s = Masa del suelo seco (gr)	64,78	66,81
$W\%$ = Contenido de humedad	79,61	69,00
$W\%$ Promedio	74,31 %	

Fuente: Brando Aillón.



Figura 25. Ensayo de contenido de humedad de suelo.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.1.2. Granulometría

Para establecer de manera cuantitativa la distribución de diámetros de las partículas que componen el suelo de la vía, se ensayan las muestras extraídas en base la norma ASTM D421 – 58 y NTE INEN 696. El procedimiento realizado se describe a continuación:

- Se tomó 500 gr de muestra tras dejarla secar al aire libre.
- Se pesó cada tamiz y luego se los colocaron en el orden correspondiente según la norma de ensayo (de mayor a menor tamaño).
- Se determinó el peso de la cantidad de muestra que pase el tamiz N°4 y se colocó sobre los tamices.
- Se mantuvo encendido el vibrador electrónico durante 10 minutos aproximadamente para tamizar y obtener resultados fiables.
- Finalmente, se pesó el suelo contenido en cada tamiz para aplicar los cálculos necesarios en base a las ecuaciones 12, 13 y 14.

Cálculo con datos de la muestra 3:

- Porcentaje retenido en Tamiz #10

$$\%retenido = \frac{\text{peso retenido acum. por tamiz (gr)}}{\text{peso del cuarteo (gr)}} * 100 \quad (\text{Ec. 12})$$

$$\%retenido = \frac{9.90 \text{ (gr)}}{499.61 \text{ (gr)}} * 100$$

$$\%retenido = 1.98\%$$

Nota: se repite el procedimiento para cada tamiz.

- Cálculo de coeficiente de uniformidad

$$Cu = \frac{D60}{D10} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$Cu = \frac{0.058}{0.100}$$

$$Cu = 0.58$$

- Cálculo de coeficiente de curvatura

$$Cc = \frac{D30^2}{D60 * D10} \quad (Ec. 14)$$

$$Cc = \frac{0.100^2}{0.058 * 0.100}$$

$$Cc = 1.72$$

A continuación, se muestran los datos obtenidos para la tercera muestra localizada en la abscisa 5+000 con el respectivo análisis granulométrico para cada tamiz en la Tabla 23 y su gráfica en la figura 26.

Tabla 23. Granulometría para la muestra 3.

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA					
ABSCISA 5+000					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	9,90	9,90	1,98	98,02
30	0,425	11,60	21,50	4,30	95,70
60	0,250	33,80	55,30	11,07	88,93
100	0,149	54,60	109,90	22,00	78,00
200	0,074	104,11	214,01	42,84	57,16
PASA EL N° 200		285,60	499,61	100,00	
PESO TOTAL (gr)			499,61		
PESO INICIAL (gr)			500,00		

COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 (mm)	0,100	Cu	0,58
D30 (mm)	0,100	Cc	1,72
D60 (mm)	0,058	Grava	0,00 %
		Arena	42,84 %
		Fino	57,16 %

Fuente: Brando Aillón.

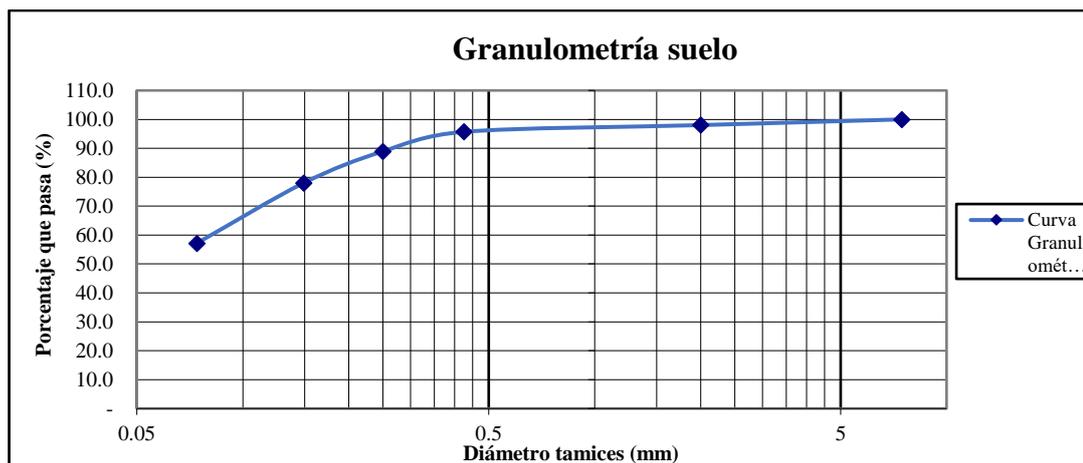


Figura 26. Granulometría del suelo.

Fuente: Brando Aillón.



Figura 27. Ensayo de granulometría por tamizado.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.1.3. Gravedad específica

El ensayo de gravedad específica fue realizado siguiendo las siguientes consideraciones:

- Se preparó una muestra de suelo tamizándola a través de una criba #4.
- Se pesó el recipiente que contenía la muestra de suelo y el picnómetro a utilizar.
- A continuación, se vertió agua destilada dentro del picnómetro (hasta la marca aforada) y se lo volvió a pesar.
- Se midió la temperatura del picnómetro.
- Seguidamente, se vació cerca de 1/3 del agua del picnómetro y se introdujo en su interior la muestra de suelo inicial ayudados con un embudo.
- Se completó con agua destilada hasta la marca de aforo.
- Se dejó a baño maría el picnómetro durante 5 minutos para expulsar el aire contenido en la muestra y luego se lo dejó que enfríe.
- Se pesó el picnómetro con el agua y la muestra de suelo contenida.
- Se pesó el recipiente de traspaso e inmediatamente se vertió el contenido completo del picnómetro dentro de este.
- Se introdujo el recipiente al horno por 24 horas consecutivas.
- Finalmente, se pesó el recipiente con la muestra de suelo seca y se procedió a realizar los cálculos necesarios aplicando la ecuación 15.

$$G_s = \frac{W_s * k}{W_s + W_{mw} - W_{mws}} \quad (Ec. 15)$$

Donde:

W_s: Peso de muestra seca (gr)

W_{mw}: Peso del picómetro + agua (gr)

W_{mws}: Peso del picómetro + muestra de suelo + agua (gr)

k: factor de corrección según la temperatura

G_s: Gravedad específica

Cálculo con datos de la muestra 1 ubicada en la abscisa 4+000:

$W_s: 47,94 \text{ gr}$

$W_{mw}: 654,30 \text{ gr}$

$W_{mws}: 685,82$

$k: 0,9998$

$$G_s = \frac{47,94 * 0,998}{47,94 + 654,30 - 685,82}$$

$G_s = 2,87$

Los resultados correspondientes de este cálculo se observan con claridad en la Tabla 24, y se puede apreciar la realización del ensayo a partir de la figura 28.

Tabla 24. Gravedad específica de la muestra 1.

Muestra 1 - Abscisa 4+000	
Temperatura (°C)	21
Recipiente	6
Densidad del agua (gr/m3)	0,99821
Factor de corrección	0,9998
Peso del recipiente (gr)	214,56
Peso del recipiente + muestra seca (gr)	262,50
Peso de muestra seca (gr)	47,94
Peso del picnómetro (gr)	151,50
Peso del picnómetro + muestra de suelo + agua (gr)	685,52
Peso del picnómetro + agua (gr)	654,30
Gravedad específica	2,87

Fuente: Brando Aillón.



Figura 28. Ensayo de gravedad específica.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.1.4. Límites de Atterberg

Los límites se fundamentan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando este seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de semisólidos, plástico, y finalmente líquido. Considerando esto, se realizaron los ensayos para determinar los estados de consistencia de las muestras de suelo recolectadas del proyecto.

2.2.4.1.4.1. Límite líquido

Se lo desarrolló en base a los golpes que presenta la muestra de suelo sobre la misma copa de Casagrande, sellando así la abertura de media pulgada que se ranuró al inicio y siendo su punto óptimo los 25 golpes. El procedimiento fue el siguiente:

- Se tomó una muestra de suelo y se la tamizó a través de la criba N°4.
- Se agregó agua hasta que la muestra presentó una consistencia suave y uniforme.
- Se colocó una porción de la mezcla en la copa Casagrande de manera inclinada y se realizó una abertura de aproximadamente media pulgada con un ranurador.
- Se calibró la copa de Casagrande a razón de dos golpes por segundo y se contaron los golpes que de la misma.
- Este procedimiento se repitió dos veces con el resto de muestra de suelo, la misma a la que se le agregó mayores cantidades de agua gradualmente la cantidad de golpes estuvo comprendida entre 6 y 50.
- Los datos obtenidos fueron anotados y se extrajo partes de las muestras ensayadas para determinan su respectivo contenido de humedad según el procedimiento del apartado 2.2.4.1.1

En la Tabla 25 se aprecian los resultados obtenidos para la muestra #7 de la abscisa 7+000, y en la figura 29 se evidencia su correspondiente grafica de N° de golpes vs. Contenido de humedad (%) para determinar el límite líquido, el mismo que se refiere al contenido de humedad a los 25 golpes.

Tabla 25. Cálculo del límite líquido de la muestra 7.

Muestra 7 - ABSCISA 7+000			
Nº de golpes	40	18	10
Recipiente	L03	L02	L08
Peso húmedo + recipiente	37,27	39,62	39,87
Peso seco + recipiente	31,95	33,29	33,09
Peso recipiente	23,90	23,96	23,99
Peso del agua	5,32	6,33	6,78
Peso de sólidos	8,05	9,33	9,10
%W	66,09	67,85	74,51
Límite líquido (%)	68,00		

Fuente: Brando Aillón.

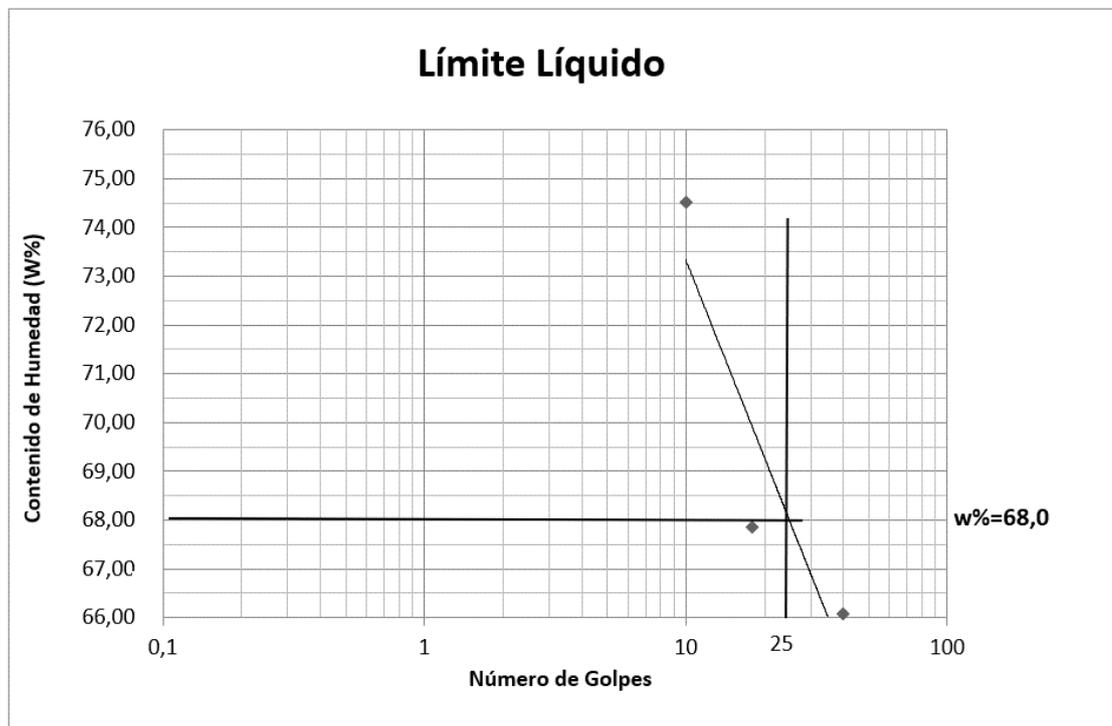


Figura 29. Curva de fluidez para determinación de límite líquido de la muestra 7.

Fuente: Brando Aillón.

El empleo de la copa de Casa grande puede observarse en la figura 30.



Figura 30. Ensayo de límite líquido empleando la Copa de Casa grande.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.1.4.2. Límite plástico

Este ensayo requirió únicamente extraer 10 gr de la muestra de suelo e incorporarle agua hasta formar una mezcla pastosa de consistencia suave. Se amasó en las palmas de la mano y luego sobre la placa de vidrio hasta que se obtuvo un rollo de aproximadamente 3 mm de grosor sin que se rompa o fisure. Al finalizar se calculó el contenido de humedad según especificaciones del apartado 2.2.4.1.1.

Los datos respectivos de la muestra #7 y su resultado se aprecian en la tabla 26.

Tabla 26. Cálculo del límite plástico de la muestra 7.

Muestra 7 - ABSCISA 7+000			
	E-2	D-1	P-5
Recipiente	E-2	D-1	P-5
Peso húmedo + recipiente	6,49	6,17	6,14
Peso seco + recipiente	5,67	5,41	5,40
Peso recipiente	4,40	4,34	4,26
Peso del agua	0,82	0,76	0,74
Peso de sólidos	1,27	1,07	1,14
%W	64,57	71,03	64,91
%W promedio	66,84%		

Fuente: Brando Aillón.



Figura 31. Ensayo de límite plástico.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.1.4.3. Índice plástico

Se empleó la ecuación 16 para establecer el índice de plasticidad en base a los resultados obtenidos de los ensayos del inciso 2.2.4.1.4.2 y 2.2.4.1.4.3

$$IP = LL - LP \quad (Ec. 16)$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad (%)

LL: Límite líquido (%)

LP: Límite plástico (%)

Desarrollo del cálculo para la muestra #7:

$$IP = 68,00\% - 66,84\%$$

$$IP = 1,16\%$$

Clasificación:

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5

De igual manera, con estos datos obtenidos fue posible clasificar el tipo de suelo del proyecto en base a la cartilla del SUCS y AASHTO, que emplean los valores del límite líquido, índice de plasticidad y análisis granulométrico.

2.2.4.1.5. Proctor modificado

Este ensayo de laboratorio permitió determinar el contenido de humedad óptimo que debe tener un suelo para alcanzar su peso volumétrico máximo al ser compactado in situ. Para esto se siguió el método D con los siguientes pasos:

- Se tomó una muestra de suelo de 6 kg y se lo pasó por el tamiz N°4.
- Cada uno de los materiales empleados (molde Proctor con su placa base sin collarín y recipientes) se pesaron previamente en la balanza.
- Se ubicó el collarín en el molde.
- A continuación, se colocó una cantidad inicial de agua y se mezcló uniformemente para empezar con el ensayo.
- Se compactó el suelo a partir de 5 capas de aproximadamente igual espesor mediante 25 golpes de martillo en cada una, como se muestra en la figura 33.
- Luego, se retiró el collarín y se enrasó la parte superficial.
- El molde con la muestra fue pesado correspondientemente y se extrajeron muestras en la parte superior e inferior del molde para determinar el contenido de humedad de la misma (inciso 2.2.4.1.1).
- Finalmente, se repitió el procedimiento añadiendo mayores cantidades de agua a cada muestra hasta que el peso del molde + suelo húmedo empezara a disminuir en comparación con el resultado anterior, indicando que la densidad húmeda descendió.



Figura 32. Ensayo de Proctor modificado.

Fuente: Brando Aillón.

Desarrollo de cálculos necesarios para la muestra 3:

Inicialmente, se obtuvo el peso del suelo húmedo de cada molde a partir de la ecuación 17, misma que emplea datos obtenidos del pesaje.

$$W_{mh} = (Wm + Wmh) - Wm \quad (Ec. 17)$$

Donde:

W_{mh}: Peso suelo húmedo (gr)

W_m: Peso molde (gr)

$$W_{mh} = (5503,60 \text{ gr}) - 3790,00 \text{ gr}$$

$$W_{mh} = 1713,60 \text{ gr}$$

Luego, se calculó la densidad húmeda mediante la ecuación 18:

$$\gamma_m = \frac{Wmh}{Vm} \quad (Ec. 18)$$

Donde:

γ_m: Densidad húmeda de la muestra (gr/cm³)

W_{mh}: Peso suelo húmedo (gr)

V_m: Volumen del molde (cm³)

$$\gamma_m = \frac{1713,60 \text{ gr}}{944 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_m = 1,815 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

De cada muestra se obtuvo el contenido de humedad (una de la parte superior y otra de la parte inferior), de la cual se procedió a obtener un valor promedio.

Finalmente, se aplicó la ecuación 19 para establecer la densidad seca del suelo ensayado, como se muestra a continuación:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + W\%} \quad (\text{Ec. 19})$$

Donde:

γ_d : Densidad seca de la muestra (gr/cm³)

γ_m : Densidad húmeda de la muestra (gr/cm³)

W%: contenido de humedad

$$\gamma_d = \frac{1,815 \text{ gr/cm}^3}{1 + 0,427}$$

$$\gamma_d = 1,272 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Se repitieron los pasos anteriores de cálculo para cada muestra a diferentes contenidos de humedad, obteniendo los datos mostrados en la tabla 27 para la respectiva abscisa.

Tabla 27. Datos obtenidos en el ensayo de Proctor modificado de la muestra 3.

Muestra 3 - Abscisa 5+000										
1. Proceso de compactación de laboratorio										
Muestra	1	2	3	4	5					
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00					
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00					
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5503,60	5675,80	5697,00	5562,20	5558,20					
Peso suelo húmedo (gr)	1713,60	1885,80	1907,00	1772,20	1768,20					
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,815	1,998	2,020	1,877	1,873					
2. Determinación de contenido de humedad										
Recipiente	D-5	45A	24A	T-5	T-9	F-52	G-5	H-6	H-3	23A
Peso húmedo + recipiente	171,50	168,10	156,42	142,10	178,59	158,49	148,56	157,41	198,45	176,45
Peso seco + recipiente	137,28	137,25	128,56	110,57	138,74	130,46	120,57	120,00	156,49	136,70
Peso recipiente	53,34	68,12	69,40	45,00	75,49	65,48	59,78	58,19	78,10	67,54
Peso del agua	34,22	30,85	27,86	31,53	39,85	28,03	27,99	37,41	41,96	39,75
Peso de sólidos	83,94	69,13	59,16	65,57	63,25	64,98	60,79	61,81	78,39	69,16
% W	40,77	44,63	47,09	48,09	63,00	43,14	46,04	60,52	53,53	57,48
%W promedio	42,70	47,59	53,07	53,28	55,51					
Densidad seca (gr/cm³)	1,272	1,354	1,320	1,225	1,204					

Fuente: Brando Aillón.

Los resultados se dibujaron, en escala aritmética apropiada, en una gráfica que ubica en el eje horizontal los valores del contenido de humedad y en el eje de las ordenadas sus valores de densidad seca correspondientes. Se trazó una curva de tipo parabólico que se ajuste a estos puntos y se intersecó el punto máximo, mismo que refleja la humedad seca máxima que puede tener la muestra al ser compactada con un respectivo contenido de humedad óptimo. En la figura 33 se aprecia la curva generada de los resultados de ensayo para la muestra #3 localizada en la abscisa 5+000 del proyecto.

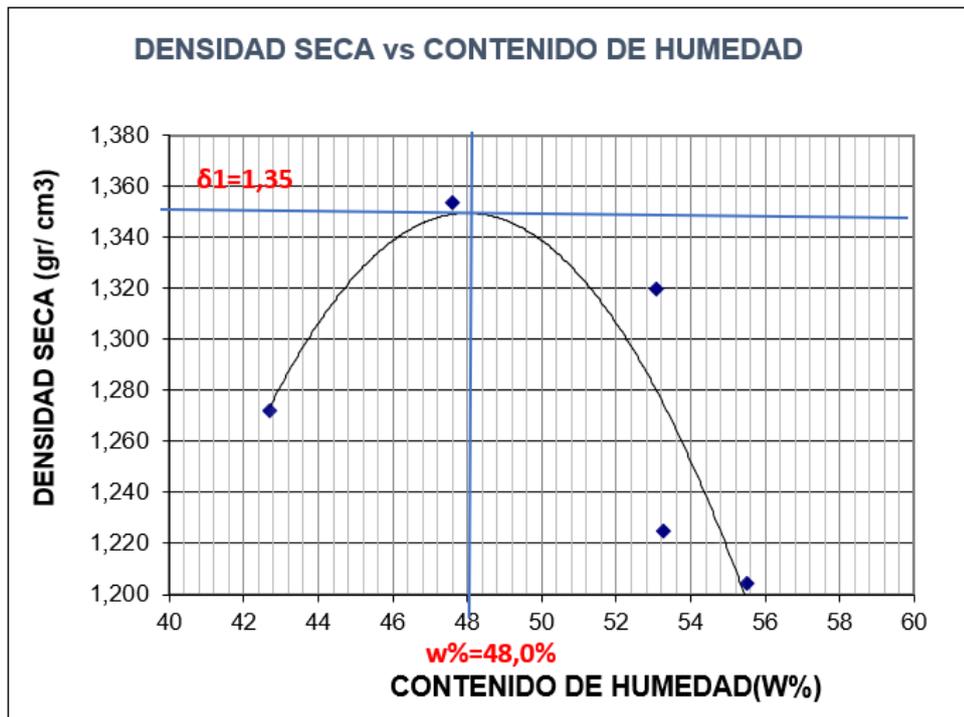


Figura 33. Curva Contenido de humedad óptimo vs. Densidad seca máxima.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.1.6. CBR

El Ensayo CBR midió la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para posteriormente evaluar la calidad del terreno, sea este para subrasante, subbase o base de pavimentos. Se efectuó en el laboratorio bajo condiciones controladas de humedad y densidad, consiguiendo un número con el cual es posible caracterizar el suelo y

determinar su uso como material para cualquiera de las capas de los pavimentos flexibles.

Según la normativa ASTM D1883 que rige este ensayo, se siguieron los siguientes pasos:

- Se midieron características del molde de ensayo como diámetro interno, altura y se obtuvo su peso en la balanza.
- Se tamizó una muestra de suelo mediante el tamiz N°4 y se extrajo 6 kg de la misma.
- Se añadió la cantidad de agua óptima, según el resultado obtenido del ensayo Proctor modificado, y se mezcló uniformemente.
- Se dividió toda la muestra en 5 partes iguales y se las compactó de manera progresiva cada capa con 56 golpes de martillo cada una.
- Se retiró el collarín del molde, se enrasó el exceso de suelo y se pesó el molde con la muestra compactada.
- Se tomaron muestras representativas para obtener el contenido de humedad siguiendo los pasos establecidos en el apartado 2.2.4.1.1.
- Se colocó la sobrecarga de acero correspondiente y se sumergió el molde con la muestra de suelo en la cámara húmeda durante 96 horas seguidas a una altura de agua constante, para registrar el esponjamiento producido y por ende su deformación.
- Se retiraron las muestras de la cámara al finalizar el tiempo indicado, se dejó escurrir por 30 minutos aproximadamente y se las sometió a la compresión siempre.
- Se extrajeron muestras para calcular el porcentaje de humedad de la muestra.
- Se repitió este procedimiento variando el número de golpes: para el segundo cilindro se compactó la muestra con 27 golpes de martillo y para el tercer y último cilindro se dieron 11 golpes.

Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos correspondientes para obtener el resultado de CBR puntual.

Desarrollo de cálculos necesarios para la muestra 3:

Se determinó el peso húmedo de la muestra a partir de la ecuación 17

$$W_{mh} = (Wm + Wmh) - Wm \quad (Ec. 17)$$

$$W_{mh} = (9556,32 \text{ gr}) - 5864,50 \text{ gr}$$

$$W_{mh} = 3691,82 \text{ gr}$$

Consecuentemente se calculó la densidad húmeda:

$$\gamma_m = \frac{Wmh}{Vm} \quad (Ec. 18)$$

$$\gamma_m = \frac{3691,82 \text{ gr}}{2123,06 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_m = 1,739 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Luego, se estableció el contenido de humedad, con la ecuación 11, de las dos muestras extraídas, obteniendo:

$$\%W_1 = 24,48\%$$

$$\%W_2 = 36,02\%$$

$$\%W_{\text{promedio}} = 30,25\%$$

La densidad seca se calculó de la siguiente manera:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + W\%} \quad (Ec. 19)$$

$$\gamma_d = \frac{1,739 \text{ gr/cm}^3}{1 + 0,3025}$$

$$\gamma_d = 1,321 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Nota: Se repitió el procedimiento con los demás cilindros ensayados.

Todos estos resultados pueden observarse en la Tabla 28.

Tabla 28. Datos obtenidos en el ensayo de CBR para la muestra 3.

Muestra 3 - abscisa 5+000														
1. CBR														
# Molde			15				18				44			
# de Capas			5				5				5			
# Golpes			56				27				11			
Remojo			Antes		Después		Antes		Después		Antes		Después	
Wm + molde (gr)			9556,32		9456,30		9026,54		9176,32		8626,87		8120,50	
Peso molde (gr)			5864,50		5864,50		5965,10		5965,10		5775,00		5775,00	
Peso muestra húmeda (gr)			3691,82		3591,80		3061,44		3211,22		2851,87		2345,50	
Volumen de la muestra (cm ³)			2123,06		2123,06		2123,06		2123,06		2123,06		2123,06	
Densidad húmeda (gr/cm ³)			1,739		1,692		1,442		1,513		1,343		1,105	
2. Determinación de contenido de humedad														
Recipiente			T-60		C-7		B-6		1-P		B-8		2-R	
Peso húmedo + recipiente (gr)			173,25		193,19		165,88		169,60		152,56		180,19	
Peso seco + recipiente (gr)			148,20		153,06		141,60		143,27		131,70		145,37	
Peso recipiente (gr)			45,88		41,65		41,65		53,12		41,77		42,83	
Peso del agua (gr)			25,05		40,13		24,28		26,33		20,86		34,82	
Peso de sólidos (gr)			102,32		111,41		99,95		90,15		89,93		102,54	
%W			24,48		36,02		24,29		29,21		23,20		33,96	
% W promedio			30,25				26,75				28,58			
Agua absorbida			11,54 %				4,92 %				10,76 %			
Densidad seca (gr/cm ³)			1,397		1,244		1,160		1,171		1,090		0,825	
Densidad seca promedio (gr/cm³)			1,321				1,166				0,958			
3. Datos de esponjamiento														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT		h		ESPONJ		LECT		h		ESPONJ	
DIA Y MES	HORA	DIA	DIAL	Mues	Plgs. *10-2	%	DIAL	Mues	Plgs. *10-2	%	DIAL	Mues	Plgs. *10-2	%
			Plgs.	Plgs.			Plgs.	Plgs.			Plgs.	Plgs.		
25-jun-21	18:10	0	0,15	5,00	0,00	0,00	0,11	5,00	0,00	0,00	0,10	5,00	0,00	0,00
26-jun-21	18:10	1	0,16		1,54	0,31	0,12		0,64	0,13	0,11		1,04	0,21
27-jun-21	18:10	2	0,18		3,11	0,62	0,13		1,76	0,35	0,12		2,84	0,57

Fuente: Brando Aillón.

Para el cálculo de presiones, se empleó la ecuación 20:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Lectura del dial} * \text{Constante de celda}}{\text{Área del pistómetro}} \quad (\text{Ec. 20})$$

$$\text{Presión} = \frac{45,6 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 33,5 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{110,5 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 81,2 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{167,2 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 122,8 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{197,2 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 144,9 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{223,2 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 164,0 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{258,2 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 189,7 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{326,2 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 239,6 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{397,3 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 291,9 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{525,6 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 386,1 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{650,2 * 2,204 \text{ lb}}{3 \text{ in}^2} = 477,7 \text{ lb/in}^2$$

Finalmente, se calculó el CBR para 0,1”.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Lectura para 0,1}}{1000} * 100 \quad (\text{Ec. 21})$$

$$\text{CBR} = \frac{144,9}{1000} * 100$$

$$\text{CBR} = 14,50\%$$

Nota: Se repitió el procedimiento con los demás cilindros ensayados a diferentes golpes de martillo.

En la tabla 29 se aprecian los resultados del ensayo de carga de penetración:

Tabla 29. Información del ensayo de carga de penetración de la muestra 3.

Muestra 3 - abscisa 5+000														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb														
AREA DEL PISTON: 3pl2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
			lb/plg2			%	lb/plg2			%	lb/plg2			%
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	45,6	33,5			41,7	30,6			21,9	16,1		
1	30	50	110,5	81,2			102,1	75,0			38,6	28,4		
2	0	75	167,2	122,8			135,4	99,5			57,2	42,0		
3	0	100	197,2	144,9	144,9	14,5	160,8	118,1	118,1	11,8	76,9	56,5	56,5	5,6
4	0	150	223,2	164,0			208,1	152,9			100,1	73,5		
5	0	200	258,2	189,7	189,7	12,6	224,5	164,9	164,9	11	108,3	79,6	79,6	5
6	0	250	326,2	239,6			246,1	180,8			115,8	85,1		
8	0	300	397,3	291,9			270,6	198,8			130,6	95,9		
8	0	400	525,6	386,1			329,6	242,1			142,8	104,9		
10	0	500	650,2	477,7			338,1	248,4			168,9	124,1		
CBR corregido 1"						14,5	CBR corregido 2"						11,0	5,6
CBR corregido 1"						14,5	CBR corregido 2"						11,0	5,3

Fuente: Brando Aillón.

Para la obtención del CBR puntual, que corresponde al objetivo de este ensayo, se trazó una gráfica en donde ubica en el eje "x" los valores correspondientes al CBR y en el eje "y" los datos de la densidad seca. Según normativa, se interseca el 90% de densidad seca máxima obtenida del ensayo Proctor modificado para esta muestra y se obtiene el CBR correspondiente (ver figura 34).

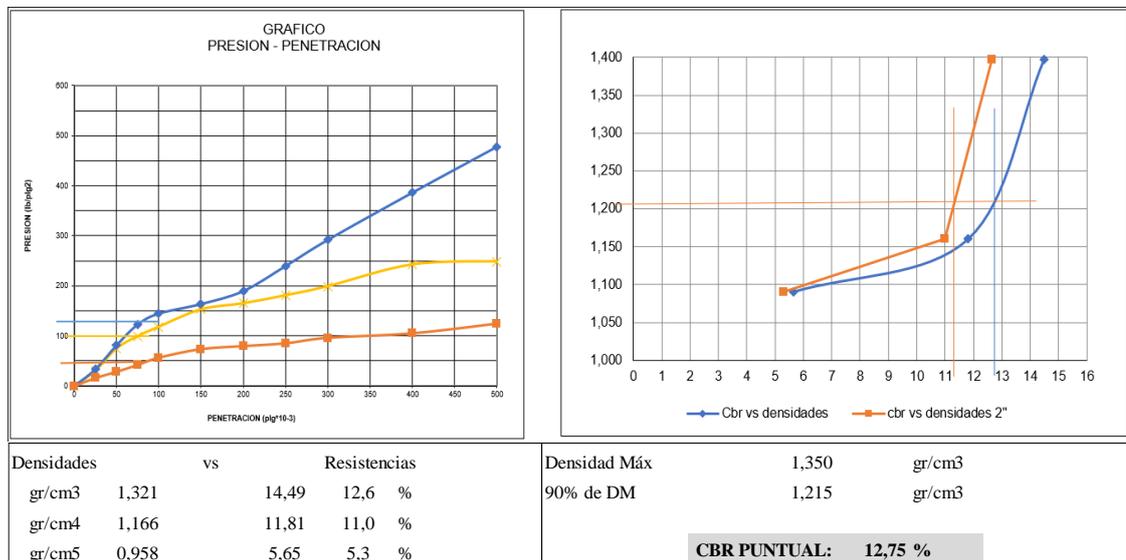


Figura 34. Gráfica CBR vs. densidades.

Fuente: Brando Aillón.



Figura 35. Realización del ensayo de CBR.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.1.7. Ensayo de abrasión

Según la normativa ASTM C – 131 referida al ensayo de abrasión con la máquina de los Ángeles, se requiere trabajar con muestras de suelo que se retengan en el tamiz N°4. Sin embargo, para el presente proyecto, no se obtuvo ningún porcentaje retenido en dicha criba. Adicionalmente, los ensayos realizados con anterioridad indicaron que el suelo en su mayoría corresponde a limos y arcillas, es decir, partículas finas. Por lo tanto, dado la inexistente presencia de áridos gruesos, no se pudo llevar a cabo este ensayo.

2.2.4.2. Diseño geométrico

Del levantamiento topográfico se extrajeron los puntos georreferenciados de la vía hacia el software Excel, del cual se transfirió la nube de puntos al programa Civil 3D para llevar a cabo el diseño geométrico. Este procedimiento se basó en la norma de diseño propuesto por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, considerando características propias de la zona donde se implanta el proyecto técnico y basándose

en datos recabados por el trabajo de campo. En primera instancia, se determinaron parámetros fundamentales previo al diseño horizontal, vertical y las respectivas obras de arte para la vía.

2.2.4.2.1. Velocidad de diseño

Es la velocidad escogida para el proyecto; y en la práctica, es aquella velocidad máxima que mantendrá el vehículo con seguridad y comodidad a lo largo de un trayecto vial. Según la Tabla 30 extraída del MTOP, se determinó que la velocidad de diseño para este proyecto técnico, en función del tipo de vía y tipo de terreno, es *40km/h*, tanto para el diseño de elementos del perfil longitudinal y elementos de la sección transversal.

Tabla 30. Velocidad de diseño.

Categoría de la vía		TPDA esperado	Velocidad de diseño (km/h)			
			Relieve montañoso			
			Para elementos del perfil longitudinal		Para elementos de la sección transversal y otros	
			Recom	Absoluta	Recom	Absoluta
R-I o R-II (todos)		> 8000	90	80	90	80
I	Todos	3000 – 8000	80	60	80	60
II	Todos	1000 – 8000	70	50	70	50
III	Todos	300 – 1000	60	40	60	40
IV	5, 5E, 6 y 7	100 – 300	50	25	50	25
V	4 y 4E	< 100	40	25	40	25

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MTOP (2003). [15]

Se consideraron los valores absolutos puesto que el TPDA futuro de la vía se acercaba al límite inferior de su categoría, como lo indica la respectiva norma ecuatoriana.

2.2.4.2.2. Velocidad de recorrido

Corresponde a la velocidad real de un vehículo mientras circula por un tramo de carretera, y se lo determina mediante la ecuación 22.

$$V_c = 0,80 * V_d + 6,50 \quad (Ec. 22)$$

Donde:

V_c: Velocidad de circulación (km/h)

V_d: Velocidad de diseño (km/h)

$$V_c = 0,80 * \left(40 \frac{km}{h}\right) + 6,50$$

$$V_c = 38,5 \frac{km}{h}$$

2.2.4.2.3. Alineamiento horizontal

2.2.4.2.3.1. Tramos en tangentes

Las proyecciones en plano horizontal que conectan las curvas se denominan tangentes y su máxima longitud influye en la seguridad de circulación (causa potencial de accidentes por somnolencia). Una recomendación importante en el diseño es evitar tramos rectos de largas dimensiones; para esto se establecen longitudes máximas y mínimas a respetar, las cuales se basan en la velocidad de diseño y se calculan con las siguientes ecuaciones:

- **L_{min.s}** = Longitud mínima para alineamientos entre radios de curvas de sentido contrario.

$$L_{min.s} = 1,39 * V_d \quad (Ec. 23)$$

$$L_{min.s} = 1,39 * 40 \frac{km}{h}$$

$$L_{min.s} = 55,60 \frac{km}{h}$$

- **L_{min.o}** = Longitud mínima para alineamientos entre radios de curvas del mismo sentido.

$$L_{min.o} = 2,78 * V_d \quad (Ec. 24)$$

$$L_{min.o} = 2,78 * 40 \frac{km}{h}$$

$$L_{min.o} = 111,20 \frac{km}{h}$$

□ $L_{m\acute{a}x}$ = Longitud máxima deseable.

$$L_{m\acute{a}x} = 16,70 * V_d \quad (Ec. 25)$$

$$L_{m\acute{a}x} = 16,70 * 40 \frac{km}{h}$$

$$L_{m\acute{a}x} = 668,00 \frac{km}{h}$$

2.2.4.2.3.2. Coeficiente de fricción lateral (f)

Considerando que la velocidad de diseño para el proyecto es 40km/h y corresponde a una clase III de tipo montañoso, se termina el coeficiente de fricción lateral para la vía según la Tabla 31.

Tabla 31. Coeficiente de fricción lateral para distintas velocidades de diseño.

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	f máx.
rea rural (accidentada o montañosa)	30	0,284
	40	0,231
	50	0,190
	60	0,165
	70	0,150
	80	0,140
	90	0,134
	100	0,130
	110	0,124
	120	0,120

Fuente: "Norma de Diseño Geométrico de Carreteras", MTOP (2003). [15]

$$f = 0,23$$

2.2.4.2.3.3. Radio mínimo de curvatura

Se refiere al valor más bajo que garantiza la seguridad en el tránsito basado en un máximo peralte de la vía, valor que se adopta según las condiciones del lugar. Puesto que la vía se localiza en una zona rural de tipo montañosa/escarpada, se establece un peralte de curvatura del 10%. El MTOP propone la ecuación 26 para calcular la curvatura mínima en condiciones de seguridad:

$$R = \frac{Vd^2}{127(e + f)} \quad (\text{Ec. 26})$$

Donde:

R: Radio mínimo de curvatura (m)

V_d: Velocidad de diseño (km/h)

e: peralte de curva (m/m, metro sobre metro ancho de la calzada)

f: coeficiente de fricción lateral

$$R = \frac{\left(40 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2}{127(0,10 + 0,23)}$$

$$\mathbf{R = 38.18 m}$$

2.2.4.2.3.4. Distancias de visibilidad

Un recorrido seguro y cómodo se logra gracias a la combinación de varios factores, entre los más importantes se destaca la capacidad de visibilidad. Por tanto, se requiere determinar la longitud adecuada para que el conductor pueda observar al frente continuamente y sin distracciones. Se tienen dos casos importantes: distancia requerida para detenerse y distancia para rebasar.

2.2.4.2.3.4.1. Visibilidad de parada

Corresponde a la mínima distancia que se requiere para que un conductor pueda detenerse sin complicaciones antes de llegar hasta un objeto en su recorrido. Para calcularlo es necesario determinar previamente el coeficiente de fricción longitudinal

para la según la ecuación 27 y luego aplicar la ecuación 28 referida a condiciones desfavorables en pavimentos mojados (considerando el evento más crítico) propuesta por el MTOP. [15]

- Coeficiente de fricción longitudinal

$$f = \frac{1,15}{V_c^{0,3}} \quad (\text{Ec. 27})$$

Donde:

f: coeficiente de fricción longitudinal

V_c: Velocidad de circulación (km/h)

$$f = \frac{1,15}{\left(38,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^{0,3}}$$

$$f = 0,385$$

- Distancia de visibilidad de parada

$$DVP = 0,70 * V_c + \frac{V_c^2}{254 * f} \quad (\text{Ec. 28})$$

Donde:

DVP: Distancia de visibilidad de parada (m)

f: coeficiente de fricción longitudinal

V_c: Velocidad de circulación (km/h)

$$DVP = 0,70 * 38,5 \frac{\text{km}}{\text{h}} + \frac{\left(38,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}\right)^2}{254 * 0,385}$$

$$DVP = 42 \text{ m}$$

2.2.4.2.3.4.2. Visibilidad de rebasamiento

Se refiere básicamente a la distancia mínima que necesita un conductor para lograr adelantarse a otro vehículo que se encuentre circulando en su mismo carril – dirección,

sin afectar sus niveles de velocidad o poniendo en riesgo su seguridad y comodidad. Este valor se calcula en base a la ecuación 29.

$$DVR = 9,54 * V - 218 \quad (Ec. 29)$$

Donde:

DVR: Distancia de visibilidad de rebasamiento(m)

V: velocidad promedio del vehículo, es decir la velocidad de circulación (km/h)

$$DVR = 9,54 * 38,5 \frac{km}{h} - 218$$

$$DVR = 150 m$$

Dado que en nuestro país se emplean valores propuestos por el MTOP 2003, mismos que varían en función de la clase de carretera y tipo de terreno, se considerará para el cálculo de este proyecto el valor presentado en la Tabla 32 para que cumpla con requisitos mínimos normados.

Tabla 32. Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento (m).

Clase de carretera	TPDA	Valor absoluto		
		Terreno llano	Terreno ondulado	Terreno montañoso
R-I o R-II	> 8000	830	640	565
I	3000 – 8000	690	565	415
II	1000 – 8000	640	565	345
III	300 – 1000	565	415	270
IV	100 – 300	290	150	110
V	< 100	210	150	110

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MTOP (2003). [15]

$$DVR = 270 m$$

2.2.4.2.3.5. Peralte (e)

Para el caso de carreteras de tipo III que presenten características de terreno montañoso se determina un peralte máximo de hasta 6%. De igual manera, los datos de pendiente

transversal (P) y gradiente longitudinal (i) se obtienen de la Tabla 33 presentada por la normativa del MTOP 2003.

Tabla 33. Valores de pendiente según el tipo de terreno.

Tipo de terreno	Pendiente transversal (%)	Gradiente longitudinal (%)
Llano	< 5	< 3
Ondulado	6 – 12	3 – 6
Montañoso	13 – 40	6 – 8

Fuente: "Norma de Diseño Geométrico de Carreteras", MTOP (2003). [15]

$$e = 6\%$$

$$P = 15\%$$

$$i = 7\%$$

2.2.4.2.3.6. Sobreechanco (S)

La normativa ecuatoriana define valores mínimos de sobreechanco considerando el costo económico. Por tanto, se recomienda emplear un valor de 30cm para velocidades de diseño que no superen 50 km/h, como es el caso del presente proyecto.

$$S = 30 \text{ cm}$$

2.2.4.2.3.7. Longitud de transición

Son las distancias mínimas que permiten el cambio de pendientes transversales presentes entre un tramo normal y otro peraltado. Se obtiene de la siguiente manera:

$$L_{\text{mín}} = 0,56 * V_d \quad (\text{Ec. 30})$$

$$L_{\text{mín}} = 0,56 * 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$L_{\text{mín}} = 22 \text{ m}$$

De igual manera, se determina una pendiente con bombeo de 2%.

2.2.4.2.3.8. Longitud de aplanamiento

A partir de la ecuación 31 obtenida por el MTOP 2003.

$$X = \frac{e' * L}{e} \quad (Ec. 31)$$

Donde:

X: Distancia tangencial de aplanamiento(m)

e': Pendiente de bombeo (%)

e: Peralte (%)

$$X = \frac{2\% * 22 \text{ m}}{6\%}$$

$$X = 7 \text{ m}$$

2.2.4.2.4. Alineamiento vertical

2.2.4.2.4.1. Gradiente

Se encuentran en función de la topografía de la vía, y en lo posible debe presentar valores bajos que faciliten el tránsito vehicular. En la Tabla 34 se puede apreciar datos normados de gradientes máximas para la vía según la clase de carretera; mientras que en la Tabla 35 se establecen gradientes máximas según la longitud del tramo.

Tabla 34. Valores recomendados de diseño de las gradientes longitudinales (%).

Clase de carretera	TPDA	Valor absoluto		
		Terreno llano	Terreno ondulado	Terreno montañoso
R-I o R-II	> 8000	3	4	6
I	3000 – 8000	3	5	7
II	1000 – 8000	4	6	8
III	300 – 1000	6	7	9
IV	100 – 300	6	8	12
V	< 100	6	8	14

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MTOP (2003). [15]

Tabla 35. Gradiente máxima en función de la longitud máxima del tramo.

Gradiente (%)	Longitud máxima (m)
8 – 10	1000
10 – 12	500
12 – 14	250

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MTOP (2003). [15]

gradiente máxima = 9%

gradiente mínima = 0,5%

2.2.4.2.4.2. Curvas verticales

Dentro del diseño del perfil de una vía se consideran las curvas verticales como parábolas simples que se encuentran próximas a una curva circular. Pueden ser de dos tipos: convexa y cóncava.

2.2.4.2.4.2.1. Curva convexa

El MTOP proporciona valores para el factor “K” según la velocidad de diseño, mismo que permite calcular posteriormente la longitud de la curva. Estos datos se aprecian en la Tabla 36:

Tabla 36. Coeficiente K para curvas convexas mínimas.

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada “s” (m)	Coefficiente K (redondeado)
20	20	1
25	25	2
30	30	2
35	35	3
40	40	4
45	50	6
50	55	7
60	70	12
70	90	19
80	110	28

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MTOP (2003). [15]

De igual manera, se calcula la longitud mínima (L_m) a la que deben regirse las curvas verticales convexas, según la ecuación 32:

$$L_m = 0,60 * V_d \quad (Ec. 32)$$

$$L_m = 0,60 * 40 \frac{km}{h}$$

$$L_m = 24 m$$

2.2.4.2.4.2.2. Curva cóncava

Este tipo de curvas deben ser suficientemente largas para que coincida la longitud de la luz de los faros del vehículo con la distancia de visibilidad de parada. Al igual que el caso anterior, el MTOP establece valores mínimos para el factor “K” necesario para el cálculo de las curvas cóncavas del proyecto. Esta información se observa claramente en la Tabla 37.

Tabla 37. Coeficiente K para curvas cóncavas mínimas

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada “s” (m)	Coefficiente K (redondeado)
20	20	2
25	25	3
30	30	4
35	35	5
40	40	6
45	50	8
50	55	10
60	70	13
70	90	19
80	110	24

Fuente: “Norma de Diseño Geométrico de Carreteras”, MTOP (2003). [15]

La longitud mínima (L_m) para las curvas verticales cóncavas se calcular también con la ecuación 32; por tanto, su valor es de:

$$L_m = 24 m$$

2.2.4.2.5. Secciones transversales típicas

2.2.4.2.5.1. Calzada

El primer elemento de la sección transversal es la calzada o pavimento y su ancho viene determinado por distintas características, como TPDA, vehículo de diseño y topografía de la carretera. En Ecuador, la normativa establece valores recomendables y absolutos para ancho de calzada, como se muestra en la Tabla 38. Puesto que la vía en cuestión presenta un relieve escarpado y difícil, se trabajará con el dato absoluto.

Tabla 38. Anchos de calzada.

Clase de carretera	TPDA	Ancho de calzada (m)	
		Recomendable	Absoluto
R-I o R-II	> 8000	7,30	7,30
I	3000 – 8000	7,30	7,30
II	1000 – 8000	7,30	6,50
III	300 – 1000	6,70	6,00
IV	100 – 300	6,00	6,00
V	< 100	4,00	4,00

Fuente: "Norma de Diseño Geométrico de Carreteras", MTOP (2003). [15]

2.2.4.2.5.2. Espaldón

Principalmente se encarga de la provisión de espacio para estacionar vehículos temporalmente, aumento de la distancia de visibilidad previo el ingreso a curvas, soporte del pavimento en sus extremos, etc. La gradiente transversal normada por el MTOP es de 4% y el ancho se visualiza en la Tabla 39, tomando en cuenta que se trata de una vía clase III y terreno de tipo montañoso.

Tabla 39. Anchos de espaldón.

Clase de carretera	TPDA	Ancho de espaldones absolutos		
		Llano	Ondulado	Montañoso
R-I o R-II	> 8000	3,00	3,00	2,00
I	3000 – 8000	2,50	2,00	1,50
II	1000 – 8000	2,50	2,00	1,50
III	300 – 1000	1,50	1,00	0,50
IV	100 – 300	0,60	0,60	0,60
V	< 100	No se considera espaldón		

Fuente: "Norma de Diseño Geométrico de Carreteras", MTOP (2003). [15]

2.2.4.3. Diseño de obras de arte

2.2.4.3.1. Cunetas

Las cunetas son un mecanismo para drenar el agua que se encuentra en la superficie de rodadura, y se diseñan a los extremos de la vía para recoger el agua y transportarla hasta un sitio de descarga segura. Algunos criterios que debe cumplir según la normativa ecuatoriana son:

- ❖ Tener forma triangular (en lo posible);
- ❖ Construir las con hormigón ($f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$);
- ❖ Pendiente longitudinal mínima de 0,50%;
- ❖ Velocidad mínima de 0,50 m/s y velocidad máxima entre 5 – 7 m/s;
- ❖ Coeficiente de rugosidad (n) para revestimiento de hormigón de 0,016. [15]

El cálculo de parámetros y dimensiones adecuadas se basa en una sección de cuneta típica y las ecuaciones propuestas por Manning.

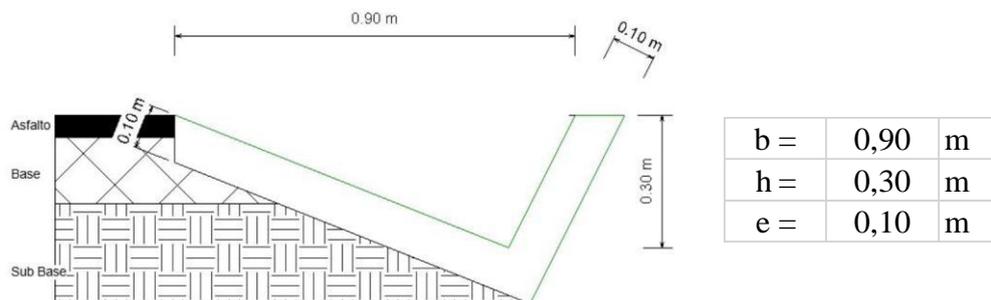


Figura 36. Dimensiones de cuneta típica

Fuente: Guallpa, Johnny (2022). [39]

- Área

$$A = \frac{b * h}{2} \quad (Ec. 33)$$

$$A = \frac{0,90 \text{ m} * 0,30 \text{ m}}{2}$$

$$A = 0,14 \text{ m}^2$$

- Perímetro mojado

$$Pm = h + \sqrt{b^2 + h^2} \quad (Ec. 34)$$

$$Pm = 0,30 \text{ m} + \sqrt{(0,90 \text{ m})^2 + (0,30 \text{ m})^2}$$

$$Pm = 1,25 \text{ m}$$

- Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{Pm} \quad (Ec. 35)$$

$$R = \frac{0,14 \text{ m}^2}{1,25 \text{ m}}$$

$$R = 0,11 \text{ m}$$

- Velocidad según Manning

Se considera el valor de pendiente longitudinal establecido de $s = 9\%$, según el apartado 2.2.4.2.4.1.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (Ec. 36)$$

$$V = \frac{1}{0,016} * (0,11 \text{ m})^{\frac{2}{3}} * (0,09)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 4,30 \text{ m/s}$$

- Caudal admisible

$$Q_d = A * V \quad (Ec. 37)$$

$$Q_d = 0,14 \text{ m}^2 * 4,30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_d = 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Caudal desalojado

Previamente se requiere determinar el valor de los siguientes parámetros:

- Coeficiente de escorrentía (C)

Se calcular según varios factores presentes en la vía, como permeabilidad del terreno, morfología, pendientes y tipo de cobertura vegetal. Estas características se extraen de la Tabla 40 propuesta por el MTOP.

Tabla 40. Coeficiente de escorrentía.

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: "Norma de Diseño Geométrico de Carreteras", MTOP (2003). [15]

$$C = 0,50$$

- Tiempo de concentración

$$tc = 0,0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (Ec. 38)$$

$$H = L * S \quad (Ec. 39)$$

Donde:

tc: tiempo de concentración (min)

L: longitud del área de drenaje (m)

H: diferencia de nivel (m)

$$H = 1240 \text{ m} * 0,09$$

$$H = 111,6 \text{ m}$$

$$tc = 0,0195 \left(\frac{1240^3}{111,6} \right)^{0,385}$$

$$tc = 11,87 \text{ min}$$

- Intensidad (I)

$$I = \frac{4,14 * T^{0,18} * P_{m\acute{a}x}}{tc^{0,58}} \quad (Ec. 40)$$

Donde:

I: Intensidad (mm/h)

T: periodo de retorno (100 años para vías clase III). [15]

P_{máx}: precipitación máxima (2250 mm/año). [1]

tc: tiempo de concentración (min)

$$I = \frac{4,14 * 100^{0,18} * 187,5}{11,87^{0,58}}$$

$$I = 423,47 \text{ mm/h}$$

- Área de drenaje

$$A = (\text{ancho de calzada} + \text{ancho de cuneta}) * L \quad (Ec. 41)$$

$$A = (3,00 \text{ m} + 1,00 \text{ m}) * 1240 \text{ m}$$

$$A = 4960 \text{ m}^2 = 0,496 \text{ ha}$$

Una vez determinados estos parámetros, se calcula el caudal de desalojo con la siguiente ecuación:

$$Q_e = \frac{C * I * A}{360} \quad (Ec. 42)$$

Donde:

Q_e: Caudal de desalojo/escorrentía (m³/s)

I: Intensidad de precipitación (mm/h)

A: Área de drenaje (ha)

$$Q_e = \frac{0,50 * 423,47 \frac{mm}{h} * 0,496 ha}{360}$$

$$Q_e = 0,29 m^3/s$$

- Verificación

Para que el diseño sea óptimo, el caudal calculado debe ser mayor que el caudal desalojado:

$$Q_d > Q_e$$

$$0,60 \frac{m^3}{s} > 0,29 \frac{m^3}{s} \quad \text{Cumple}$$

2.2.4.4. Diseño de pavimentos

El diseño de la capa de rodadura o pavimento del proyecto se apoyará en la normativa AASHTO – 93 para establecer los espesores de las capas que conformarán la estructura asfáltica, en base a parámetros condicionados por la zona que permitan el cálculo correspondiente.

2.2.4.4.1. Periodo de diseño

Se refiere al tiempo total de vida útil de la carretera, incluyendo métodos de reconstrucción y mantenimiento. Según la Tabla 41, se determina un periodo de diseño de 20 años para el presente proyecto, encontrándose entre los límites establecidos para bajo volumen pavimentado según la AASHTO – 93.

Tabla 41. Periodo de diseño según el tipo de camino.

Tipo de camino	Periodo de diseño (años)
Gran volumen de tránsito urbano	30 – 50
Gran volumen de tránsito rural	20 – 50
Bajo volumen pavimentado	15 – 25

Fuente: “Diseño de pavimentos AASHTO – 93” (1993). [40]

2.2.4.4.2. Factor de daño (Fd)

Se emplea el método de la cuarta potencia para determinar el nivel de afectación que provocan los vehículos al atravesar la carretera. Se identifica el vehículo de mayor

peso que atraviesa la vía en la hora de mayor demanda, resultando ser el de tipo 2DA con factor de daño igual a 0,574 para la categoría pesados, y el factor de daño de 1,041 para buses. [40]

$$Fd_{buses} = 1,041$$

$$Fd_{pesados} = 0,574$$

2.2.4.4.3. Factor de distribución por dirección (Dd)

Determina el porcentaje de flujo vehicular que se conduce en cada dirección según el total medido. Dado que la vía en cuestión se compone de dos sentidos (ida y regreso), se establece un factor de 0,50.

2.2.4.4.4. Factor de distribución por carril (Fc)

Con este factor se determina el carril de diseño, puesto que se analiza aquel que recibe el mayor número de ESALs y se encuentra entre un valor de 0,50 a 1,00. En la Tabla 42 se puede identificar el factor de distribución por carril, considerando que la vía del proyecto presenta un solo carril en cada dirección.

Tabla 42. Factor de distribución por carril.

Número de carriles en cada dirección	Fc
1	1,00
2	0,80 – 1,00
3	0,60 – 0,80
4	0,50 – 0,75

Fuente: "Diseño de pavimentos AASHTO – 93" (1993). [40]

2.2.4.4.5. Determinación de número de ejes equivalentes W_{18}

A partir de la ecuación 43 se calcula el número de ejes equivalentes y su proyección hasta 20 años, cuya información se aprecia resumida en la tabla 42.

$$W_{18} = (Fd * Fc * TPDA_{buses} * 365) + (Fd * Fc * TPDA_{pesados} * 365) \quad (Ec. 43)$$

Donde:

W_{18} : Ejes equivalentes (m3/s)

F_d : Factor de daño por tipo de vehículo

F_c : Factor de distribución por carril.

Desarrollo de cálculo para el periodo de diseño (20 años):

○ Datos:

F_d : Factor de daño

Para buses: 10,41

Para pesados: 0,574

F_c : 1,00

$$W_{18} = (1,041 * 1,00 * 14 * 365) + (0,574 * 1,00 * 25 * 365)$$

$$W_{18} = 10557,260$$

○ Para el W_{18} acumulado:

$$W_{18} \text{ acumulado} = \sum_1^{20} W_{18} \quad (\text{Ec. 44})$$

$$W_{18} \text{ acumulado} = 7570,830 + 8160,305 + \dots + 182800,760$$

$$W_{18} \text{ acumulado} = 193358,020$$

○ Para el W_{18} por sentido:

Se emplea la ecuación 45 basada en el resultado de W_{18} acumulado y el factor de distribución por carril igual a 0,50.

$$W_{18} \text{ por sentido} = W_{18} * F_c \quad (\text{Ec. 45})$$

$$W_{18} \text{ por sentido} = 193358,020 * 0,50$$

$$W_{18} \text{ por sentido} = 96679,010 = 9,67 * 10^4$$

Tabla 43. Ejes equivalentes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
TEMA: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"										
Vía:	VIA PRINCIPAL			Sector:	EL LIMON			Mes/Año	nov-21	
EJES EQUIVALENTES										
Año	Tasa de crecimiento (%)			TPDA futuro - tipo de vehículo			TPDA futuro total	W18	W18 ACUMULADO	W18 POR SENTIDO
	A	B	C	A	B	C				
2021	3,57	1,78	1,74	378	10	18	406	7570,830	7570,830	3785,415
2022	3,57	1,78	1,74	392	11	19	422	8160,305	15731,135	7865,568
2023	3,57	1,78	1,74	406	11	19	436	8160,305	23891,440	11945,720
2024	3,57	1,78	1,74	420	11	19	450	8160,305	32051,745	16025,873
2025	3,25	1,62	1,58	430	11	20	461	8369,815	40421,560	20210,780
2026	3,25	1,62	1,58	444	11	20	475	8369,815	48791,375	24395,688
2027	3,25	1,62	1,58	458	12	20	490	8749,780	57541,155	28770,578
2028	3,25	1,62	1,58	473	12	21	506	8959,290	66500,445	33250,223
2029	3,25	1,62	1,58	489	12	21	522	8959,290	75459,735	37729,868
2030	3,25	1,62	1,58	505	12	21	538	8959,290	84419,025	42209,513
2031	3,25	1,62	1,58	521	12	22	555	9168,800	93587,825	46793,913
2032	3,25	1,62	1,58	538	12	22	572	9168,800	102756,625	51378,313
2033	3,25	1,62	1,58	555	13	22	590	9548,765	112305,390	56152,695
2034	3,25	1,62	1,58	573	13	23	609	9758,275	122063,665	61031,833
2035	3,25	1,62	1,58	592	13	23	628	9758,275	131821,940	65910,970
2036	3,25	1,62	1,58	611	13	23	647	9758,275	141580,215	70790,108
2037	3,25	1,62	1,58	631	13	24	668	9967,785	151548,000	75774,000
2038	3,25	1,62	1,58	652	14	24	690	10347,750	161895,750	80947,875
2039	3,25	1,62	1,58	673	14	24	711	10347,750	172243,500	86121,750
2040	3,25	1,62	1,58	695	14	25	734	10557,260	182800,760	91400,380
2041	3,25	1,62	1,58	717	14	25	756	10557,260	193358,020	96679,010

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.4.6. Confiabilidad (R)

Corresponde al grado de incertidumbre (seguridad) de que la estructura del pavimento llegue a ofrecer funcionalidad hasta finalizar su periodo de análisis. Se establece en función del tipo de carretera y la zona en donde se localiza, siendo esta una vía tipo III de clase colectora de zona rural. En la Tabla 44 puede observarse los límites normados, seleccionando un valor promedio de estos.

Tabla 44. Niveles de confiabilidad.

Clase de vía	Nivel de confiabilidad	
	Zona urbana	Zona rural
Autopistas y rutas interestatales	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales – Troncales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: "Diseño de pavimentos AASHTO – 93" (1993). [40]

$$R = 85\%$$

2.2.4.4.7. Desviación estándar (Z_r)

En base al valor de confiabilidad se determina la desviación estándar moral del proyecto:

Tabla 45. Desviación estándar normal (Z_r).

Nivel de confianza	Desviación estándar (Z_r)
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Fuente: "Diseño de pavimentos AASHTO – 93" (1993). [40]

$$Z_r = -1,037$$

2.2.4.4.8. Desviación estándar global (S_o)

Denominado también como error estándar combinado, este considera variaciones del comportamiento estructural del pavimento y del tráfico en la vía. Se toma un valor de 0,45 como recomendado por la AASHTO – 93. [40]

2.2.4.4.9. Índice de serviciabilidad

Es la capacidad de servicio confortable y seguro del pavimento en relación al tráfico generado sobre la carretera. Se debe establecer el índice inicial y final para el proyecto, posteriormente se calculará el índice de serviciabilidad (ΔPSI) con la ecuación 46.

- *Serviciabilidad inicial (P_o)*

Tabla 46. Serviciabilidad inicial (P_o).

Tipo de pavimento	P_o
Rígido	4,5
Flexible	4,2

Fuente: "Diseño de pavimentos AASHTO – 93" (1993). [40]

- *Serviciabilidad final (P_t)*

Tabla 47. Serviciabilidad final (P_t).

Clase de vía	P_t
Autopistas	3,0
Carreteras de importancia media	2,5
Carreteras de importancia baja	2,0

Fuente: "Diseño de pavimentos AASHTO – 93" (1993). [40]

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (Ec. 46)$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,0$$

$$\Delta PSI = 2,2$$

2.2.4.4.10. CBR de diseño

Se determina el CBR de diseño por el método de percentiles, recomendado por el Instituto del Asfalto. Primero, se identifica el percentil según el número de ejes equivalentes calculados ($W_{18} = 9,67 \cdot 10^4$), como se muestra en la Tabla 48, resultando ser 60%.

Tabla 48. Percentiles según el número de ejes equivalentes.

Ejes equivalentes	Percentil de diseño (%)
$>10^6$	87,5
$10^4 - 10^6$	75,0
$<10^4$	60,0

Fuente: "Diseño de pavimentos AASHTO – 93" (1993). [40]

A continuación, se ordenan de forma descendente los valores de CBR determinados en los ensayos de suelos del apartado 2.2.4.1.6 con su correspondiente abscisado y se calcula el porcentaje de dureza (percentil) de cada uno.

Tabla 49. CBR de diseño para la vía con su percentil.

Abscisa	CBR (%)	Valores de CBR ordenados descendientemente	Orden	Percentil (%)
4+000	7,90	12,75	1	11
4+500	8,60	11,10	2	22
5+000	12,75	8,70	3	33
5+500	7,80	8,60	4	44
6+000	8,40	8,40	5	56
6+500	7,80	7,90	6	67
7+000	5,80	7,80	7	78
7+500	11,10	7,80	8	89
8+000	8,70	5,80	9	100

Fuente: Brando Aillón.

Con estos datos se traza la gráfica que corresponde al CBR de diseño vs. Percentil y al identificar el percentil de 60%, se establece un CBR de diseño del 8,22%.

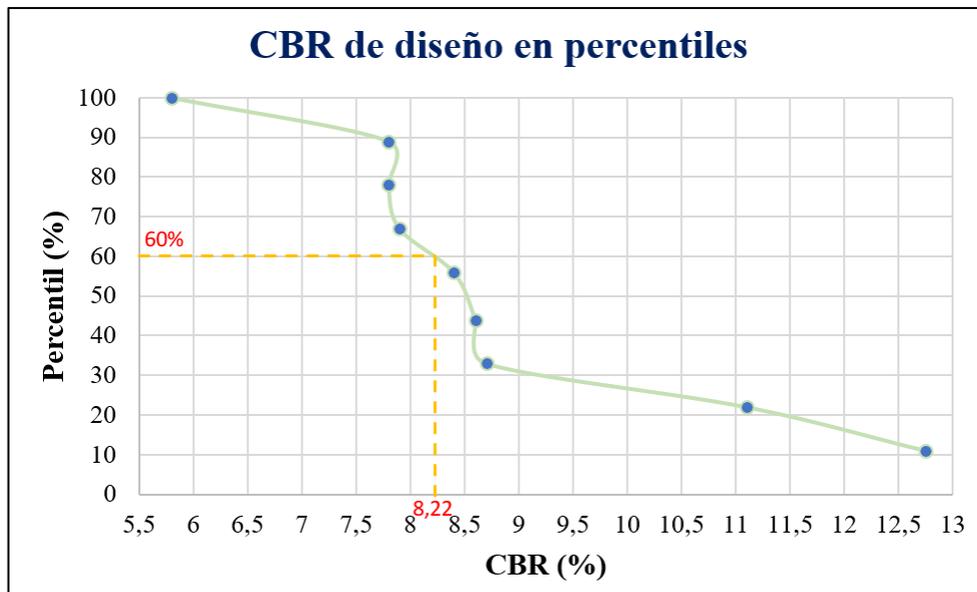


Figura 37. CBR de diseño (%) para percentil de 60%.

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.4.11. Módulo de resiliencia

Para determinar el módulo resiliente de la subrasante, se aplica la ecuación 47 que corresponde a la segunda expresión proporcionada por la AASHTO – 93, debido a que el CBR está comprendido entre 7 – 20%

$$M_R = 3000 * CBR^{0,65} \quad (Ec. 47)$$

$$M_R = 3000 * 8,22^{0,65}$$

$$M_R = 11797,40 \text{ psi} = 11,80 \text{ ksi}$$

2.2.4.4.12. Capacidad de drenaje

Este coeficiente depende de la calidad de drenaje de la carretera y toma valores según la Tabla 50 proporcionada por la AASHTO – 93. En este caso, se tiene un valor medio de 0,90 para cada capa, puesto que la vía estará en contacto con las precipitaciones aproximadamente 25% de tiempo y su capacidad de desagüe es regular.

Tabla 50. Capacidad de drenaje

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: “Diseño de pavimentos AASHTO – 93” (1993). [40]

2.2.4.4.13. Coeficientes estructurales

2.2.4.4.13.1. Coeficiente a1

El coeficiente estructural de la mezcla asfáltica, a1, se determinó con el ábaco de la norma AASHTO – 93 asumiendo una estabilidad Marshall del pavimento de 1800 lb.

$$a_1 = 0,41$$

$$\text{Módulo resiliente} = 395 \text{ ksi}$$

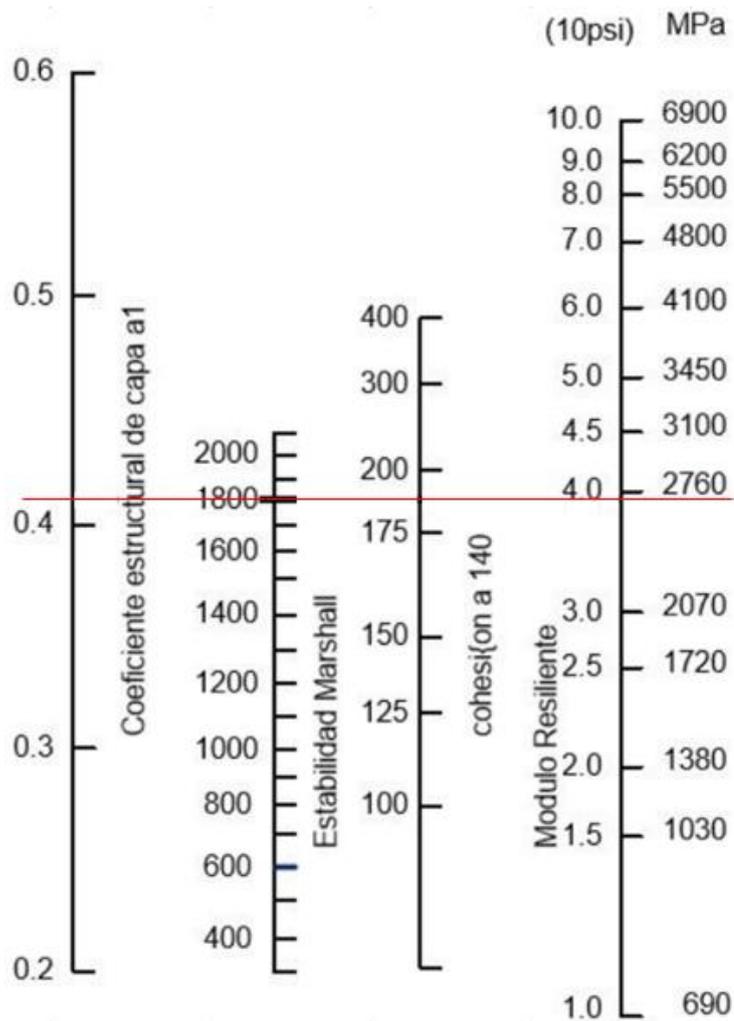


Figura 38. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.

Fuente: "Diseño de pavimentos AASHTO - 93" (1993). [40]

2.2.4.4.13.2. Coeficiente a2

La normativa ecuatoriana MTOP 2003 establece que el CBR mínimo para la capa base tipo IV, que será el empleado en este proyecto, es del 80%. Con este dato, se encontró el coeficiente a2, referido al coeficiente estructural de la base granular, en el siguiente ábaco.

$$a_2 = 0,13$$

$$\text{Módulo resiliente} = 28,8 \text{ ksi}$$

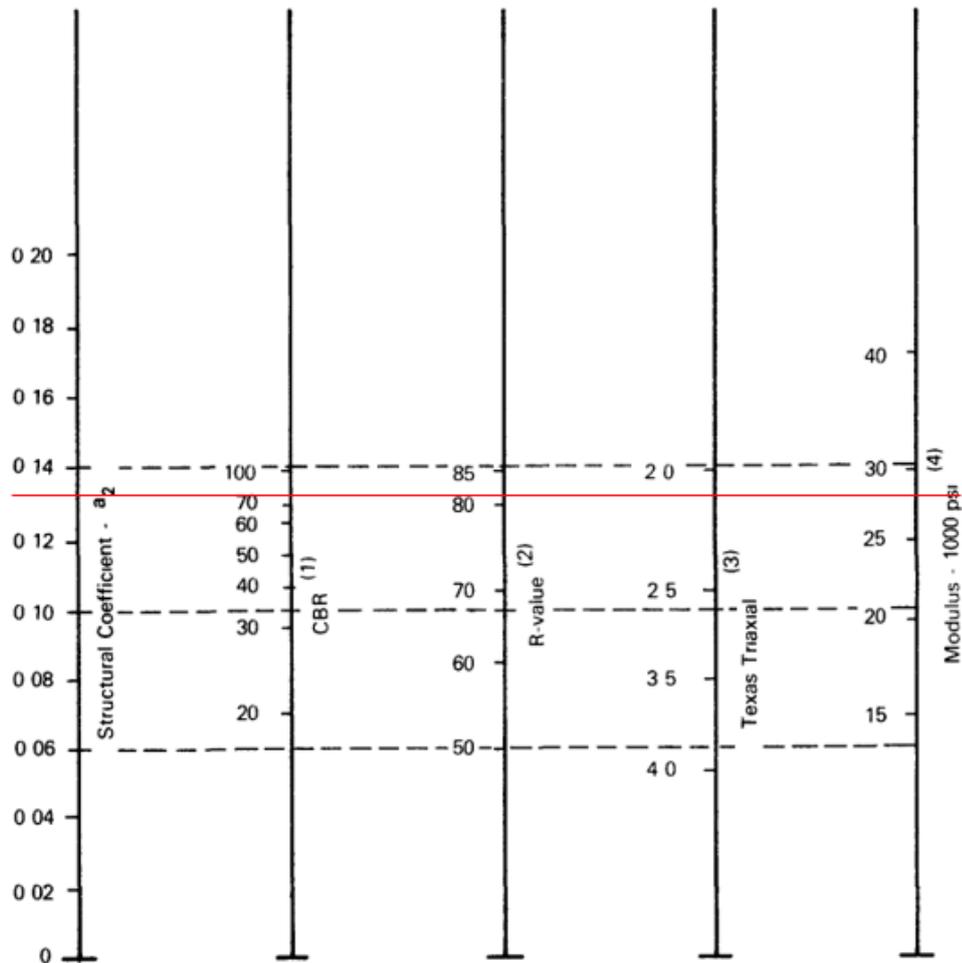


Figura 39. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la base.

Fuente: "Diseño de pavimentos AASHTO - 93" (1993). [40]

2.2.4.4.13.3. Coeficiente a_3

Al igual que el caso anterior, en el siguiente gráfico se muestra el nomograma para determinar el coeficiente estructural de la subbase tipo III del proyecto a partir del CBR (%) mínimo estipulado por el MTOP, el cual es 30%. Con estos datos de estableció un coeficiente a_3 de:

$$a_3 = 0,11$$

$$\text{Módulo resiliente} = 14,9 \text{ ksi}$$

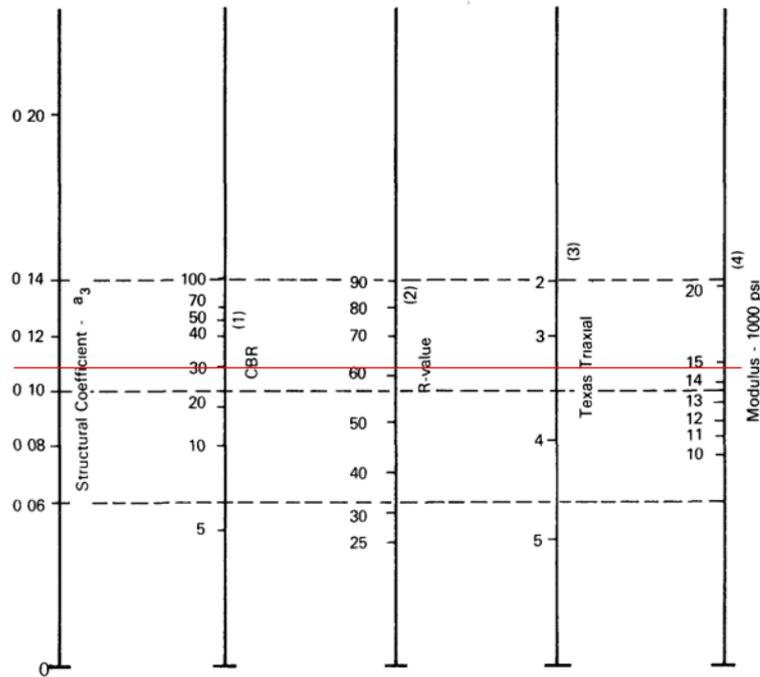


Figura 40. Ábaco para determinar el coeficiente estructural de la subbase.

Fuente: “Diseño de pavimentos AASHTO – 93” (1993). [40]

2.2.4.4.14. Número estructural

El número estructural SN se calculó mediante la ejecución del programa “Ecuación AASHTO – 93” elaborado por Luis Ricardo Vásquez Varela (2004).

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela, Ingeniero Civil, Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 95% Z=-1.037, So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial = 4.2, PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr = 11797.4 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi):
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi):
 Coeficiente de transmisión de carga - (I):
 Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN, Calcular W18

W18 = 96679

Número Estructural: SN = 1.88

Observaciones:

Botones: Calcular, Salir

Figura 41. Cálculo de número estructural con el software Ecuación AASHTO – 93.

Fuente: Brando Aillón.

Se obtuvo un valor de 1.88 como SN total, el mismo que sirve para determinar los espesores de cada capa que conforma la estructura del pavimento. Este procedimiento se realizó con cada capa y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 51. Datos de entrada y salida en el cálculo de número estructural con Ecuación AASHTO – 93.

DATOS DE ENTRADA	
1. Características de materiales	
A. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica (ksi)	395,00
B. Módulo de resiliencia de la base granular (ksi)	28,80
C. Módulo de resiliencia de la subbase (ksi)	14,90
2. Datos de tráfico y propiedades de la subrasante	
A. Número de ejes equivalente total (W18)	96679,01
B. Factor de confiabilidad (R)	85,00 %
Desviación estándar normal (Zr)	-1,04
Desviación estándar global (So)	0,45
C. Módulo de resiliencia de la subrasante (ksi)	11,80
D. Serviciabilidad inicial (Po)	4,20
E. Serviciabilidad final (Pt)	2,00
F. Periodo de diseño (años)	20,00
3. Datos para la estructura del refuerzo	
A. Coeficientes estructurales de la capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0,41
Base granular (a2)	0,13
Subbase (a3)	0,11
B. Coeficientes de drenaje por capa	
Base granular	0,90
Subbase	0,90
DATOS DE SALIDA	
Número estructural requerido total (SNreq)	1,88
Número estructural de la carpeta asfáltica (SN1)	1,24
Número estructural de la base granular (SN2)	0,40
Número estructural de la subbase (SN3)	0,24

Fuente: Brando Aillón.

2.2.4.4.15. Espesor de capas

Una vez que se determinaron los números estructurales se procedió a calcular los espesores de cada capa según el procedimiento y ecuaciones estipuladas por la AASHTO – 93. Los datos teóricos obtenidos se compararon con la Tabla 52 en donde se muestran los espesores mínimos de las capas de la estructura del pavimento según

dicha norma y se realizó una nueva propuesta considerando los costos económicos y la calidad del diseño.

Tabla 52. Espesores mínimos de la estructura del pavimento.

Número de ejes equivalentes	Concreto asfáltico (cm)	Base granular (cm)
< 50000	2,50	10,00
50000 – 150000	5,00	10,00
150000 – 500000	6,50	10,00
500000 – 2000000	7,50	15,00
2000000 – 7000000	9,00	15,00
> 7000000	10,00	15,00

Fuente: “Diseño de pavimentos AASHTO – 93” (1993). [40]

Adicionalmente, se calculó el número estructural real según los nuevos espesores, cuyos datos se encuentran en la Tabla 53.

Tabla 53. Datos de entrada y salida en el cálculo de número estructural y espesores propuestos con Ecuación AASHTO – 93.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
	Teórico (cm)	Propuesta	
		Espesor (cm)	SN
Espesor de la carpeta asfáltica (cm)	7,68	5,00	0,807
Espesor de la base granular (cm)	8,68	10,00	0,46
Espesor de la subbase granular (cm)	5,28	20,00	0,91
Espesor total (cm)		35,00	2,18

Fuente: Brando Aillón.

Para verificar que el diseño propuesto de espesores sea el correcto se comparó el número estructural calculado en el procedimiento final, con el número estructural requerido que se obtuvo inicialmente:

$$SN_{cal} > SN_{req}$$

$$2,18 > 1,88$$

Cumple

2.2.4.5. Presupuesto referencial

Una propuesta de diseño vial debe incluir un presupuesto referencial para verificar su realización, en la cual se especifiquen las actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto de inicio a fin y el costo de cada uno de los rubros. En base a esto se calculó el presupuesto para el presente trabajo técnico, el mismo que incluye la cuantificación de volúmenes de obra (cantidad) correspondientes en cada caso y posteriormente se desarrolló un análisis de precios unitarios (APU) que incorporó costos y coeficientes de rendimiento para sus componentes: materiales, equipos y personal encargado de las diferentes labores; estos datos pueden observarse en el Anexo N°5.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de cada rubro. Estas describen las actividades a realizar con ciertas consideraciones normadas y las unidades de medición propuestas por el MTOP. [15]

2.2.4.5.1. Especificaciones técnicas

2.2.4.5.1.1. Obras preliminares

Rubro 1. Limpieza y desbroce

Se refiere a las actividades de limpieza del sitio, cuyo objetivo es evitar cualquier tipo de dificultad en el desarrollo del proyecto, ofreciendo comodidad y tranquila circulación de personal y equipos. Incluye, además, retiro y extracción de plantas, basura o escombros.

Está compuesta de tres fases, en primer lugar, se realiza la limpieza con el personal de manera manual, y luego se emplean equipos como retroexcavadora y motosierras para remover materia vegetal de difícil desbroce. Al final, se desaloja la basura y los escombros recolectados en lugares autorizados por fiscalización.

Unidad: Ha

Forma de pago: Medición y forma de pago según el área real ejecutada en su totalidad en obra por hectárea.

Rubro 2. Replanteo y nivelación lineal

Consiste en geolocalizar puntos específicos del proyecto según los ejes de la vía enmarcados en planos previos. Tiene el fin de determinar coordenadas para representar gráfica y digitalmente los detalles del sitio, como ejes, niveles, construcciones, etc.

Se desarrolla bajo la supervisión de personal debidamente capacitado y equipos de alta tecnología como estación total, GPS y RKT, cuyo beneficio es la precisión de hasta ± 1 de error permitido.

La responsabilidad de la información recolectada según referencias del sitio recae sobre el contratista y debe ser actualizada hasta que fiscalización lo crea conveniente.

Unidad: Km

Forma de pago: Medición y forma de pago según la longitud real ejecutada en su totalidad en obra por kilómetros.

2.2.4.5.1.2. Obra vial

Rubro 3. Excavación sin clasificar con maquinaria, incluye desalojo

Es rubro incluye actividades de excavación en suelo natural y su correspondiente desalojo a partir de la utilización de equipo pesado adecuado. El resultado permite contar con espacios de colocación y construcción de elementos sanitarios, potables, drenajes, etc. Según normativa, se puede excavar hasta 3,50 metros de profundidad.

El material extraído se llevará a sitios del proyecto en donde el contratista considera necesario relleno con esta masa; caso contrario, se trasladará todo o una parte de este volumen, hasta un lugar autorizado por fiscalización y se le dé el uso correspondiente para otros proyectos.

Unidad: m³.

Forma de pago: Medición y forma de pago según el volumen real ejecutado en su totalidad en obra por metro cúbico.

Rubro 4. Relleno compactado con material de sitio

Se refiere al relleno de zonas o secciones con material natural excavado, cuyo propósito es conseguir las cotas estipuladas en el diseño geométrico con material sobrante del mismo proyecto, si lo hubiese.

Se incluye la compactación del volumen relleno debidamente verificado por fiscalización, con un grado mínimo de hasta 98% según la AASHTO D – 1557.

Unidad: m³.

Forma de pago: Medición y forma de pago según el volumen real ejecutado en su totalidad en obra por metro cúbico y su correspondiente comprobación de compactación.

Rubro 5. Excavación para cunetas, incluye desalojo

Para construir las obras de drenaje o encauzamiento se requiere llevar a cabo este rubro, consistente en actividades de excavación que respetan la alineación, pendiente y sección transversal del diseño de cunetas y vía mostrados en los planos.

Combina el trabajo manual y empleo de equipo caminero según las características topográficas de las distintas abscisas. No se incluyen costos de retiro de material obstaculizante en estas zonas, puesto que el contratista debe mantener limpias estas secciones.

Unidad: m³.

Forma de pago: Medición y forma de pago según el volumen real ejecutado en su totalidad en obra por metro cúbico.

Rubro 6. Sub - base clase III, tendido y compactado

Previamente se debe preparar la subrasante con compactación adecuada según los resultados del estudio de suelos del proyecto, alineación de las pendientes correspondientes y limpieza total de la superficie para evitar la presencia de elementos extraños al suelo natural.

Sobre la subrasante se construirá una capa de subbase compuesta por agregados tamizados según especificaciones de la normativa MTOP 2003 para subbases clase III. Estos serán distribuidos uniformemente a través del ancho de todo el eje vial y se hidratará la zona para compactarla con rodillo lisos (8 – 12 ton) o vibratorios hasta conseguir el grado de compactación óptimo. Su verificación se realizará con mínimo 3 puntos a cada 0,1 km de todo el eje vial.

Unidad: m³.

Forma de pago: Medición y forma de pago según el volumen real ejecutado en su totalidad en obra por tendido, conformación y compactación por metro cúbico.

Rubro 7. Base clase IV, tendido y compactado

Cuando la subbase esté colocada adecuadamente se procede con las actividades de construcción de la capa base, la misma que se colocará sobre la mencionada anteriormente. La base se compone de agregados finos y gruesos con granulometría y características normada por el MTOP 2003 para clase IV. Además, este material tendrá un IP de 6 y CBR mínimo de 80%.

Se distribuye el material de manera uniforme a través del ancho de todo el eje vial y se hidrata la zona para compactarla con rodillo lisos (8 – 12 ton) o vibratorios hasta conseguir el grado de compactación óptimo.

Unidad: m³.

Forma de pago: Medición y forma de pago según el volumen real ejecutado en su totalidad en obra por tendido, conformación y compactación por metro cúbico.

Rubro 8. Carpeta asfáltica mezcla en planta e=5cm, incluye transporte

Este rubro incluye las actividades de construcción de la carpeta asfáltica o capa de rodadura constituida en la superficie de la vía. Se conforma de agregados específicos (se recomienda material AC – 10 con temperatura de 20°C) y material bituminoso mezclados en caliente en planta según normativa nacional vigente. Se coloca sobre la capa base verificada por el fiscalizador.

La calidad y cumplimiento de requisitos normados de los materiales obtenidos en la planta mezcladora, transporte adecuado para mantener la temperatura especificada por fiscalización y tendido en capas con espesor de 5cm recae dentro de las responsabilidades del contratista.

Unidad: m².

Forma de pago: Medición y forma de pago según el área real ejecutada en su totalidad en obra por tendido, conformación y compactación de asfalto (espesor de 5cm) por metro cuadrado.

Rubro 9. Imprimación asfáltica

Consiste en las actividades de abastecimiento y riego de asfalto diluido con curado medio para la colocación de la capa imprimante. Se incluyen labores de limpieza en la capa inferior y tendido de arena en capa muy delgada para un rápido secado de la imprimación.

El contratista debe replantear topográficamente el proyecto vial al finalizar este rubro para verificar al diseño geométrico y bombeo.

Unidad: lt.

Forma de pago: Medición y forma de pago según el volumen real ejecutado en su totalidad en obra por litro.

2.2.4.5.1.3. Drenaje

Rubro 10. Cuneta de hormigón simple, f'c=180 kg/cm²

Se refiere a los trabajos de abastecimiento, construcción, terminado y curado del hormigón con una resistencia de f'c=180 kg/cm² destinado a la elaboración de cunetas para drenaje. Además, estas contendrán juntas de dilatación a cada 2,50 m.

Queda a consideración del contratista mezclar el hormigón en planta o en sitio, pero su vertido y resistencia final será su responsabilidad. Se incluye el encofrado y desencofrado correspondiente.

Unidad: ml.

Forma de pago: Medición y forma de pago según la longitud real ejecutada en su totalidad en obra por metro lineal.

2.2.4.5.1.4. Señalética

Rubro 11. Línea divisoria de carril color amarillo, ancho 10cm

Este rubro incluye las actividades de regulación de circulación mediante señalización horizontal. Se pinta con máquina líneas longitudinales a lo largo de la vía para delimitar carriles (separar tráfico que se dirige en sentidos opuestos) y otras restricciones. Se emplea pintura de tráfico reflectiva de color amarillo con un ancho de 10cm.

Unidad: ml.

Forma de pago: Medición y forma de pago según la longitud real ejecutada en su totalidad en obra por metro lineal.

Rubro 12. Línea divisoria de carril color blanco, ancho 10cm

Este rubro incluye las actividades de regulación de circulación mediante señalización horizontal. Se pinta con máquina líneas longitudinales a lo largo de la vía en los bordes para definir límites de la calzada, zonas de estacionamiento o aproximación a cruce cebra. Se emplea pintura de tráfico reflectiva de color blanco con un ancho de 10cm.

Unidad: ml.

Forma de pago: Medición y forma de pago según la longitud real ejecutada en su totalidad en obra por metro lineal.

2.2.4.5.1.5. Desalojo

Rubro 13. Línea divisoria de carril color blanco, ancho 10cm

Este rubro incluye las actividades de manejo y transporte del material de excavación sobrante, aquello que será depositado en el sitio mas cercano o en el relleno del cantón en cuestión.

Unidad: m³*km

Forma de pago: Medición y forma de pago según la longitud real ejecutada según la cantidad de material desalojado en volumen (m³) y la distancia en km desde el punto de excavación hasta el relleno.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Levantamiento topográfico

La georreferenciación de puntos específicos del proyecto mediante el levantamiento topográfico empleando estación total permitió determinar una longitud total de vía igual a 4+000 kilómetros contando con un punto inicial en la abscisa 4+000 hasta finalizar en la abscisa 8+000 del eje central de la vía El Limón – El Deseo, del cantón Pangua en la provincia de Cotopaxi.

El tramo estudiado contaba con una sección transversal de aproximadamente 4 metros de ancho a lo largo de toda la calzada y 2 carriles en sentido contrario. Además, se evidenció carencia total de obras de drenaje a los extremos de la carretera. El relieve de la zona era escarpado y muy accidentado con pendientes variables que oscilan entre 1 – 15%, coincidiendo totalmente con la información documental recaba en el PDOT de Pangua.

Por otro lado, la calzada se componía de material granular rocoso y tierra natural mezclada y distribuida irregularmente, generando baches en todo el tramo y dificultando a su vez el paso normal de vehículos y peatones. En los extremos y puntos céntricos de la carretera se observó abundante vegetación producto de la falta de limpieza y mantenimiento de la vía.

Se procedió a levantar el tramo con una faja topográfica de 50m de ancho a cada lado del eje vial para recabar a detalle la información del proyecto empleando la metodología adecuada con 520 puntos levantado en total. El trabajo realizado en campo puede observarse en el Anexo N°1.



Figura 21A. Localización geográfica de la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000.

Fuente: Google Earth.

Tabla 53A. Coordenadas inicial y final del proyecto.

Coordenada	Abcisado	Norte	Este	Elevación
Inicial	4+000	9881995	693273	222
	5+000	9882479	694105	245
	6+000	9883168	694800	292
	7+000	9883493	695706	331
Final	8+000	9884222	696137	383

Fuente: Brando Aillón.

3.1.2. Conteo de tránsito e identificación vehicular

A partir de un conteo vehicular de tipo manual por un lapso de siete días consecutivos en periodos de 12 horas en ambos sentidos de la vía con una estación de conteo en la abscisa 4+000, se analizó el tipo de carga vehicular a la que está sometido el tramo del presente proyecto; cuyos datos se registraron en la ficha tipo propuesta por el MTOP 2003 y pueden observarse en el Anexo N°2.

Un resumen de los datos de conteo se aprecia en la Tabla 54, de la cual se determinó que el viernes es el día de mayor afluencia de vehículos, tanto de livianos, buses y pesados.

Tabla 54. Resumen de conteo de tránsito e identificación vehicular semanal.

DÍA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL POR DÍA
LUNES	196	10	18	224
MARTES	172	8	16	196
MIÉRCOLES	176	9	15	200
JUEVES	192	9	19	220
VIERNES	206	10	19	235
SÁBADO	214	8	12	234
DOMINGO	203	5	14	222
TOTAL	1359	59	113	1531

Fuente: Brando Aillón.

De igual manera, en el intervalo de 14:45 a 15:45 horas se registró la mayor afluencia de vehículos, refiriéndose a la hora de máxima demanda de volumen vehicular y coincidiendo con el horario de asistencia a ferias ganaderas y agrícolas de la zona por parte de pobladores del lugar y de sitios aledaños. Este resultado puede apreciarse en la siguiente Tabla.

Tabla 55. Resultados de conteo de tránsito e identificación vehicular para la hora de mayor demanda.

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TOTAL	ACUMULADO POR HORA
14:45-15:00	11	1	1	13	25
15:00-15:15	12	0	0	12	35
15:15-15:30	6	0	0	6	36
15:30-15:45	13	0	1	14	45
TOTAL	42	1	2	45	

Fuente: Brando Aillón.

3.1.2.1. Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Se empleó el método de la 30va hora con un porcentaje de hora de diseño igual a 15% para cada caso y empleando la ecuación 3, se obtuvo un TPDA actual de 300 veh/día, repartidos en 280 livianos, 7 buses y 13 pesados, los resultados son mostrados en la siguiente Tabla 56.

Tabla 56. Resultados del cálculo de TPDA actual.

Tipo de vehículo	TPDA (veh/día)
Liviano	280
Buses	7
Pesado	13
TOTAL	300

Fuente: Brando Aillón.

3.1.2.2. Tráfico atraído

Esta variable correspondió al 10% del TPDA por tipo de vehículo, y sus derivaciones son 30 veh/día, en el que nuevamente se observa una mayoría en livianos con 28, seguidos de buses y pesado con 1 veh/día y 1 veh/día respectivamente, los resultados se observan a continuación.

Tabla 57. Resultados del cálculo de tráfico atraído.

Tipo de vehículo	TPDA (veh/día)
Liviano	28
Buses	1
Pesado	1
TOTAL	30

Fuente: Brando Aillón.

3.1.2.3. Tráfico generado

A diferencia del apartado anterior, este dato se obtiene se refiere al 20% del TPDA por tipo de vehículo, se obtiene un total de 60 veh/día, repartido en 56 livianos, 1 bus, 3 pesados, los resultados se los puede ver a continuación (ver Tabla 58).

Tabla 58. Resultados del cálculo de tráfico generado.

Tipo de vehículo	TPDA (veh/día)
Liviano	56
Buses	1
Pesado	3
TOTAL	60

Fuente: Brando Aillón.

3.1.2.4. Tráfico desarrollado

En la Tabla 59 se observa el tráfico desarrollado obtenido del producto entre 0.5 y el TPDA por tipo de vehículo; lo que da como resultado un total de 16 veh/día, el mismo contiene 14 livianos, 1 bus y 1 pesado. Estos resultados se los puede observar en la Tabla 59.

Tabla 59. Resultados del cálculo de tráfico desarrollado.

Tipo de vehículo	TPDA (veh/día)
Liviano	14
Buses	1
Pesado	1
TOTAL	16

Fuente: Brando Aillón.

3.1.2.5. TPDA aproximado

El resultante de sumar el TPDA actual, atraído, generado y desarrollado corresponde al TPDA aproximado o actual. En este caso al sumar los TPDA calculados anteriormente arrojan un total de 300 vehículos como TPDA aproximado.

Tabla 60. Resultados del cálculo de tráfico aproximado.

Tipo de vehículo	TPDA (veh/día)
Liviano	378
Buses	10
Pesado	18
TOTAL	300

Fuente: Brando Aillón.

3.1.2.6. TPDA futuro

Este valor final se basó en la proyección del diseño vial, la cual fue dispuesta para 20 años. Con el empleo de las tasas de crecimiento otorgadas por el MTOP 2003 se determinaron los índices correspondientes para cada tipo de vehículo en los años

subsiguientes al actual, hasta terminar en el año 2041 que se estima sea el tiempo hasta el cual la obra ofrezca funcionalidad.

Tabla 61. Resultados del cálculo de TPDA futuro.

CRECIMIENTO ANUAL DE TRÁFICO							
Año	Tasa de crecimiento (%)			TPDA por tipo de vehículo			TPDA total
	A	B	C	A	B	C	
2021	3,57	1,78	1,74	378	10	18	406
2022	3,57	1,78	1,74	392	11	19	422
2040	3,25	1,62	1,58	695	14	25	734
2041	3,25	1,62	1,58	717	14	25	756

Fuente: Brando Aillón.

Según la Tabla 61, se obtuvo un TPDA futuro de 756 vehículos, distribuidos en 717 para livianos, 14 buses y 25 de tipo pesado. Además, este resultado de tráfico promedio diario anual proyectado permitió identificar la clase de carretera a la que corresponde el proyecto por su grado de importancia. Al contar con un TPDA entre 300 y 1000 veh se determinó que es una carretera de clase III con función colectora; es decir, su importancia radica en recibir el tráfico de caminos vecinales y presentar características similares a estas últimas si se localizan en zonas rurales. Finalmente, por sus condiciones topográficas escarpadas se categoriza con relieve montañoso.

3.1.3. Estudio de suelos

El análisis de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la vía del proyecto partió de la extracción de muestras en calicatas a cielo abierto cada 500m de distancia a través del eje de la vía, obteniendo 9 estratos representativos que se sometieron a diferentes estudios de suelo resultando los siguientes datos:

3.1.3.1. Contenido de humedad

Tabla 62. Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad del suelo (W%).

Abscisa	Profundidad de excavación (m)	Muestra 1	Muestra 2
4+000	1,20	67,65	64,73
4+500	1,20	63,03	66,14
5+000	1,20	79,61	69,00
5+500	1,20	61,53	71,00
6+000	1,20	59,86	46,74
6+500	1,20	62,03	61,61
7+000	1,20	57,04	53,38
7+500	1,20	57,57	44,46
8+000	1,20	46,40	39,16

Fuente: Brando Aillón.

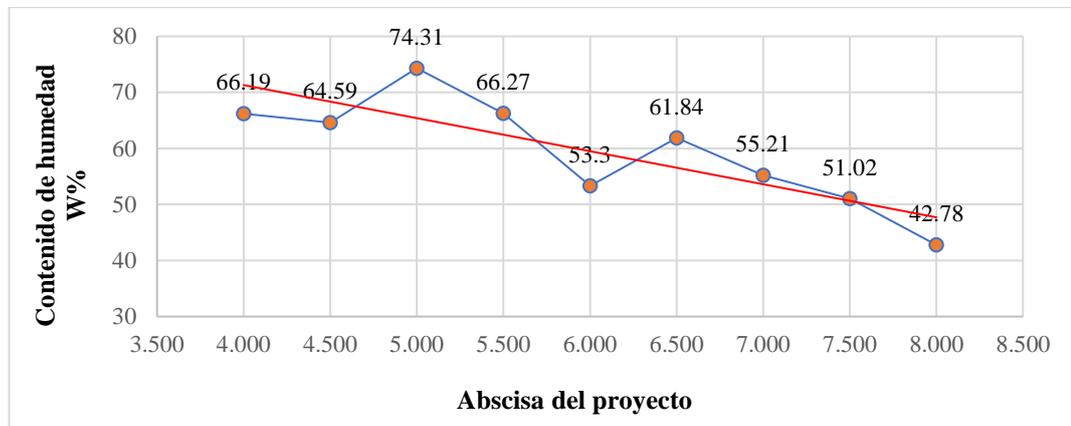


Figura 42. Representación gráfica de resultados del ensayo de contenido de humedad del suelo (W%).

Fuente: Brando Aillón.

En la Tabla 62 se aprecian los resultados obtenidos de este ensayo y su respectiva representación gráfica en la figura 42. Es claro notar que el máximo valor obtenido es de 74,31% para la abscisa 5+000 del proyecto y el menor contenido de humedad se encuentra en la abscisa 8+000 con un porcentaje de 42,78%.

Por otra parte, estos valores presentan una tendencia muy marcada, en donde el contenido de humedad disminuye a medida que incrementa la abscisa del eje vial. Además, los resultados permiten categorizar, de manera preliminar, los estratos como suelos arcillosos y limosos con bajo nivel de plasticidad.

Referirse al Anexo N°3 A para observar a detalle los resultados de este ensayo.

3.1.3.2. Granulometría

Tabla 63. Resumen de resultados del ensayo de granulometría del suelo.

Nº de muestra	Abscisa	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Tipo de suelo según la SUCS
1	4+000	0,00	44,03	55,97	ML
2	4+500	0,00	50,77	49,23	ML
3	5+000	0,00	42,84	57,16	ML
4	5+500	0,00	48,87	51,13	ML
5	6+000	0,00	40,23	59,77	ML
6	6+500	0,00	46,73	53,27	ML
7	7+000	0,00	43,88	56,12	ML
8	7+500	0,00	42,38	57,62	ML
9	8+000	0,00	38,92	61,08	ML

Fuente: Brando Aillón.

En base a la Tabla 63 que recopila los resultados de todas las muestras que se sometieron al ensayo de granulometría, se observa que en la abscisa 4+500 existe mayor cantidad de arena (50,77%), pero con un menor porcentaje de finos con respecto a las demás muestras, igual a 49,23%. Por otra parte, se aprecia menor contenido de arena en el km 8+000 con un porcentaje de 38,92% pero un máximo contenido de finos de 61,08%.

A lo largo de toda la vía se percibe carencia de grava por presentar porcentajes nulos en esta categoría. Además, dado que más del 50% de suelo en cada muestra pasó el tamiz #200 se determinó que el suelo del proyecto corresponde a limos y arcillas. Específicamente, estos datos caracterizan al suelo de las 9 muestras como limo de baja plasticidad según la cartilla de la clasificación SUCS.

En cuanto a los coeficientes de tamaño nominal C_u y C_c , obtenidos de la curva de análisis granulométrico, se identifica que las partículas constituyes del suelo son muy uniformes y bien graduadas, lo cual es característico en suelos finos.

Referirse al Anexo N°3 B para observar a detalle los resultados de este ensayo.

3.1.3.3. Gravedad específica

Tabla 64. Resumen de resultados del ensayo de gravedad específica del suelo.

Abscisa	Profundidad de excavación (m)	Gravedad específica	Tipo de suelo
4+000	1,20	2,87	Arcilla expansiva
4+500	1,20	2,80	Arcilla
5+000	1,20	2,84	Arcilla
5+500	1,20	2,73	Arcilla
6+000	1,20	2,73	Arcilla
6+500	1,20	2,80	Arcilla
7+000	1,20	2,73	Arcilla
7+500	1,20	2,61	Orgánicos
8+000	1,20	2,75	Arcilla

Fuente: Brando Aillón.

El ensayo de gravedad específica determinó un valor promedio de 2,76 para toda la vía de estudio. Además, se percibe que la muestra 1 de la abscisa 4+000 presentó un máximo coeficiente de gravedad específica igual a 2,87. Mientras que, un menor resultado de gravedad específica se obtuvo en la abscisa 7+500 igual a 2,61.

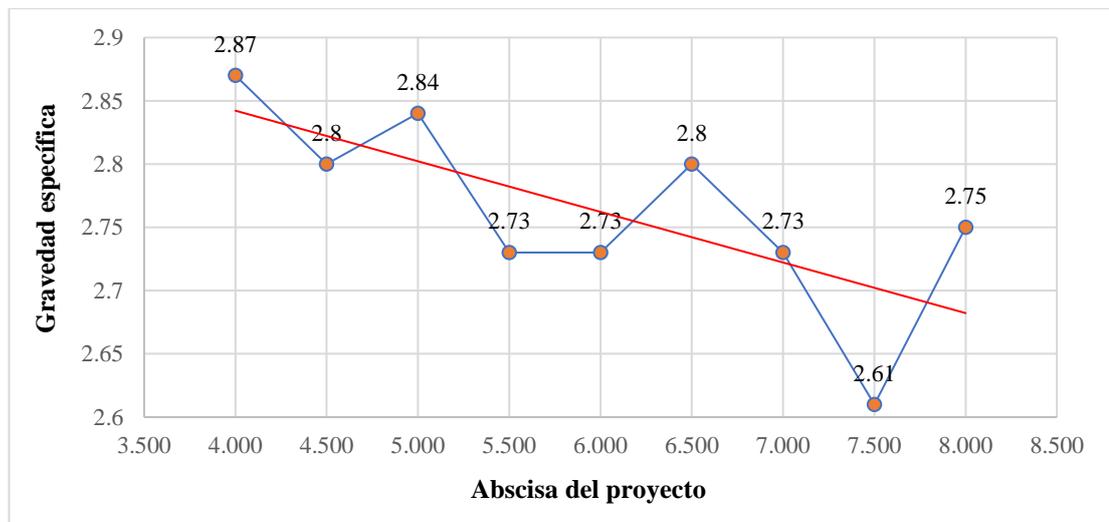


Figura 43. Representación gráfica de resultados del ensayo de gravedad específica del suelo.

Fuente: Brando Aillón.

Por otra parte, se pudo notar que a medida que se avanza con el abscisado del eje del proyecto, la gravedad específica tiende a disminuir gradualmente, como se observa en la figura 43.

Con respecto a este ensayo, Juárez Badillo (2005) menciona que en función de los datos de gravedad específica se puede categorizar el tipo de suelo; por tanto, se tiene suelo con rango característico de arcillas. [41]

Referirse al Anexo N°3 C para observar a detalle los resultados de este ensayo.

3.1.3.4. Límites de Atterberg

Tabla 65. Resumen de resultados de límites de Atterberg del suelo.

N° de muestra	Abscisa	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice plástico (%)	Clasificación del suelo	
					SUCS	AASHTO
1	4+000	48,00	45,12	2,88	ML	A – 5
2	4+500	48,10	44,26	3,84	ML	A – 5
3	5+000	40,00	37,49	2,51	ML	A – 4
4	5+500	41,20	38,51	2,69	ML	A – 5
5	6+000	54,00	49,48	4,52	ML	A – 5
6	6+500	64,50	61,54	2,96	ML	A – 5
7	7+000	68,00	66,84	1,16	ML	A – 5
8	7+500	47,50	43,26	4,24	ML	A – 5
9	8+000	45,80	42,84	2,96	ML	A – 5

Fuente: Brando Aillón.

El procedimiento empleado en este ensayo determinó que todas las muestras de la vía corresponden a limos de baja plasticidad (ML) según la SUCS. Asimismo, según la cartilla de clasificación AASHTO, la mayor parte de estratos se refieren a suelos limosos de tipo A – 5 y A – 4 cuya calidad de subrasante presenta rango de regular a pobre.

De la Tabla 65 se identifica un máximo índice de plasticidad (IP) igual a 4,52% en la muestra 5 perteneciente a la abscisa 6+000, indicando además que presenta un límite líquido de 54,00% para llegar a su resistencia de corte con 25 golpes. En cuanto al límite plástico de esta muestra, el contenido de humedad fue de 49,48% para que el suelo tenga características plásticas previo alcanzar la fricción.

En contraste, la muestra 7 localizada en la abscisa 7+000 resultó tener el menor índice plástico de 1,16%, en la cual el límite líquido fue de 68,00% y un límite plástico muy próximo igual a 66,84%. Su clasificación corresponde a limos de baja plasticidad (SUCS) y suelos limosos (AASHTO).

En general, los resultados para el IP no son tan ínfimos, lo que indica que la frontera semisólida para estas muestras no es muy fácil de sobrepasar y se requerirá altos contenidos de humedad para cambiar las propiedades de consistencia y manejabilidad. Además, la compresibilidad del suelo será alta al momento de compactar en sitio. Referirse al Anexo N°3 D para observar a detalle los resultados de este ensayo.

3.1.3.5. Proctor modificado

Tabla 66. Resumen de resultados de Proctor modificado.

N° de muestra	Abscisa	Densidad máxima (gr/cm ³)	Contenido de humedad óptimo (%)
1	4+000	1,060	54,0
2	4+500	1,100	64,0
3	5+000	1,350	48,0
4	5+500	1,239	47,8
5	6+000	0,862	74,8
6	6+500	1,025	63,6
7	7+000	0,975	60,8
8	7+500	1,030	67,4
9	8+000	0,960	58,8

Fuente: Brando Aillón.

Con el ensayo Proctor modificado en base a la normativa AASHTO T – 180 se obtuvo la información detallada en el Anexo N°3 E, que a su vez se resumen en la Tabla 66. Se determinaron características propias del suelo bajo condiciones de compactación sometidas a diferentes niveles de humedad, lo cual es la base para aplicar posteriormente el ensayo de CBR a cada muestra.

De los resultados mostrados se determinó que en la muestra N°3 extraída de la abscisa 5+000 existe el mayor valor de densidad seca máxima correspondiente a 1,350 gr/cm³ a un porcentaje de humedad óptimo igual a 48,00% al compactarlo en laboratorio. Por otra parte, la muestra #5 de la abscisa 6+000 alcanzó el menor valor de densidad seca máxima con 0,862 gr/cm³ a una humedad óptima de 74,80%.

En base a los ensayos realizados anteriormente y la clasificación del tipo de suelo determinado (limos de baja plasticidad) se establece concordancia con los resultados de humedad óptima puesto que este tipo de estratos requieren altos porcentajes de humedad para alcanzar la densidad seca máxima. En este caso, se tiene un valor

promedio del 60,00% de humedad óptima para compactar el suelo y que alcance una densidad seca máxima aproximada del 1,067 gr/cm³ a lo largo de toda la vía de estudio.

3.1.3.6. Ensayo CBR

Los datos de humedad óptima y peso volumétrico seco obtenidos del ensayo Proctor modificado se emplearon en el ensayo CBR para cada muestra extraída y se compararon los resultados finales con la Tabla 67 propuesta por Crespo Villalaz (2004) en la cual se clasifica la calidad del suelo según el uso que se le dé, y el mismo está ligado directamente a la resistencia al esfuerzo cortante del suelo en condiciones controladas de compactación y humedad (CBR %). [42]

Tabla 67. Clasificación del suelo según el CBR.

CBR (%)	Clasificación	Uso
2 – 5	Muy mala	Subrasante
5 – 8	Mala	Subrasante
8 – 20	Regular – Buena	Subrasante
20 – 30	Excelente	Subrasante
30 – 60	Buena	Subbase
60 – 80	Buena	Base
80 – 100	Excelente	Base

Fuente: "Mecánica de suelos y cimentaciones", Crespo Villalaz, Carlos (2004). [42]

En la Tabla 68 se resume los resultados de este ensayo, determinando que en la abscisa 7+000 correspondiente a la muestra N°7 se obtuvo el menor porcentaje de CBR igual a 5,80% empleada para subrasante y con una calidad mala. Asimismo, se identificó que el máximo valor de CBR se alcanzó con la muestra #3 localizada en la abscisa 5+000 con un porcentaje de 12,75% a la densidad máxima de 1,350 gr/cm³, y clasificada como regular – buena al emplearse como suelo de subrasante.

Tabla 68. Resumen de resultados de CBR del suelo.

N° de muestra	Abscisa	Densidad máxima (gr/cm ³)	90% de Densidad máxima (gr/cm ³)	CBR (%)	Uso	Clasificación
1	4+000	1,060	0,954	7,90	Subrasante	Mala
2	4+500	1,100	0,990	8,60	Subrasante	Regular – Buena
3	5+000	1,350	1,215	12,75	Subrasante	Regular – Buena
4	5+500	1,239	1,115	7,80	Subrasante	Mala

5	6+000	0,862	0,776	8,40	Subrasante	Regular – Buena
6	6+500	1,025	0,923	7,80	Subrasante	Mala
7	7+000	0,975	0,878	5,80	Subrasante	Mala
8	7+500	1,030	0,927	11,10	Subrasante	Regular – Buena
9	8+000	0,960	0,864	8,70	Subrasante	Regular – Buena

Fuente: Brando Aillón.

En general, las muestras evaluadas presentaron porcentajes muy ínfimos de CBR, con un promedio de 8,76%; por tanto, su resistencia al esfuerzo cortante es muy pobre y coincide significativamente con las propiedades indicadas en la cartilla de correlación de la SUCS y AASHTO para limos de baja plasticidad (A – 5).

Además, la representación gráfica de estos resultados, observados en la figura 44, indican claramente que este tipo de suelo se encuentra en la tercera categoría y puede emplearse únicamente como capa de subrasante en estructuras de pavimento, pero con una calidad regular – buena, lo cual hay que tener muy en cuenta para los procesos de diseño y construcción.

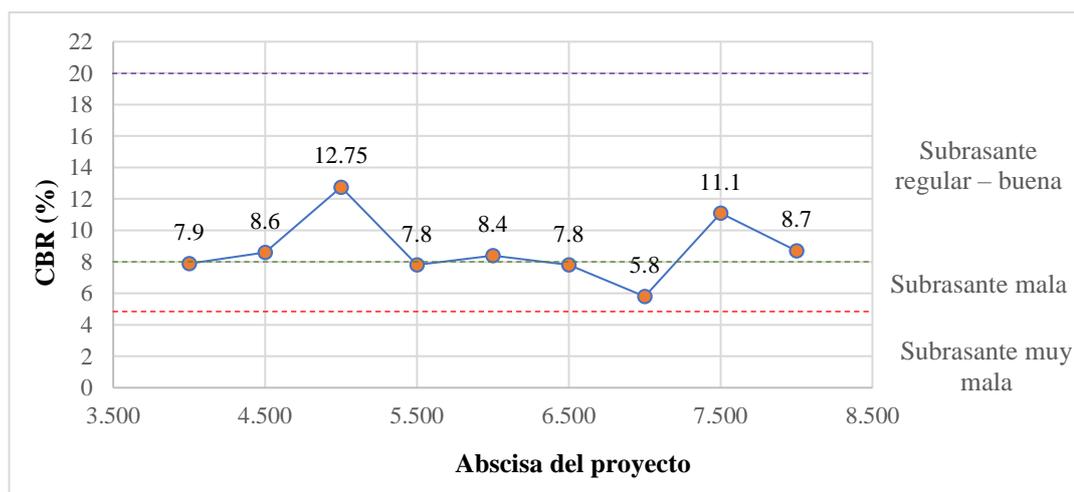


Figura 44. Representación gráfica de resultados del ensayo de CBR del suelo.

Fuente: Brando Aillón.

Referirse al Anexo N°3 F para observar a detalle los resultados de este ensayo.

3.1.3.7. Ensayo de abrasión

Este ensayo regido a la normativa ASTM – 131 no se pudo llevar cabo puesto que el porcentaje de áridos gruesos (granulometría retenida en el tamiz #4) es nulo. De igual

manera, los resultados de ensayos previos concluyeron en que el tipo de suelo del proyecto es limoso, lo cual verifica que este procedimiento se descarta al no ser apto para suelos finos.

3.1.4. Diseño geométrico

3.1.4.1. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es un parámetro que se determinó en función del TPDA futuro calculado, correspondiendo a $756 \frac{Veh}{día}$ y catalogando a la vía como de clase III. Asimismo, la topografía predominante de la zona era escarpada con muchas pendientes variables, definiendo un relieve montañoso. Estos dos datos se compararon con la normativa del MTOP y se identificó una velocidad de diseño igual a 40km/h, tanto para el diseño de elementos del perfil longitudinal y elementos de la sección transversal.

3.1.4.2. Velocidad de recorrido

La ecuación 22 y el resultado del inciso anterior permitió calcular una velocidad de recorrido recomendable de 38,5 km/h. Esta se refiere a la velocidad real que mantendrá el vehículo al estar en movimiento en algún tramo de la carretera del presente proyecto.

3.1.4.3. Alineamiento horizontal

3.1.4.3.1. Tramos en tangentes

La aplicación de las ecuaciones propuestas por el MTOP en cuanto a diseño geométrico horizontal permitió determinar longitudes de tangentes apropiadas que garantizan seguridad de circulación al evitar tramos rectos de grandes dimensiones (causa potencial de accidentes por somnolencia). El resultado de cálculo de longitud mínima para alineamientos entre radios de curvas de sentido contrario fue de 55,60 m; mientras que, la longitud mínima entre radios de curvas del mismo sentido correspondió a 111,20 m. Finalmente, la longitud máxima deseable para tramos rectos de este proyecto es de 668,00 m.

3.1.4.3.2. Coeficiente de fricción lateral (f)

El coeficiente de fricción (f) requerido para que el vehículo mantenga un equilibrio sin perder dirección ni control al ingresar a un tramo curvo fue de 0,17. Este valor se basó en la velocidad de diseño y la ubicación de la vía, en este caso el proyecto se localiza en un área rural de topografía accidentada o montañosa.

3.1.4.3.3. Radio mínimo de curvatura

A partir de la ecuación 26 se calculó un radio mínimo de curvatura igual a 38.18 m y se recomienda emplear un valor de 38 m. En la siguiente tabla puede verificarse que el radio de curvatura adoptado en cada abscisa de la vía cumple en su gran mayoría salvo ciertos casos puntuales en los que por la topografía existente era imposible adoptar un radio de curvatura mínimo indicado, sitios en los cuales se deberá colocar su debida señalética indicado las curvas pronunciadas; por tanto, se comprueba que este parámetro de diseño está correctamente aplicado.

Tabla 69. Radio de curvatura con su respectivo abscisado.

Abscisa	Radio de curvatura (m)
4+043	40
4+094	40
4+147	10
4+186	40
4+325	110
4+514	110
4+597	49.05
4+650	52.45
4+819	110
4+905	50
5+017	110
5+094	110
5+109	110
5+238	110
5+368	110
5+450	110
5+526	68.45
5+534	110
5+636	110
5+678	70
5+728	110
5+769	70

5+900	110
5+989	110
6+110	110
6+214	110
6+302	110
6+406	110
6+458	110
6+620	60
6+657	60
6+697	16.57
6+741	30
6+820	50
6+866	50
7+022	110
7+108	110
7+221	110
7+252	50
7+347	61.72
7+451	110
7+609	140.81
7+660	110
7+720	110
7+989	110

Fuente: Brando Aillón.

3.1.4.3.4. Distancias de visibilidad

3.1.4.3.4.1. Visibilidad de parada

Para garantizar un recorrido seguro y cómodo se requiere de una distancia mínima con la cual el conductor pueda detenerse sin dificultad cuando lo necesite. De esta manera, se estimó previamente un valor de 0,385 como coeficiente de fricción longitudinal que facilitó el cálculo de la distancia de visibilidad de parada con la ecuación 28, obteniendo como resultado 42 m.

3.1.4.3.4.2. Visibilidad de rebasamiento

Con la ecuación 29 se calculó la distancia mínima de rebasamiento (longitud de seguridad requerida para que un vehículo pueda adelantarse a otro dentro de su mismo carril) obteniendo 150 m. Sin embargo, se empleó el valor normado de 270 m, el cual es recomendado por el MTOP 2003 para carreteras de clase III con terreno montañoso.

3.1.4.3.5. Peralte (e)

Según la Tabla 33 y demás normativas propuestas por el MTOP, se estableció un peralte máximo de 6%, pendiente transversal igual a 15% y una gradiente longitudinal de 7% para la vía del proyecto.

3.1.4.3.6. Sobreancho (S)

El valor de 30cm para sobreancho fue adoptado en función de la velocidad de diseño, la cual no supera los 50 km/h.

3.1.4.3.7. Longitud de transición

La distancia mínima para cambiar de pendientes transversales entre un tramo recto y uno peraltado fue de 22m. Asimismo, se estableció un valor de 2% como pendiente de bombeo.

3.1.4.3.8. Longitud de aplanamiento

La longitud requerida para que el carril pierda su bombeo (se aplane) en base al eje de rotación de la vía se calculó con la ecuación 31 y en función de la longitud de transición, obteniendo 7 m.

3.1.4.4. Alineamiento vertical

3.1.4.4.1. Gradiente

Dado que la carretera del proyecto es de clase III con topografía de terreno montañoso, la normativa del MTOP establece una gradiente máxima de 9% y mínima de 0,5%. Estos valores pueden variar sin inconvenientes según la longitud máxima del tramo mostrados en la Tabla 35.

3.1.4.4.2. Curvas verticales

3.1.4.4.2.1. Curva convexa

Según el MTOP, el coeficiente K para este tipo de curva vertical es 4, calculando con la ecuación 32 una longitud mínima a la que se regirán las curvas convexas igual a 24m en todo el proyecto vial.

3.1.4.4.2. Curva cóncava

En este caso, el coeficiente K fue de 6 y siguiendo el mismo procedimiento del apartado anterior, se calculó una longitud mínima de 24m. El alineamiento vertical se realizó con valores superiores a los calculados para cumplir la normativa y ofrecer un diseño correcto.

En el Anexo N°4 se puede observar a detalle los volúmenes de obra obtenidos en cuanto al área y volumen de corte y relleno para cada abscisa de la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000, perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

3.1.4.5. Secciones transversales típicas

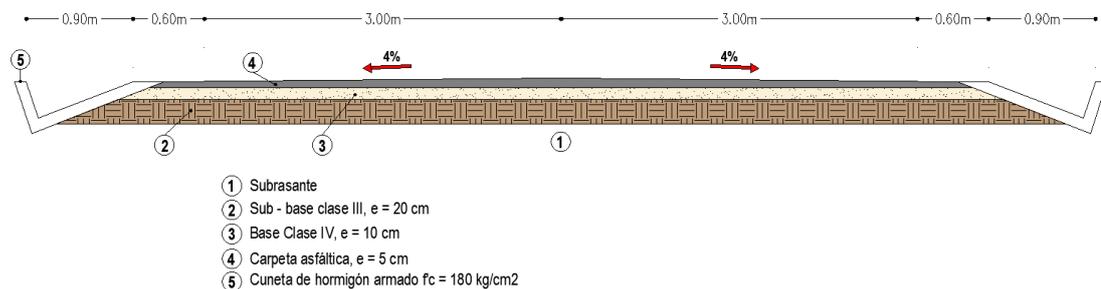


Figura 45. Sección transversal de la vía.

Fuente: Brando Aillón.

3.1.4.5.1. Calzada

En función del TPDA futuro ($756 \frac{\text{Veh}}{\text{día}}$) y un relieve montañoso con topografía accidentada, se establece un valor absoluto de 6,00 m como ancho de la calzada para todo el tramo vial, conformado por dos carriles de sentido contrario con un ancho de 3,00 m cada uno.

3.1.4.5.2. Espaldón

El ancho destinado para el espaldón es de 0,60m, considerando que el valor mínimo es de 0,50m para vías de clase III con terreno montañoso. Además, el MTOP define una gradiente transversal del 4%.

3.1.5. Diseño de obras de arte

3.1.5.1. Cunetas

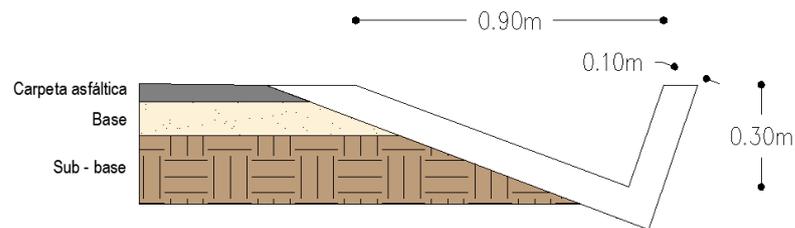


Figura 46. Sección de cuneta.

Fuente: Brando Aillón.

Las cunetas se establecieron como mecanismos para drenar el líquido superficial de la estructura vial y se ubican en los extremos de los espaldones a lo largo de todo el tramo de la carretera. Su diseño se basa en una forma triangular construida en hormigón de $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ y presenta los parámetros mostrados en la Tabla 72.

Tabla 70. Parámetros de diseño para cuneta.

Parámetro	Valor
Ancho	0,90 m
Altura	0,30 m
Espesor	0,10 m
Área	0,14 m ²
Perímetro mojado	1,25 m
Radio hidráulico	0,11 m
Velocidad según Manning	4,30 m/s
Caudal admisible	0,60 m ³ /s
Caudal desalojado	0,29 m ³ /s

Fuente: Brando Aillón.

Se puede verificar que el diseño es el óptimo, puesto que el caudal calculado (admisible) es mayor al caudal desalojado; por tanto, el dimensionamiento de la cuneta

garantiza un correcto drenaje y evacuación del agua de escorrentía superficial que se tiene en la zona.

3.1.6. Diseño de pavimentos

3.1.6.1. Periodo de diseño

El sistema vial incluye una capa de rodadura en la superficie, diseñada según la normativa AASHTO – 93 y estableciendo una vida útil de la carretera de 20 años por presentar bajo volumen pavimentado e ínfimo número de ejes equivalentes en la vía actualmente.

3.1.6.2. Factor de daño (Fd)

En base al método de la cuarta potencia se determinó el nivel de afectación causado por vehículos que transitan en la vía y se identificó que el vehículo más pesado que circula en la hora de máxima demanda es el de tipo 2DA. Siendo así, se calculó que el factor de daño para buses es 1,041 y para vehículos pesados es 0,574.

3.1.6.3. Factor de distribución por dirección (Dd)

Dado que la vía del proyecto se constituye por dos sentidos de dirección (ida y regreso) se establece un factor de distribución de 0,50. Es decir, la mitad del flujo vehicular total se conduce en cada dirección.

3.1.6.4. Factor de distribución por carril (Fc)

El carril de diseño se determina según el factor de distribución por carril. Considerando que se tiene únicamente un carril en cada sentido a lo largo de todo el tramo de la vía, el Fc del proyecto fue igual a 1,00.

3.1.6.5. Determinación de número de ejes equivalentes W_{18}

A partir de la ecuación 43 se calculó el número de ejes equivalentes con la proyección hasta 20 años que corresponde al periodo de diseño. Consecuentemente, para el año 2041 se obtuvo un W_{18} total de 10557,26 y W_{18} por sentido igual a 96679,01.

3.1.6.6. Confiabilidad (R)

El grado de incertidumbre o seguridad esperado en el diseño vial fue del 85%, considerando que se trata de una vía tipo III de clase colectoras de zona rural.

3.1.6.7. Desviación estándar (Zr)

Según el resultado del inciso anterior, se estableció una desviación estándar normal de -1,037.

3.1.6.8. Desviación estándar global (So)

El error estándar So se adoptó con un valor de 0,45 según la AASHTO – 93, para tomar en cuenta las variaciones que se presentan en el comportamiento de la estructura del pavimento o del flujo vehicular.

3.1.6.9. Índice de serviciabilidad

Se estableció un índice de serviciabilidad inicial para la estructura del pavimento de 4,2 al considerarse el de tipo flexible. Además, la serviciabilidad final fue de 2,0 porque la carretera es de importancia baja debido al ínfimo número de ejes equivalentes. Con estos valores se calculó un índice de serviciabilidad (PSI) de 2,2 para la vía estudiada.

Es importante mencionar que los usuarios de vehículos no suelen categorizar el estado del pavimento por las fallas presentes, condición de la estructura o fricción superficial, sino más bien la clasifican según la calidad de circulación que les ofrece. Por tanto, la Tabla 73 propuesta por la AASHTO cataloga una carretera según su PSI, teniendo que la condición para la vía del presente proyecto es regular.

Tabla 71. Condición de los niveles de serviciabilidad del pavimento.

PSI	Condición
0 – 1	Muy pobre
1 – 2	Pobre
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy buena

3.1.6.10. CBR de diseño

Mediante el método de percentiles se estableció un CBR de diseño del 8,22%, el mismo que se clasifica con una calidad de regular – buena para subrasante según la Tabla 67. Por tanto, para el diseño se propone incrementar el espesor de la capa de subbase en lugar de un mejoramiento de subrasante por los costos económicos que acarrea.

3.1.6.11. Módulo de resiliencia

La ecuación 47 proporcionada por la AASHTO – 93 y empleada para casos en los que el CBR está comprendido entre 7 – 20%, dio como resultado un módulo resiliente de la subrasante igual a 11,8 ksi.

3.1.6.12. Capacidad de drenaje

Una vez que se analizaron las condiciones climáticas de la zona y se realizaron visitas in situ, se estableció una calidad de drenaje regular del terreno y un porcentaje aproximado de 25% de tiempo en que la capa superficial del pavimento estará en contacto con humedad. Por tanto, la capacidad de drenaje obtenida fue del 0,90.

3.1.6.13. Coeficientes estructurales

Empleando los ábacos de la normativa AASHTO – 93 para cada coeficiente estructural, se determinó un valor de 0,41 para el coeficiente a_1 referido a la mezcla asfáltica con módulo resiliente de 395 ksi. Por otra parte, el coeficiente a_2 de la base granular fue de 0,13 al considerar un CBR mínimo del 80% para la capa base según lo estipulado por la normativa MTOP. El módulo resiliente respectivo fue de 28,8 ksi. Finalmente, el coeficiente estructural de la subbase (a_3) fue del 0,11, determinando un CBR mínimo del 30% para esta capa. Asimismo, su módulo resiliente es de 14,9 ksi.

3.1.6.14. Número estructural

Los parámetros calculados anteriormente y el empleo del software “Ecuación AASHTO – 93” elaborado por Luis Ricardo Vásquez Varela (2004) permitió obtener un valor de 1,88 como SN total requerido.

3.1.6.15. Espesor de capas

Con el método AASHTO – 93 se calcularon los espesores de cada capa y posteriormente se planteó una propuesta basándose en la Tabla 52 que muestra los espesores mínimos normados de la estructura del pavimento. En la siguiente figura se observa el planteamiento final del diseño, destacando los espesores de cada capa que conforman la estructura vial con sus respectivos números estructurales.

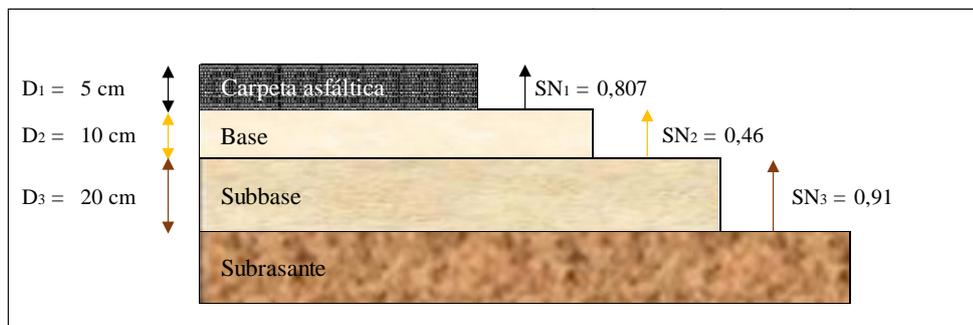


Figura 47. Espesores de la estructura del pavimento.

Fuente: Brando Aillón.

Posteriormente, se calculó un SN real de 2,18 tomando en cuenta los espesores propuestos y se verificó que el diseño satisface todos los requerimientos, dado que el $SN_{\text{calculado}}$ es superior al $SN_{\text{requerido}}$.

Por tanto, se contempla que la estructura del pavimento es la correcta y los espesores cumplen la normativa vigente, a más de ofrecer economía en la construcción del proyecto.

3.1.7. Presupuesto referencial

Para demostrar la capacidad de ejecución de la propuesta de diseño vial se elaboró un presupuesto referencial que incluye las actividades preliminares, obra vial y de drenaje, así como los rubros para señalética. De esta manera, se estableció que el proyecto técnico referido a la ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 a 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi tiene un costo total de \$894622.03 (Ochocientos noventa y cuatro mil seiscientos veinte y dos, 03/100 dólares), calculando un valor de \$223655.51 por cada kilómetro del proyecto.

Tabla 72. Presupuesto referencial

	Institución:	Universidad Técnica de Ambato.	
	Proyecto:	Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.	
	Ubicación:	Cantón Pangua, provincia de Cotopaxi.	
	Elaborado:	Brando Ariel Aillón Maroto.	

Tabla de descripción de rubros, unidades, cantidades y precios					
No.	Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
A	ACTIVIDADES PRELIMINARES				
1	Limpieza y desbroce	Ha	5.40	472.86	2553.44
2	Replanteo y nivelación lineal	km	4.00	619.60	2478.40
B	OBRA VIAL				
3	Excavación sin clasificar con maquinaria, incluye desalojo	m ³	29326.30	3.01	88272.16
4	Relleno compactado con material de sitio	m ³	13289.94	4.43	58874.43
5	Excavación para cunetas, incluye desalojo	m ³	1320.00	21.73	28683.60
6	Sub - base clase III, tendido y compactado	m ³	4800.00	22.88	109824.00
7	Base clase IV, tendido y compactado	m ³	2400.00	25.94	62256.00
8	Carpeta asfáltica mezcla en planta e=5cm, incluye transporte	m ²	24000.00	10.48	251520.00
9	Imprimación asfáltica	lt	48000.00	0.62	29760.00
C	DRENAJE				
10	Cuneta de hormigón simple, fc=180 kg/cm ²	ml	8000.00	14.20	113600.00
L	SEÑALÉTICA				
11	Línea divisoria de carril color amarillo, ancho 10cm	ml	4000.00	0.66	2640.00
12	Línea de borde de carril color blanco, ancho 10cm	ml	8000.00	0.66	5280.00
E	DESALOJO				
13	Transporte de material de excavación	m ³ *km	448000.00	0.31	138880.00
				TOTAL:	894622.03
<p>SON: Ochocientos noventa y cuatro mil seiscientos veinte y dos, 03/100</p> <p>Brando Ariel Aillón Maroto</p> <p>ELABORADO</p>					

Fuente: Brando Aillón.

Referirse al Anexo N°5 para observar el análisis de precios unitarios, APU's, de este presupuesto.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se realizó un levantamiento topográfico de la vía existente El Limón – El Deseo entre las abscisas 4+000 y 8+000 empleando una estación total y determinando un relieve escarpado en la zona con pendientes variables que oscilaron entre 1 – 15%. Además, la sección transversal de la vía en estudio fue de 4 metros de ancho con material granular rocoso y tierra natural mezclada y distribuida irregularmente.
- A partir de un conteo vehicular de tipo manual se analizó el tipo de carga vehicular a la que está sometido el tramo del presente proyecto y se estableció un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) actual igual a 300 vehículos. Asimismo, se calculó un TPDA futuro de 756 vehículos proyectando el diseño vial para 20 años; y, por tanto, esta carretera se catalogó como de clase III con función colectora, cuya importancia radicará en recibir el tráfico de caminos vecinales.
- Se examinaron las características del suelo a partir de estudios de laboratorio realizados a 9 estratos representativos extraídos de la vía. En cuanto a propiedades físicas, se determinó que el valor más crítico para contenido de humedad es de 74,31%; el máximo coeficiente de gravedad específica correspondió a 2,87 y un promedio de 2,76; el análisis granulométrico identificó mayor contenido de finos en cada muestra con partículas uniformes y bien graduadas; y, con los límites de Atterberg se obtuvo el mínimo IP de 1,16%, a más de clasificar a todas las muestras como limos de baja plasticidad (ML) según la SUCS y como suelos limosos de tipo A – 5 y A – 4 en base a la cartilla de clasificación AASHTO.
- En cuanto a las propiedades mecánicas del suelo estudiado, se estableció que la muestra extraída de la abscisa 5+000 presenta mayor valor de densidad seca

máxima correspondiente a $1,350 \text{ gr/cm}^3$ a un porcentaje de humedad óptimo igual a 48,00% y que la muestra de la abscisa 6+000 alcanzó el menor valor de densidad seca máxima con $0,862 \text{ gr/cm}^3$ a una humedad óptima de 74,80%. Por otra parte, las muestras evaluadas presentaron porcentajes muy ínfimos de CBR, con un promedio de 8,76%; por tanto, su resistencia al esfuerzo cortante es muy pobre con una clasificación de subrasante regular – buena.

- Se identificó una velocidad de diseño de 40km/h para el proyecto y 38,5km/h como velocidad de recorrido, lo cual permitió llevar a cabo un diseño horizontal que incluyó un tramo mínimo de tangentes de 111,20m y máximo de 668m; radio mínimo de curvatura igual a 38m; distancia de visibilidad de parada de 42m y distancia de visibilidad de rebasamiento de 270m; peralte máximo de 6%, gradiente longitudinal de 7% y sobreebancho de 30cm. Por otro lado, el alineamiento vertical estableció gradientes entre 0,5% – 9% y una sección transversal comprendida por una calzada con dos carriles de sentido contrario con ancho de 3m cada uno y espaldón de 0,60m.
- Se diseñó la capa de rodadura de la vía en función de la AASHTO – 93 para un pavimento flexible con una vida útil de 20 años y calculando ejes equivalentes W_{18} por sentido igual a 96679,01 y un 8,22% como CBR de diseño. Se obtuvo un número estructural total real de 2,18 y se propuso una estructura vial con espesor de 5cm para la carpeta asfáltica, 10cm para la base y 20cm para la subbase.
- Se evidenció carencia total de obras de arte mayor y menor a lo largo del tramo de carretera estudiado; por lo cual, se realizó el diseño hidráulico de cunetas como sistemas de drenaje que incluyeron una geometría de forma triangular con 0,90m de ancho, 0,30m de altura, 0,10m de espesor y construida en hormigón de $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$. Además, no fue necesario incluir redes de alcantarillado, puentes, pontones o badenes para drenar el líquido superficial de la calzada.
- Se determinó el presupuesto referencial del tramo de la vía incorporando las actividades preliminares, obra vial y de drenaje, así como los rubros para

señalética, obteniendo un costo monetario total de \$894622.03 (Ochocientos noventa y cuatro mil seiscientos veinte y dos, 03/100 dólares), y calculando un valor de \$223655.51 por cada kilómetro del proyecto. Este valor prueba la factibilidad de realización del proyecto según las necesidades requeridas para los moradores del lugar.

- Finalmente, se rectificó la vía El Limón – El Deseo en el tramo 4+000 a 8+000, perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi, a partir de un estudio de tránsito y análisis de suelo preliminar para rediseñar geoméricamente el tramo de carretera correspondiente y proponer un diseño de pavimentos y obras de drenaje para vía de tipo III.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda implementar un plan de conservación vial e invertir recursos necesarios para ejecutar inspecciones consecutivas en vías de diferente orden, con el fin de desarrollar acciones oportunas que eviten el deterioro prematuro de la estructura vial y de los componentes que lo conforman.
- Se sugiere llevar a cabo un mejoramiento de la calidad de la subrasante con estudios posteriores y análisis de costos para el tramo de las abscisas 5+500 a 7+000, las cuales presentaron valores de CBR muy bajos que podrían afectar a la estructura final del pavimento.
- Es necesario brindar información oportuna y completa a los moradores de la zona para que tengan pleno conocimiento de la propuesta vial realizada y de las actividades que conlleva la puesta en marcha del proyecto, de manera que, no existan inconvenientes durante los procesos constructivos y se puedan desarrollar en conjunto con la comunidad.
- Se invita a profesionales de la construcción, compañeros y colegas a proponer proyectos de investigación técnicos que integren estudios de suelos y evaluación de la factibilidad de llevar a cabo rediseños viales en zonas rurales y alejadas en donde las comunidades requieren mejorar sus condiciones de vida, sobre todo, en cuestión de movilidad y comunicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GAD Municipal del cantón Pangua, “Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pangua.” Pangua, 2018.
- [2] A. F. Bautista, “Análisis de accesibilidad y conectividad de la red vial intermunicipal en el micro-sistema regional de la provincia Centro en Boyacá, Colombia,” *Perspect. Geográfica*, vol. 23, no. 1, pp. 123–141, Jun. 2018, doi: 10.19053/01233769.8058.
- [3] X. Palomas - Molina and L. Álvarez - Icaza, “Selección de alternativas de inversión en la construcción de obras viales en la ciudad de México,” *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. XI, pp. 413–422, 2010.
- [4] H. Barajas Bustillos and L. Gutiérrez Flores, “La importancia de la infraestructura física en el crecimiento económico de los municipios de la frontera norte,” *Estud. Front.*, vol. 13, 2012.
- [5] J. C. Castro-Moreira and M. A. Vélez-Gilces, “La importancia de la topografía en las ingenierías y arquitectura,” *Polo del Conoc.*, vol. 2, no. 7, p. 1071, Jul. 2017, doi: 10.23857/pc.v2i7.331.
- [6] C. M. Frau, L. M. Pino, Y. O. Rojas, and Y. M. Hernández, “Modelamiento geométrico del cambio de coordenadas UTM causadas por mudanza de referencial geodésico: Caso Sirgas - Chile,” *Bol. Ciências Geodésicas*, vol. 18, no. 4, pp. 583–604, Dec. 2012, doi: 10.1590/S1982-21702012000400005.
- [7] S. Ibáñez Asensio, J. Gisbert Blanquer, and H. Moreno Ramón, “El sistema de coordenadas UTM.” Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- [8] M. Rincón Villarba, W. Vargas Vargas, and C. Gonzáles Vergara, *Topografía: Conceptos y aplicaciones*. Ecoe Ediciones, 2017. [Online]. Available: <https://books.google.com.pe/books?id=3K5JDwAAQBAJ>
- [9] S. Navarro Hudiel, “Topografía II: Movimiento de tierras,” 2008.

- [10] E. Niño Niño, “Determinación de la exactitud de una superficie digital del terreno con el uso de perfiles,” *Tecnura*, vol. 14, pp. 69–74, 2010.
- [11] Grupo de Ingeniería Gráfica y Simulación, “Altimetría de obras.” Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, p. 15.
- [12] A. Bouhaloufa, K. Zellat, and T. Kadri, “La evaluación probabilística del Flujo de Tráfico y Seguridad de Puentes,” *Rev. Ing. construcción*, vol. 33, no. 2, pp. 147–154, Aug. 2018, doi: 10.4067/S0718-50732018000200147.
- [13] S. Barreto Cedeño, J. Banguera Garces, and J. Córdova Rizo, “Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método AASHTO 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos,” *Univ. y Soc.*, vol. 10, pp. 59–68, 2018.
- [14] A. Mora, “ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN AVENIDA 25 DE JUNIO Y CARRERA 23 DE ABRIL DEL CANTÓN MACHALA,” Universidad Técnica de Machala, 2020.
- [15] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, “Normas de diseño geométrico de carreteras.” MTOP, Quito, 2003.
- [16] J. Cárdenas Grisales, *Diseño geométrico de carreteras*, 2°. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2013.
- [17] C. C. Guerrero and L. G. Cruz Velasco, “Experimental study of Colombian volcanic ash soil classification in the Colombian southwest with SUCS, AASHTO method and a new classification method,” *Ing. y Desarro.*, vol. 36, no. 2, pp. 378–397, Jul. 2018, doi: 10.14482/inde.36.2.10377.
- [18] L. Borselli, “Geotecnia I.” Universidad Autónoma de San Luis Potosí, p. 78, 2022.
- [19] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862.” INEN, Quito, 2011.

- [20] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696.” INEN, Quito, 2011.
- [21] Universidad Centroamericana, “ANÁLISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS POR TAMIZADO EN AGREGADO FINO Y GRUESO Y DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ No. 200 EN AGREGADO MINERAL POR LAVADO.” UCA, El Salvador, p. 15, 2013.
- [22] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 857.” INEN, Quito, 2010.
- [23] J. M. de los D. Hernández-Sánchez, B. Figueroa-Sandoval, and M. R. Martínez Menes, “Propiedades físicas del suelo y su relación con la plasticidad en un sistema bajo labranza tradicional y no labranza,” *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, no. 22, pp. 53–61, Apr. 2019, doi: 10.29312/remexca.v0i22.1858.
- [24] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2301.” INEN, Quito, 2001.
- [25] E. A. Sandoval Vallejo and W. A. Rivera Mena, “Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfnada,” *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 29, no. 1, pp. 135–152, Aug. 2019, doi: 10.18359/rcin.3478.
- [26] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 860.” INEN, Quito, 2011.
- [27] Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, *Manual de carreteras: Diseño geométrico*. Perú, 2014.
- [28] L. Macea-Mercado, L. Morales, and L. Márquez-Díaz, “Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo,” *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. 17, pp. 223–235, 2016.
- [29] G. S. R. Massenlli and C. E. L. de Paiva, “Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 27, no. 4, pp. 613–624, Dec. 2019, doi: 10.4067/S0718-148

33052019000400613.

- [30] A. Ortiz, “Instructivo del proceso constructivo de una vía en pavimento flexible.” Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, p. 22, 2017.
- [31] R. A. Guerra Rojas, “Behavior analysis of maximum stresses induced in rigid pavements due to partial replacement of slabs,” *ITECKNE*, vol. 17, no. 2, Nov. 2020, doi: 10.15332/iteckne.v17i2.2470.
- [32] E. Barajas and B. Buitrago, “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LOS PAVIMENTOS O MANTENIMIENTO VIAL LA CIUDAD DE BOGOTÁ CON LA CIUDAD DE SAO PAULO.” Universidad Católica de Colombia, Bogotá, p. 76, 2017.
- [33] Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, “Construcción de pavimentos rígidos.” APC, Paraguay, 2019.
- [34] F. Portilla, Montalván Janina, and L. Bonilla, “Programación y procesamiento de datos en lenguaje de Python para la determinación de análisis de precios unitarios y presupuesto, para construcción de obras civiles,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [35] E. Gómez-Luna, D. Fernando-Navas, G. Aponte-Mayor, and L. Betancourt-Buitrago, “Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización,” *Dyna*, vol. 81, pp. 158–163, 2014.
- [36] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, and P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, Sexta. México: McGRAW-HILL, 2014.
- [37] A. Vélez-Tamay, V. Carriel, and Y. Castillo-Ortega, “Índice de Desarrollo Local para Ecuador con datos del 2010,” *Rev. Desarro. y Soc.*, no. 88, pp. 83–127, Jul. 2021, doi: 10.13043/DYS.88.3.
- [38] Gobierno Nacional de la República del Ecuador, “Cotopaxi,” in *Guía de bienes culturales del Ecuador*, Quito: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2011.

- [39] J. P. Gualpa, “Ampliación de la vía El Limón - El Deseo tramo 12+000 a 16+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi,” Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [40] AASHTO - 93, “Diseño de pavimentos AASHTO - 93.” American Association of State Highway and Transportation Official, 1993.
- [41] E. Juárez Badillo, *Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. México: Limusa, 2005.
- [42] C. Crespo Villalaz, *Mecánica de suelos y cimentaciones*, 5a ed. México: Limusa, 2004.

ANEXOS

Anexo N° 1: Fotografías



Figura 48. Levantamiento topográfico

Fuente: Brando Aillón.



Figura 49. Extracción de muestra de suelo para analizar en laboratorio.

Fuente: Brando Aillón.



Figura 50. Realización de ensayos de suelos, granulometría.

Fuente: Brando Aillón.



Figura 51. Realización de ensayos de suelos, límites de Atterberg.

Fuente: Brando Aillón.



Figura 52. Realización de ensayos de suelos, Proctor modificado.

Fuente: Brando Aillón.

Anexo N° 2: Conteo de tráfico e identificación vehicular

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
CONTEO DE TRÁFICO						CONTADOR: Brando Aillón					
CONTEO DE TRÁFICO											
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:		EL LIMON				Fecha:	15/11/2021	
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS						TOTAL	Acumulado por hora	
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total			
6:00-6:15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
6:15-6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6:30-6:45	7	5	0	0	0	0	0	0	0	12	
6:45-7:00	3	6	0	0	0	0	0	0	0	9	26
7:00-7:15	5	2	0	0	0	0	0	0	0	7	28
7:15-7:30	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5	33
7:30-7:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	23
7:45-8:00	6	5	0	0	0	0	0	0	0	11	25
8:00-8:15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	19
8:15-8:30	4	2	0	0	0	0	0	0	0	6	20
8:30-8:45	5	4	3	0	0	0	2	0	5	14	32
8:45-9:00	4	3	0	0	0	0	0	0	0	7	28
9:00-9:15	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6	33
9:15-9:30	4		0	0	0	0	0	0	3	7	34
9:30-9:45	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	25
9:45-10:00	3	6	0	0	0	1	0	0	1	10	28
10:00-10:15	2	2	2	0	0	0	0	0	2	6	28
10:15-10:30	3	3	0	0	0	0	0	0	0	6	27
10:30-10:45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	25
10:45-11:00	5	5	0	0	0	0	0	0	0	10	25
11:00-11:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	22
11:15-11:30	5	2	0	0	0	0	0	3	3	10	26
11:30-11:45	5	4	0	0	0	0	0	0	0	9	32
11:45-12:00	0	3	1	0	0	0	2	0	3	6	28
12:00-12:15	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6	31
12:15-12:30	3		0	0	0	1	0	0	1	4	25
12:30-12:45	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	21
12:45-13:00	4	6	0	0	0	0	0	0	0	10	25
13:00-13:15	3	2	0	0	0	0	0	1	1	6	25
13:15-13:30	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5	26
13:30-13:45	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	23
13:45-14:00	4	5	0	0	0	0	0	0	0	9	22
14:00-14:15	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	20
14:15-14:30	8	2	0	0	0	0	0	0	0	10	25
14:30-14:45	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6	29
14:45-15:00	4	3	0	0	0	0	0	0	0	7	27
15:00-15:15	11	4	0	0	0	0	0	0	0	15	38
15:15-15:30	4		0	0	0	0	0	0	0	4	32
15:30-15:45	9	5	0	1	0	0	0	0	1	15	41
15:45-16:00	3	6	0	1	0	0	0	0	1	10	44
16:00-16:15	14	2	0	0	0	0	0	0	0	16	45
16:15-16:30	9	3	0	0	0	0	0	0	0	12	53
16:30-16:45	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	42
16:45-17:00	8	5	0	0	0	0	0	0	0	13	45
17:00-17:15	12	1	0	0	0	0	0	0	0	13	42
17:15-17:30	6	2	0	0	0	0	0	0	0	8	38
17:30-17:45	5	4	0	0	0	0	0	0	0	9	43
17:45-18:00	4	3	0	0	0	0	0	0	0	7	37

Elaborado por: Brando Aillón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
CONTEO DE TRÁFICO						CONTADOR: Brando Aillón						
CONTEO DE TRÁFICO												
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:		EL LIMON					Fecha:	16/11/2021	
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS					Total	TOTAL	Acumulado por hora		
			2D	2DA	2DB	3A	V3A					
6:00-6:15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
6:15-6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6:30-6:45	7	1	0	0	0	0	0	0	0	8		
6:45-7:00	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
7:00-7:15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5		
7:15-7:30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
7:30-7:45	1	0	4	2	0	0	0	0	6	7		
7:45-8:00	6	4	0	0	0	0	0	0	0	10		
8:00-8:15	0	3	0	1	0	0	0	0	1	4		
8:15-8:30	4	2	0	0	0	0	0	0	0	6		
8:30-8:45	5	2	3	0	0	0	2	0	5	12		
8:45-9:00	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5		
9:00-9:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3		
9:15-9:30	4	1	0	0	0	0	0	0	3	8		
9:30-9:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9:45-10:00	3	0	0	0	0	1	0	0	1	4		
10:00-10:15	2	0	2	0	0	0	0	0	2	4		
10:15-10:30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4		
10:30-10:45	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4		
10:45-11:00	5	2	0	0	0	0	0	0	0	7		
11:00-11:15	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5		
11:15-11:30	5	3	0	0	0	0	0	3	3	11		
11:30-11:45	5	3	0	0	0	0	0	0	0	8		
11:45-12:00	0	1	1	0	0	0	2	0	3	4		
12:00-12:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3		
12:15-12:30	3	1	0	0	0	1	0	0	1	5		
12:30-12:45	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
12:45-13:00	4	1	1	0	0	0	0	0	1	6		
13:00-13:15	3	0	0	0	0	0	0	1	1	4		
13:15-13:30	2	2	2	0	0	0	0	0	2	6		
13:30-13:45	0	2	0	1	0	0	0	0	1	3		
13:45-14:00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
14:00-14:15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
14:15-14:30	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
14:30-14:45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
14:45-15:00	4	2	0	0	0	0	0	0	0	6		
15:00-15:15	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11		
15:15-15:30	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4		
15:30-15:45	9	0	0	1	0	0	0	0	1	10		
15:45-16:00	3	0	0	1	0	0	0	0	1	4		
16:00-16:15	14	2	0	0	0	0	0	0	0	16		
16:15-16:30	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9		
16:30-16:45	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
16:45-17:00	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
17:00-17:15	12	2	0	0	0	0	0	0	0	14		
17:15-17:30	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6		
17:30-17:45	5	1	0	0	0	0	0	0	0	6		
17:45-18:00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4		

Elaborado por: Brando Aillón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
CONTEO DE TRÁFICO						CONTADOR: Brando Aillón				
CONTEO DE TRÁFICO										
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:		EL LIMON				Fecha:	17/11/2021
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS						TOTAL	Acumulado por hora
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total		
6:00-6:15	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
6:15-6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6:30-6:45	7	1	0	0	0	0	0	0	8	
6:45-7:00	3	0	0	0	0	0	0	0	3	12
7:00-7:15	5	0	0	0	0	0	0	0	5	16
7:15-7:30	2	0	0	0	0	0	0	0	2	18
7:30-7:45	1	0	4	2	0	0	0	1	2	12
7:45-8:00	2	1	0	0	0	0	0	0	3	12
8:00-8:15	0	3	0	1	0	0	0	1	4	11
8:15-8:30	4	1	0	0	0	0	0	0	5	14
8:30-8:45	5	2	3	0	0	2	0	5	12	24
8:45-9:00	4	1	0	0	0	0	0	0	5	26
9:00-9:15	2	1	0	0	0	0	0	0	3	25
9:15-9:30	4	1	0	0	0	0	0	0	5	25
9:30-9:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
9:45-10:00	3	0	0	0	1	0	0	0	3	11
10:00-10:15	2	0	2	0	0	0	0	2	4	12
10:15-10:30	3	1	0	0	0	0	0	0	4	11
10:30-10:45	2	2	0	0	0	0	1	1	5	16
10:45-11:00	5	2	0	0	0	0	0	0	7	20
11:00-11:15	2	3	0	0	0	0	0	0	5	21
11:15-11:30	5	3	0	0	0	0	3	3	11	28
11:30-11:45	5	3	0	0	0	0	0	0	8	31
11:45-12:00	0	1	1	0	0	0	2	3	4	28
12:00-12:15	2	1	0	0	0	0	0	0	3	26
12:15-12:30	3	1	0	0	1	0	0	1	5	20
12:30-12:45	0	1	0	0	0	0	2	2	3	15
12:45-13:00	4	1	1	0	0	0	0	1	6	17
13:00-13:15	4	0	0	0	0	0	1	1	5	19
13:15-13:30	2	2	2	0	2	0	0	2	6	20
13:30-13:45	0	2	0	1	0	0	0	1	3	20
13:45-14:00	4	0	0	0	0	0	2	2	6	20
14:00-14:15	3	0	0	0	0	0	0	0	3	18
14:15-14:30	8	0	0	0	0	0	0	0	8	20
14:30-14:45	2	0	0	0	0	0	0	0	2	19
14:45-15:00	4	2	0	0	0	0	0	0	6	19
15:00-15:15	11	0	0	0	0	0	0	0	11	27
15:15-15:30	4	0	0	0	0	0	0	0	4	23
15:30-15:45	9	0	0	1	0	0	0	1	10	31
15:45-16:00	3	0	0	1	0	0	0	1	4	29
16:00-16:15	14	2	0	0	0	0	0	0	16	34
16:15-16:30	9	0	0	0	0	0	0	0	9	39
16:30-16:45	3	0	0	0	0	0	0	0	3	32
16:45-17:00	8	0	0	0	0	0	0	0	8	36
17:00-17:15	12	2	0	0	0	0	0	0	14	34
17:15-17:30	6	0	0	0	0	0	0	0	6	31
17:30-17:45	5	1	0	0	0	0	0	0	6	34
17:45-18:00	4	0	0	0	0	0	0	0	4	30

Elaborado por: Brando Aillón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
CONTEO DE TRÁFICO						CONTADOR: Brando Aillón				
CONTEO DE TRÁFICO										
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:		EL LIMON				Fecha:	18/11/2021
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TOTAL	Acumulado por hora	
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total		
6:00-6:15	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
6:15-6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6:30-6:45	2	1	0	0	0	0	0	0	3	
6:45-7:00	3	0	0	0	0	0	0	0	3	
7:00-7:15	5	0	0	0	0	0	0	0	5	
7:15-7:30	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
7:30-7:45	1	0	4	2	0	0	0	1	2	
7:45-8:00	2	1	0	0	0	0	0	0	3	
8:00-8:15	0	3	0	1	0	0	0	1	4	
8:15-8:30	4	1	0	0	0	0	0	0	5	
8:30-8:45	5	2	3	0	0	0	2	5	12	
8:45-9:00	4	1	0	0	0	0	0	0	5	
9:00-9:15	2	1	0	2	0	0	0	2	5	
9:15-9:30	4	1	0	0	0	0	0	0	5	
9:30-9:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9:45-10:00	3	0	0	0	1	0	0	0	3	
10:00-10:15	2	0	2	0	3	0	0	5	7	
10:15-10:30	3	1	0	0	0	0	1	1	5	
10:30-10:45	2	2	0	0	0	2	1	3	7	
10:45-11:00	5	2	0	0	0	1	0	1	8	
11:00-11:15	2	3	0	0	0	0	1	1	6	
11:15-11:30	5	3	0	0	0	0	1	1	9	
11:30-11:45	5	3	0	0	0	0	0	0	8	
11:45-12:00	0	1	1	0	0	0	2	3	4	
12:00-12:15	1	1	0	0	0	0	0	0	2	
12:15-12:30	3	1	0	0	1	0	0	1	5	
12:30-12:45	0	1	0	0	0	0	1	1	2	
12:45-13:00	4	1	1	0	0	0	1	2	7	
13:00-13:15	4	0	0	0	0	0	1	1	5	
13:15-13:30	2	2	2	0	0	0	0	2	6	
13:30-13:45	0	2	0	1	0	1	0	2	4	
13:45-14:00	4	0	0	1	0	0	2	3	7	
14:00-14:15	3	0	0	0	0	0	1	0	4	
14:15-14:30	8	0	0	0	0	0	0	0	8	
14:30-14:45	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
14:45-15:00	4	2	0	0	0	0	0	0	6	
15:00-15:15	6	0	0	0	0	0	0	0	6	
15:15-15:30	4	0	0	0	0	0	0	0	4	
15:30-15:45	2	0	0	1	0	0	0	1	3	
15:45-16:00	3	0	0	1	0	0	0	1	4	
16:00-16:15	5	2	0	0	0	0	0	0	7	
16:15-16:30	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
16:30-16:45	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
16:45-17:00	8	0	0	0	0	0	0	0	8	
17:00-17:15	13	2	0	0	0	0	0	0	15	
17:15-17:30	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
17:30-17:45	5	1	0	0	0	0	0	0	6	
17:45-18:00	4	0	0	0	0	0	0	0	4	

Elaborado por: Brando Aillón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO											
CONTEO DE TRÁFICO						CONTADOR: Brando Aillón					
CONTEO DE TRÁFICO											
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:		EL LIMON				Fecha:	19/11/2021	
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS						TOTAL	Acumulado por hora	
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total			
6:00-6:15	25	4	2					2	31		
6:15-6:30	22		1			1		2	24		
6:30-6:45	18	5	3		1			1	28		
6:45-7:00	34	6				1		1	41	124	
7:00-7:15	24	2	1					1	28	121	
7:15-7:30	38	3	1	2			1	4	45	142	
7:30-7:45	37	1	4					1	43	157	
7:45-8:00	31	5			1		1	2	38	154	
8:00-8:15	13	1	1			2		3	17	143	
8:15-8:30	33	2	2	3	1			6	41	139	
8:30-8:45	19	4	1			1		2	25	121	
8:45-9:00	22	3						0	25	108	
9:00-9:15	25	4	2					2	31	122	
9:15-9:30	22		1			1		2	24	105	
9:30-9:45	18	5	3	1				1	28	108	
9:45-10:00	34	6				1		1	41	124	
10:00-10:15	24	2	1					1	28	121	
10:15-10:30	38	3	1	2			1	4	45	142	
10:30-10:45	37	1	4					1	43	157	
10:45-11:00	31	5			1		1	2	38	154	
11:00-11:15	13	1	1			2		3	17	143	
11:15-11:30	33	2	2	3	1			6	41	139	
11:30-11:45	19	4	1			1		2	25	121	
11:45-12:00	22	3						0	25	108	
12:00-12:15	25	4	2					2	31	122	
12:15-12:30	22		1			1		2	24	105	
12:30-12:45	18	5	3	1				1	28	108	
12:45-13:00	34	6				1		1	41	124	
13:00-13:15	24	2	1					1	28	121	
13:15-13:30	38	3	1	2			1	4	45	142	
13:30-13:45	37	1	4					1	43	157	
13:45-14:00	31	5			1		1	2	38	154	
14:00-14:15	13	1	1			2		3	17	143	
14:15-14:30	33	2	2	3	1			6	41	139	
14:30-14:45	19	4	1			1		2	25	121	
14:45-15:00	22	3						0	25	108	
15:00-15:15	25	4	2					2	31	122	
15:15-15:30	22		1			1		2	24	105	
15:30-15:45	18	5	3	1				1	28	108	
15:45-16:00	34	6				1		1	41	124	
16:00-16:15	24	2	1					1	28	121	
16:15-16:30	38	3	1	2			1	4	45	142	
16:30-16:45	37	1	4					1	43	157	
16:45-17:00	31	5			1		1	2	38	154	
17:00-17:15	13	1	1			2		3	17	143	
17:15-17:30	33	2	2	3	1			6	41	139	
17:30-17:45	19	4	1			1		2	25	121	
17:45-18:00	22	3						0	25	108	

Elaborado por: Brando Aillón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
CONTEO DE TRÁFICO						CONTADOR: Brando Aillón				
CONTEO DE TRÁFICO										
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:		EL LIMON				Fecha:	20/11/2021
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS						TOTAL	Acumulado por hora
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total		
6:00-6:15	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2
6:15-6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:30-6:45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
6:45-7:00	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
7:00-7:15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7:15-7:30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7:30-7:45	1	1	4	2	0	0	0	0	1	3
7:45-8:00	2	1	0	0	0	0	0	1	1	4
8:00-8:15	0	3	0	1	0	0	0	0	1	4
8:15-8:30	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
8:30-8:45	5	2	3	0	0	0	2	0	5	12
8:45-9:00	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
9:00-9:15	2	1	0	2	0	0	0	0	2	5
9:15-9:30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
9:30-9:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:45-10:00	3	0	0	0	1	0	0	0	0	3
10:00-10:15	2	0	2	0	3	0	0	0	5	7
10:15-10:30	3	1	0	0	0	0	1	1	1	5
10:30-10:45	2	2	0	0	0	0	2	1	3	7
10:45-11:00	5	2	0	0	0	0	1	0	1	8
11:00-11:15	2	2	0	0	0	0	0	1	1	5
11:15-11:30	1	2	0	0	0	0	0	1	1	4
11:30-11:45	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
11:45-12:00	0	1	1	0	0	0	2	0	3	4
12:00-12:15	9	1	0	0	0	0	0	0	0	10
12:15-12:30	3	1	0	0	1	0	0	0	1	5
12:30-12:45	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2
12:45-13:00	4	1	1	0	0	0	0	3	4	9
13:00-13:15	8	1	0	0	0	0	0	2	2	11
13:15-13:30	2	2	2	0	0	0	0	0	2	6
13:30-13:45	0	1	0	1	0	0	1	0	2	3
13:45-14:00	4	2	0	1	0	0	0	3	4	10
14:00-14:15	3	0	0	0	0	0	1	0	1	4
14:15-14:30	2	2	0	0	0	0	1	0	1	5
14:30-14:45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
14:45-15:00	4	2	0	0	0	0	0	0	0	6
15:00-15:15	6	0	0	0	0	0	1	0	1	7
15:15-15:30	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
15:30-15:45	2	0	0	1	0	0	0	0	1	3
15:45-16:00	3	0	0	1	0	0	0	0	1	4
16:00-16:15	5	1	1	0	0	0	0	0	1	7
16:15-16:30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
16:30-16:45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16:45-17:00	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
17:00-17:15	7	1	0	0	0	0	0	0	0	8
17:15-17:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
17:30-17:45	5	1	0	0	0	0	0	0	0	6
17:45-18:00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4

Elaborado por: Brando Aillón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
CONTEO DE TRÁFICO						CONTADOR: Brando Aillón				
CONTEO DE TRÁFICO										
Vía:	VIA PRINCIPAL		Sector:		EL LIMON				Fecha:	21/11/2021
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS						TOTAL	Acumulado por hora
			2D	2DA	2DB	3A	V3A	Total		
6:00-6:15	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2
6:15-6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:30-6:45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
6:45-7:00	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
7:00-7:15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7:15-7:30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7:30-7:45	1	1	4	2	0	0	0	0	1	3
7:45-8:00	2	1	0	0	0	0	0	1	1	4
8:00-8:15	0	3	0	1	0	0	0	0	1	4
8:15-8:30	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
8:30-8:45	5	2	3	0	0	0	2	0	5	12
8:45-9:00	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
9:00-9:15	2	1	0	2	0	0	0	0	2	5
9:15-9:30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
9:30-9:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:45-10:00	3	0	0	0	0	1	0	0	0	3
10:00-10:15	2	0	2	0	0	3	0	0	5	7
10:15-10:30	3	1	0	0	0	0	0	1	1	5
10:30-10:45	2	2	0	0	0	0	2	1	3	7
10:45-11:00	5	2	0	0	0	0	1	0	1	8
11:00-11:15	2	2	0	0	0	0	0	1	1	5
11:15-11:30	1	2	0	0	0	0	0	1	1	4
11:30-11:45	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
11:45-12:00	22	3							0	25
12:00-12:15	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6
12:15-12:30	3		0	0	0	1	0	0	1	4
12:30-12:45	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
12:45-13:00	4	6	0	0	0	0	0	0	0	10
13:00-13:15	3	2	0	0	0	0	0	1	1	6
13:15-13:30	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5
13:30-13:45	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2
13:45-14:00	4	5	0	0	0	0	0	0	0	9
14:00-14:15	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
14:15-14:30	8	2	0	0	0	0	0	0	0	10
14:30-14:45	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6
14:45-15:00	4	3	0	0	0	0	0	0	0	7
15:00-15:15	11	4	0	0	0	0	0	0	0	15
15:15-15:30	4		0	0	0	0	0	0	0	4
15:30-15:45	9	5	0	1	0	0	0	0	1	15
15:45-16:00	3	6	0	1	0	0	0	0	1	10
16:00-16:15	14	2	0	0	0	0	0	0	0	16
16:15-16:30	9	3	0	0	0	0	0	0	0	12
16:30-16:45	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
16:45-17:00	8	5	0	0	0	0	0	0	0	13
17:00-17:15	12	1	0	0	0	0	0	0	0	13
17:15-17:30	6	2	0	0	0	0	0	0	0	8
17:30-17:45	5	4	0	0	0	0	0	0	0	9
17:45-18:00	4	3	0	0	0	0	0	0	0	7

Elaborado por: Brando Aillón

Anexo N° 3: Estudios de suelos

A. Contenido de humedad



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690		
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	10/5/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD

$$W\% = \frac{W_{tm} - W_{ts}}{W_s} * 100 = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Muestra Abscisa	1 4+000		2 4+500		3 5+000	
Nº del tarro	09	17	26	5A	22	35
W _{tm} = Masa del tarro + suelo húmedo (gr)	144,50	167,80	138,45	145,80	147,25	139,51
W _{ts} = Masa del tarro + suelo seco (gr)	98,70	112,00	101,20	101,45	95,68	93,41
W _w : Masa del agua contenida (gr)	45,80	55,80	37,25	44,35	51,57	46,10
W _t = Masa del tarro (gr)	31,00	25,80	42,10	34,40	30,90	26,60
W _s = Masa del suelo seco (gr)	67,70	86,20	59,10	67,05	64,78	66,81
W% = Contenido de humedad	67,65	64,73	63,03	66,14	79,61	69,00
W% Promedio	66,19 %		64,59 %		74,31 %	
Muestra Abscisa	4 5+500		5 6+000		6 6+500	
Nº del tarro	25	37	49	97	56	95
W _{tm} = Masa del tarro + suelo húmedo	138,80	142,56	155,90	150,11	136,87	140,52
W _{ts} = Masa del tarro + suelo seco	98,67	100,38	108,29	110,46	95,30	99,32
W _w : Masa del agua contenida	40,13	42,18	47,61	39,65	41,57	41,20
W _t = Masa del tarro	33,45	40,97	28,75	25,63	28,32	32,45
W _s = Masa del suelo seco	65,22	59,41	79,54	84,83	66,98	66,87
W% = Contenido de humedad	61,53	71,00	59,86	46,74	62,06	61,61
W% Promedio	66,27 %		53,3 %		61,84 %	
Muestra Abscisa	7 7+000		8 7+500		9 8+000	
Nº del tarro	11	40	31	33	47	50
W _{tm} = Masa del tarro + suelo húmedo	140,23	134,28	141,65	140,99	144,29	137,08
W _{ts} = Masa del tarro + suelo seco	102,30	97,55	103,27	108,50	107,97	106,30
W _w : Masa del agua contenida	37,93	36,73	38,38	32,49	36,32	30,78
W _t = Masa del tarro	35,80	28,74	36,60	35,42	29,70	27,69
W _s = Masa del suelo seco	66,50	68,81	66,67	73,08	78,27	78,61
W% = Contenido de humedad	57,04	53,38	57,57	44,46	46,40	39,16
W% Promedio	55,21 %		51,02 %		42,78 %	

B. Granulometría



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 1
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

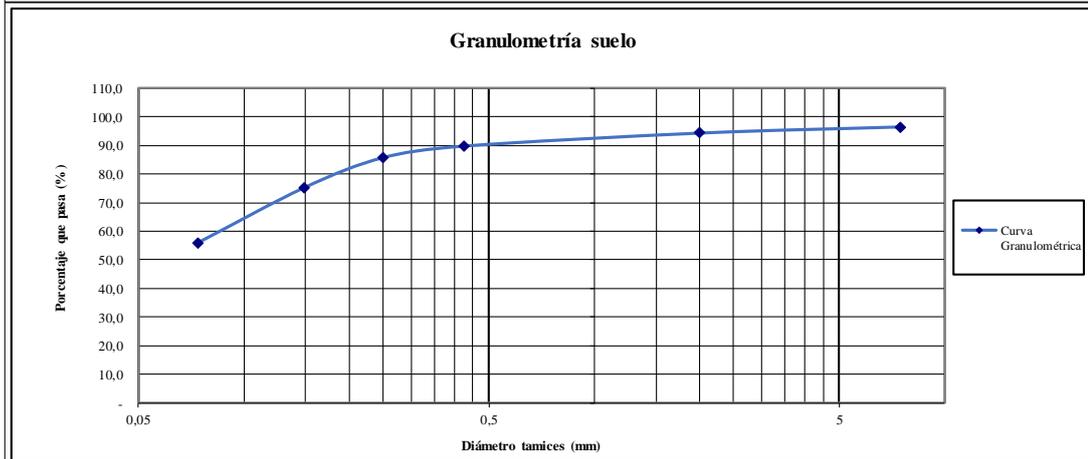
ABSCISA 4+000

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	16,90	16,90	3,38	96,62
10	2,000	10,80	27,70	5,54	94,46
30	0,425	22,80	50,50	10,10	89,90
60	0,250	20,16	70,66	14,13	85,87
100	0,149	52,60	123,26	24,65	75,35
200	0,074	96,88	220,14	44,03	55,97
PASA EL N° 200		279,80	499,94	100,00	

PESO TOTAL (gr) 499,94

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	0,57
D30 (mm)	0,100	Cc	1,75
D60 (mm)	0,057	Grava	0,00 %
		Arena	44,03 %
		Fino	55,97 %



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



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 2
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

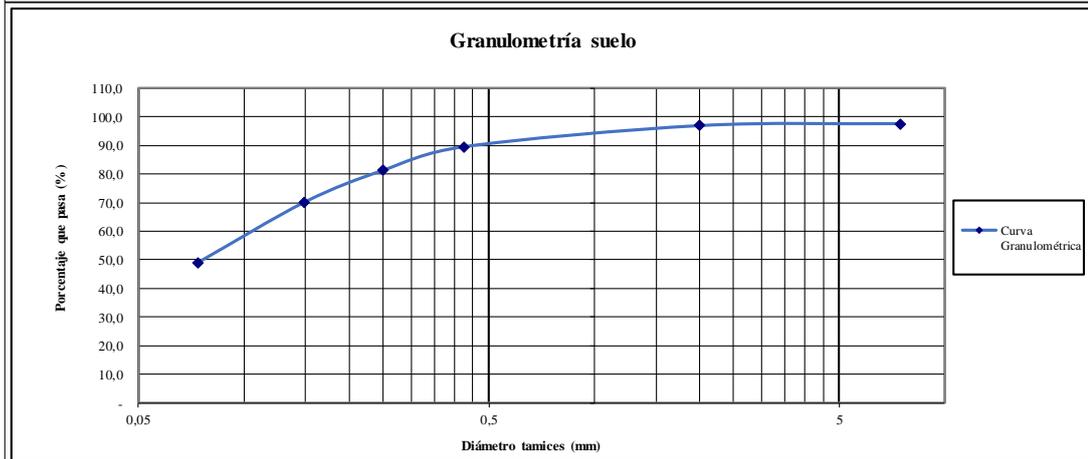
ABSCISA 4+500

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	11,50	11,50	2,30	97,70
10	2,000	3,41	14,91	2,98	97,02
30	0,425	36,78	51,69	10,35	89,65
60	0,250	41,02	92,71	18,56	81,44
100	0,149	55,69	148,40	29,71	70,29
200	0,074	105,23	253,63	50,77	49,23
PASA EL N° 200			499,53	100,00	

PESO TOTAL (gr) 499,53

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	0,61
D30 (mm)	0,100	Cc	1,64
D60 (mm)	0,061	Grava	0,00 %
		Arena	50,77 %
		Fino	49,23 %



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 3
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

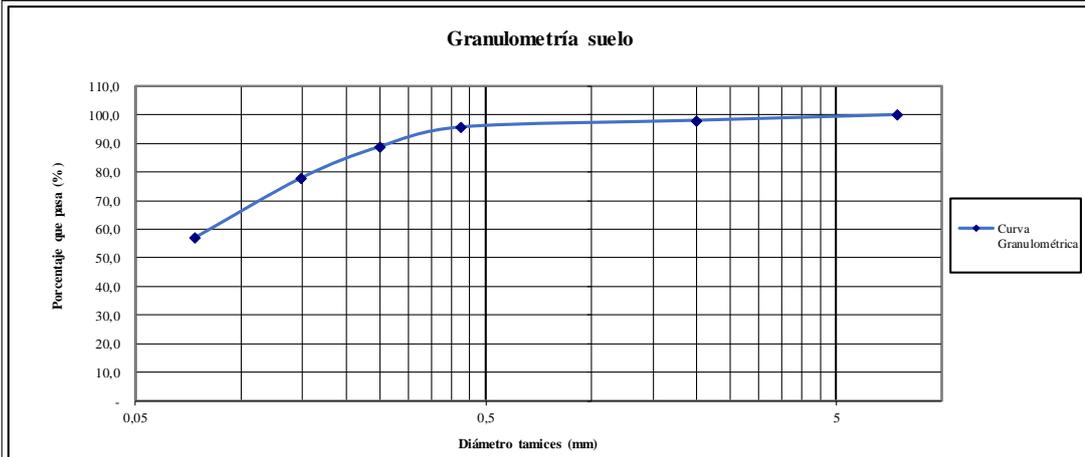
ABSCISA 5+000

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	9,90	9,90	1,98	98,02
30	0,425	11,60	21,50	4,30	95,70
60	0,250	33,80	55,30	11,07	88,93
100	0,149	54,60	109,90	22,00	78,00
200	0,074	104,11	214,01	42,84	57,16
PASA EL N° 200		285,60	499,61	100,00	

PESO TOTAL (gr) 499,61

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	0,58
D30 (mm)	0,100	Cc	1,72
D60 (mm)	0,058	Grava	0,00 %
		Arena	42,84 %
		Fino	57,16 %



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



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 4
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

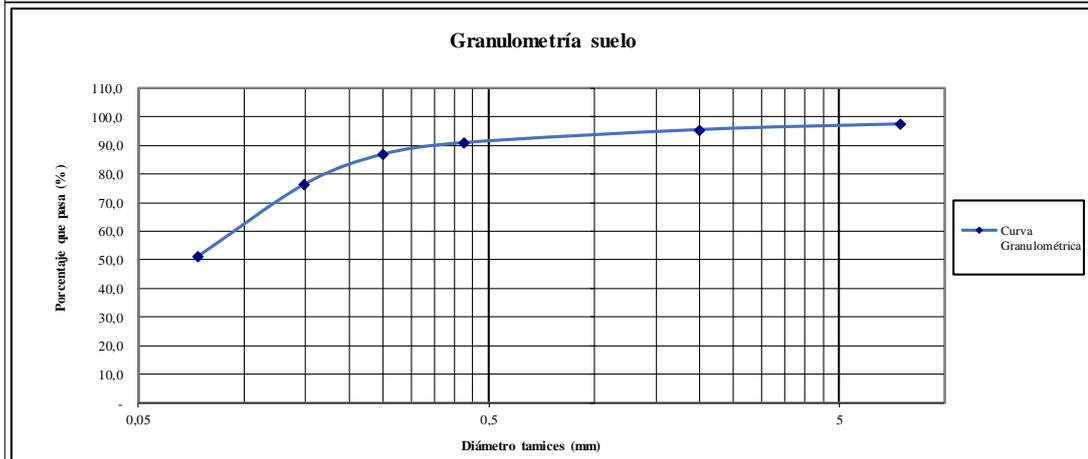
ABSCISA 5+500

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	12,54	12,54	2,51	97,49
10	2,000	9,91	22,45	4,49	95,51
30	0,425	22,80	45,25	9,06	90,94
60	0,250	20,16	65,41	13,09	86,91
100	0,149	52,60	118,01	23,62	76,38
200	0,074	126,10	244,11	48,87	51,13
PASA EL N° 200		255,43	499,54	100,00	

PESO TOTAL (gr) 499,54

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	0,59
D30 (mm)	0,100	Cc	1,69
D60 (mm)	0,059	Grava	0,00 %
		Arena	48,87 %
		Fino	51,13 %



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 5
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

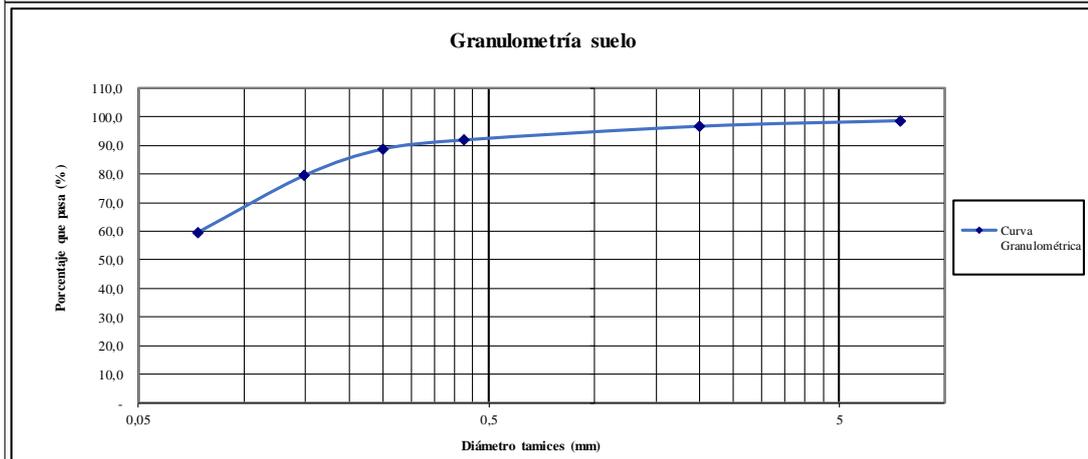
ABSCISA 6+000

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	6,90	6,90	1,38	98,62
10	2,000	9,64	16,54	3,31	96,69
30	0,425	23,81	40,35	8,09	91,91
60	0,250	15,60	55,95	11,21	88,79
100	0,149	45,91	101,86	20,41	79,59
200	0,074	98,88	200,74	40,23	59,77
PASA EL N° 200			298,30	499,04	100,00

PESO TOTAL (gr) 499,04

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	0,55
D30 (mm)	0,100	Cc	1,82
D60 (mm)	0,055	Grava	0,00 %
		Arena	40,23 %
		Fino	59,77 %



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 6
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

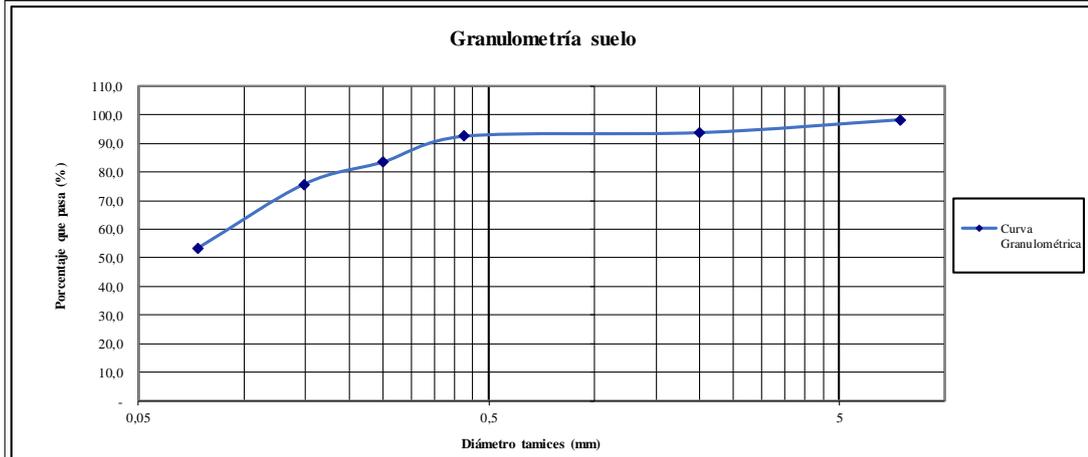
ABSCISA 6+500

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	7,75	7,75	1,56	98,44
10	2,000	22,65	30,40	6,10	93,90
30	0,425	6,32	36,72	7,37	92,63
60	0,250	45,11	81,83	16,43	83,57
100	0,149	38,56	120,39	24,17	75,83
200	0,074	112,35	232,74	46,73	53,27
PASA EL N° 200			498,06	100,00	

PESO TOTAL (gr) 498,06

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	0,59
D30 (mm)	0,100	Cc	1,69
D60 (mm)	0,059	Grava	0,00 %
		Arena	46,73 %
		Fino	53,27 %



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



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 7
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

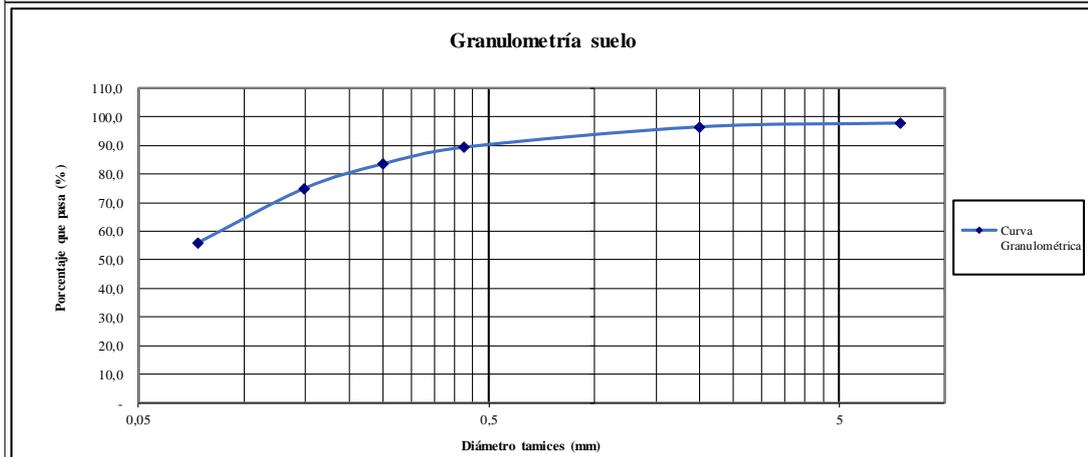
ABSCISA 7+000

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	11,23	11,23	2,25	97,75
10	2,000	6,50	17,73	3,55	96,45
30	0,425	35,46	53,19	10,64	89,36
60	0,250	28,85	82,04	16,42	83,58
100	0,149	42,60	124,64	24,94	75,06
200	0,074	94,60	219,24	43,88	56,12
PASA EL N° 200		280,45	499,69	100,00	

PESO TOTAL (gr) 499,69

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	0,57
D30 (mm)	0,100	Cc	1,75
D60 (mm)	0,057	Grava	0,00 %
		Arena	43,88 %
		Fino	56,12 %



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



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 8
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

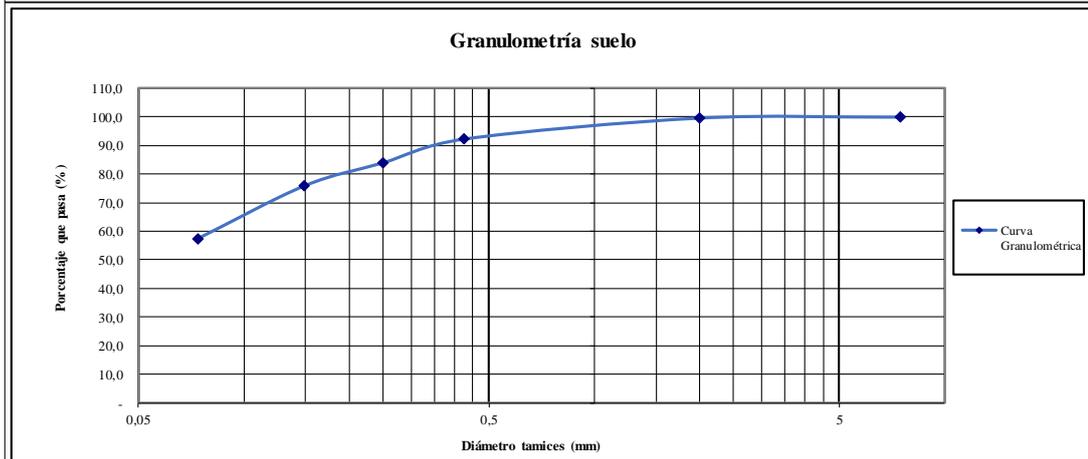
ABSCISA 7+500

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	1,56	1,56	0,31	99,69
30	0,425	36,66	38,22	7,65	92,35
60	0,250	41,25	79,47	15,91	84,09
100	0,149	40,20	119,67	23,96	76,04
200	0,074	91,97	211,64	42,38	57,62
PASA EL N° 200		287,77	499,41	100,00	

PESO TOTAL (gr) 499,41

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	0,56
D30 (mm)	0,100	Cc	1,79
D60 (mm)	0,056	Grava	0,00 %
		Arena	42,38 %
		Fino	57,62 %



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



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D – 2216 – 71 y NTE INEN 690
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.
Muestra: 9
Profundidad: 1,20 m
Fecha: 10/5/2021

1. GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA

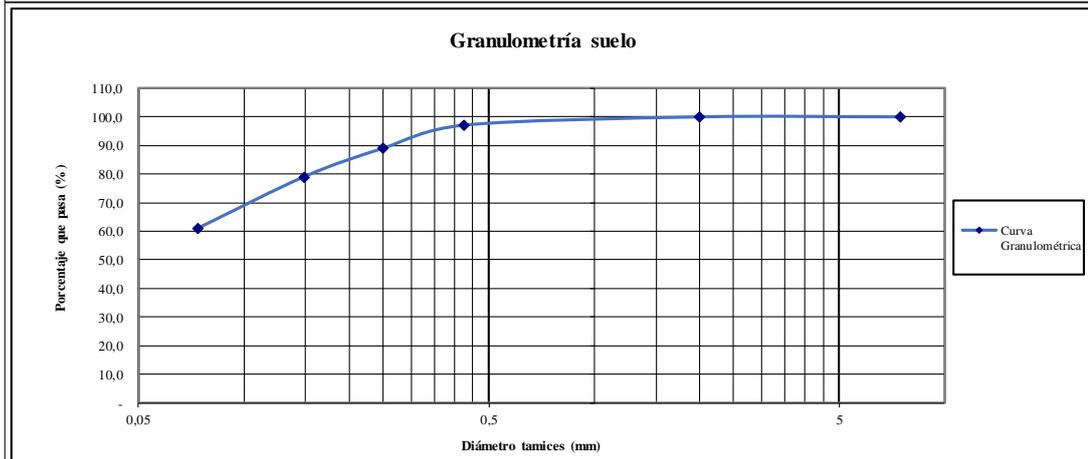
ABSCISA 8+000

# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RET/ACUM (gr)	% RETENIDO/ACUM	% QUE PASA
4	7,460	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00
30	0,425	14,50	14,50	2,90	97,10
60	0,250	40,22	54,72	10,95	89,05
100	0,149	49,56	104,28	20,87	79,13
200	0,074	90,20	194,48	38,92	61,08
PASA EL N° 200		305,21	499,69	100,00	

PESO TOTAL (gr) 499,69

PESO INICIAL (gr) 500,00

2.- GRAFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- COEFICIENTES DEL SUELO

D10 (mm)	0,100	Cu	1,00
D30 (mm)	0,100	Cc	1,00
D60 (mm)	0,100	Grava	0,00 %
		Arena	38,92 %
		Fino	61,08 %

C. Gravedad específica

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T – 180		
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	10/5/2021

GRAVEDAD ESPECÍFICA

$$G_s = \frac{W_s + k}{W_s + W_{mw} - W_{mws}}$$

Muestra	1	2	3	4	5
Abcisa	4+000	4+500	5+000	5+500	6+000
Temperatura (°C)	21	21	21	21	21
Recipiente	6	2	4	1	1
Densidad del agua (gr/m3)	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821
Factor de corrección	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
Peso del recipiente (gr)	214,56	219,20	225,11	215,60	215,60
Peso del recipiente + muestra seca (gr)	262,50	275,65	280,32	265,10	266,94
Peso de muestra seca (gr)	47,94	56,45	55,21	49,50	51,34
Peso del picnómetro (gr)	151,50	151,50	151,50	151,50	151,50
Peso del picnómetro + muestra de suelo + agua (gr)	685,52	689,50	693,19	686,68	687,50
Peso del picnómetro + agua (gr)	654,30	653,22	657,41	655,31	654,95
Gravedad específica	2,87	2,80	2,84	2,73	2,73

Muestra	6	7	8	9
Abcisa	6+500	7+000	7+500	8+000
Temperatura (°C)	21	21	21	21
Recipiente	3	3	4	8
Densidad del agua (gr/m3)	0,99821	0,99821	0,99821	0,99821
Factor de corrección	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
Peso del recipiente (gr)	220,58	220,58	225,11	234,63
Peso del recipiente + muestra seca (gr)	265,41	269,98	276,22	284,10
Peso de muestra seca (gr)	44,83	49,40	51,11	49,47
Peso del picnómetro (gr)	151,50	151,50	151,50	151,50
Peso del picnómetro + muestra de suelo + agua (gr)	684,26	678,54	675,45	689,20
Peso del picnómetro + agua (gr)	655,41	647,20	643,89	657,70
Gravedad específica	2,80	2,73	2,61	2,75

D. Límites de Atterberg



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D4318 y NTE INEN 691 **Muestra:** 1
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto **Profundidad:** 1,20 m
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg. **Fecha:** 17/5/2021

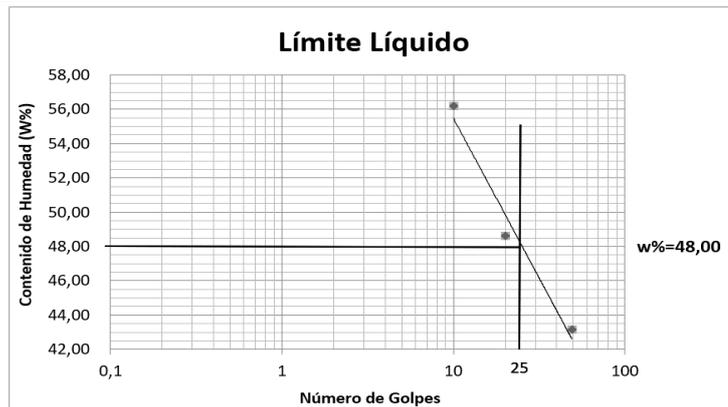
LÍMITES DE ATTERBERG

ABSCISA 4+000

1. Límite líquido

Nº de golpes	49	20	10
Recipiente	11-F	8-T	133-T
Peso húmedo + recipiente	37,32	38,55	35,89
Peso seco + recipiente	29,26	29,83	27,54
Peso recipiente	11,26	11,46	11,62
Peso del agua	8,06	8,72	8,35
Peso de sólidos	18,00	18,37	15,92
% W	44,78	47,47	52,45
Límite líquido (%)	48,00		

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	D-3	A-3	P-6
Peso húmedo + recipiente	7,58	7,24	5,97
Peso seco + recipiente	6,57	6,32	5,44
Peso recipiente	4,32	4,30	4,26
Peso del agua	1,01	0,92	0,53
Peso de sólidos	2,25	2,02	1,18
% W	44,89	45,54	44,92
%W promedio	45,12 %		

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	48,00
Límite plástico (%) LP	45,12
Índice plástico (%) IP	2,88

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D4318 y NTE INEN 691 **Muestra:** 2
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto **Profundidad:** 1,20 m
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg. **Fecha:** 18/5/2021

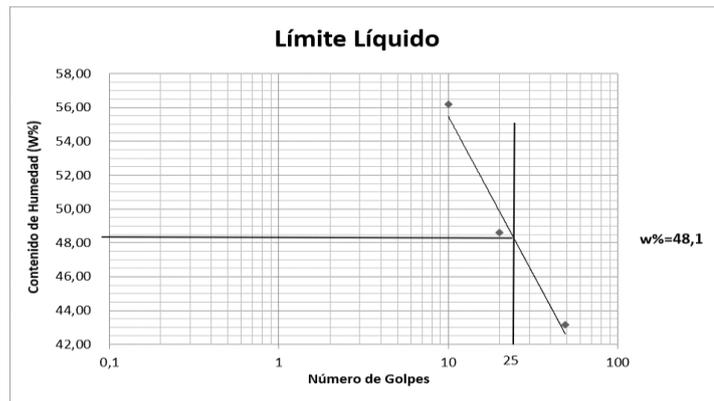
LÍMITES DE ATTERBERG

ABSCISA 4+500

1. Límite líquido

Nº de golpes	48	19	10
Recipiente	15-F	8-B	130-T
Peso húmedo + recipiente	35,22	36,68	35,00
Peso seco + recipiente	27,65	27,33	26,45
Peso recipiente	10,11	8,10	11,23
Peso del agua	7,57	9,35	8,55
Peso de sólidos	17,54	19,23	15,22
% W	43,16	48,62	56,18
Límite líquido (%)	48,10		

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	P-6	D-3	A-3
Peso húmedo + recipiente	6,98	6,90	6,13
Peso seco + recipiente	5,97	6,43	5,30
Peso recipiente	3,67	5,39	3,40
Peso del agua	1,01	0,47	0,83
Peso de sólidos	2,30	1,04	1,90
% W	43,91	45,19	43,68
%W promedio	44,26 %		

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	48,10
Límite plástico (%) LP	44,26
Índice plástico (%) IP	3,84

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D4318 y NTE INEN 691 **Muestra:** 3
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto **Profundidad:** 1,20 m
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg. **Fecha:** 19/5/2021

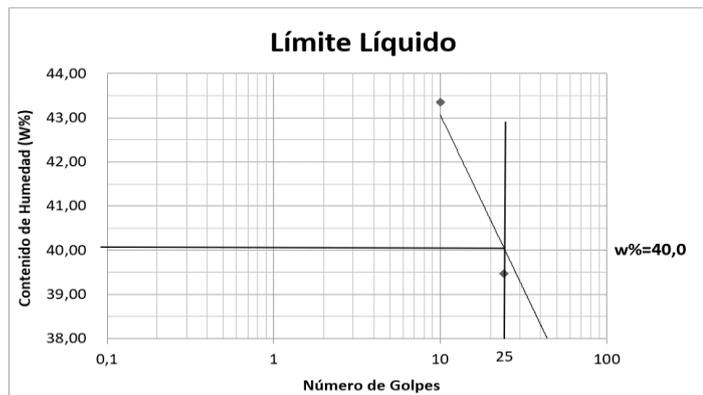
LÍMITES DE ATTERBERG

ABSCISA 5+000

1. Límite líquido

Nº de golpes	54	24	10
Recipiente	11-F	133T	8T
Peso húmedo + recipiente	32,73	31,55	34,97
Peso seco + recipiente	26,86	25,91	27,86
Peso recipiente	11,25	11,62	11,46
Peso del agua	5,87	5,64	7,11
Peso de sólidos	15,61	14,29	16,40
% W	37,60	39,47	43,35
Límite líquido (%)	40,00		

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	P-6	A-3	D-3
Peso húmedo + recipiente	6,63	7,00	6,86
Peso seco + recipiente	5,98	6,27	6,16
Peso recipiente	4,26	4,30	4,30
Peso del agua	0,65	0,73	0,70
Peso de sólidos	1,72	1,97	1,86
% W	37,79	37,06	37,63
%W promedio	37,49 %		

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	40,00
Límite plástico (%) LP	37,49
Índice plástico (%) IP	2,51

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D4318 y NTE INEN 691 **Muestra:** 4
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto **Profundidad:** 1,20 m
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg. **Fecha:** 20/5/2021

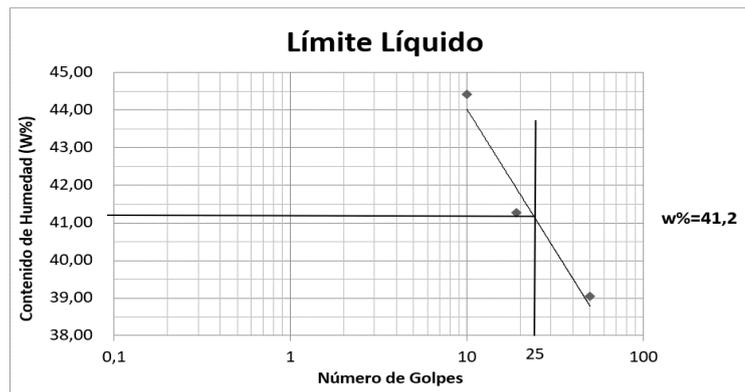
LÍMITES DE ATTERBERG

ABSCISA 5+500

1. Límite líquido

Nº de golpes	50	19	10
Recipiente	11-F	133T	8-B
Peso húmedo + recipiente	31,29	32,49	34,50
Peso seco + recipiente	25,34	26,24	27,21
Peso recipiente	10,10	11,10	10,80
Peso del agua	5,95	6,25	7,29
Peso de sólidos	15,24	15,14	16,41
% W	39,04	41,28	44,42
Límite líquido (%)	41,20		

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	D-3	A-3	P-6
Peso húmedo + recipiente	7,58	7,24	5,97
Peso seco + recipiente	6,67	6,40	5,51
Peso recipiente	4,32	4,30	4,26
Peso del agua	0,91	0,84	0,46
Peso de sólidos	2,35	2,10	1,25
% W	38,72	40,00	36,80
%W promedio	38,51 %		

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	41,20
Límite plástico (%) LP	38,51
Índice plástico (%) IP	2,69

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: ASTM D4318 y NTE INEN 691 **Muestra:** 5
Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto **Profundidad:** 1,20 m
Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg. **Fecha:** 21/5/2021

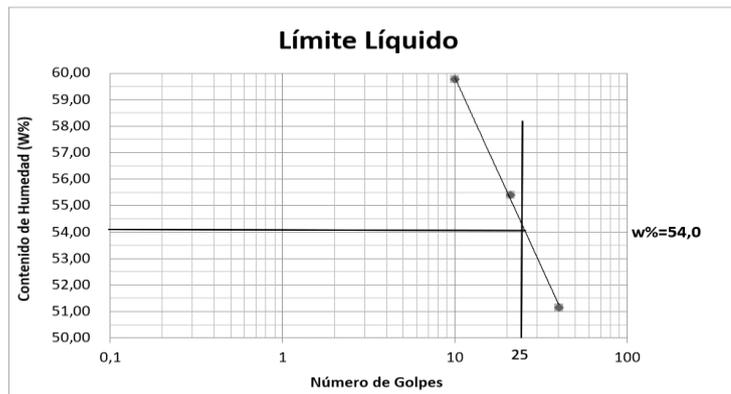
LÍMITES DE ATTERBERG

ABSCISA 6+000

1. Límite líquido

Nº de golpes	40	21	10
Recipiente	8-T	133-T	11-F
Peso húmedo + recipiente	33,20	32,64	35,02
Peso seco + recipiente	25,84	25,19	26,14
Peso recipiente	11,46	11,74	11,28
Peso del agua	7,36	7,45	8,88
Peso de sólidos	14,38	13,45	14,86
% W	51,18	55,39	59,76
Límite líquido (%)	54,00		

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	A-3	P-6	D-3
Peso húmedo + recipiente	6,39	6,88	6,91
Peso seco + recipiente	5,70	6,01	6,05
Peso recipiente	4,30	4,26	4,31
Peso del agua	0,69	0,87	0,86
Peso de sólidos	1,40	1,75	1,74
% W	49,29	49,71	49,43
%W promedio	49,48 %		

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	54,00
Límite plástico (%) LP	49,48
Índice plástico (%) IP	4,52

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D4318 y NTE INEN 691	Muestra:	6
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	25/5/2021

LÍMITES DE ATTERBERG

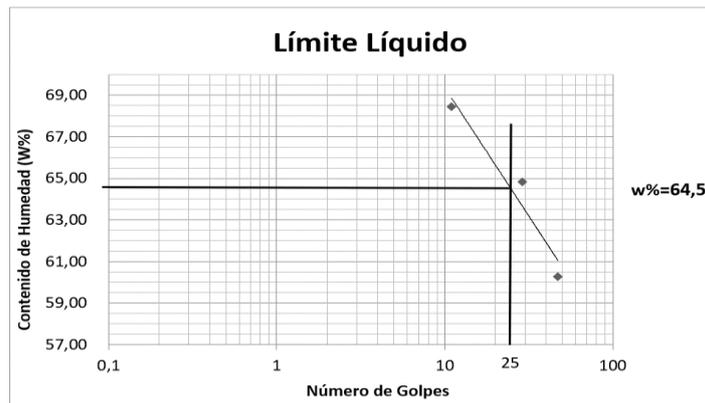
ABSCISA 6+500

1. Límite líquido

Nº de golpes	47	29	11
Recipiente	25-T	10-T	18-T
Peso húmedo + recipiente	38,24	37,95	39,67
Peso seco + recipiente	32,46	33,47	32,94
Peso recipiente	22,87	26,56	23,11
Peso del agua	5,78	4,48	6,73
Peso de sólidos	9,59	6,91	9,83
% W	60,27	64,83	68,46

Límite líquido (%) **64,50**

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	D-3	A-3	P-6
Peso húmedo + recipiente	8,95	8,46	7,95
Peso seco + recipiente	7,50	7,09	6,74
Peso recipiente	5,24	4,85	4,70
Peso del agua	1,45	1,37	1,21
Peso de sólidos	2,26	2,24	2,04
% W	64,16	61,16	59,31

%W promedio **61,54 %**

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	64,50
Límite plástico (%) LP	61,54
Índice plástico (%) IP	2,96

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D4318 y NTE INEN 691	Muestra:	7
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	26/5/2021

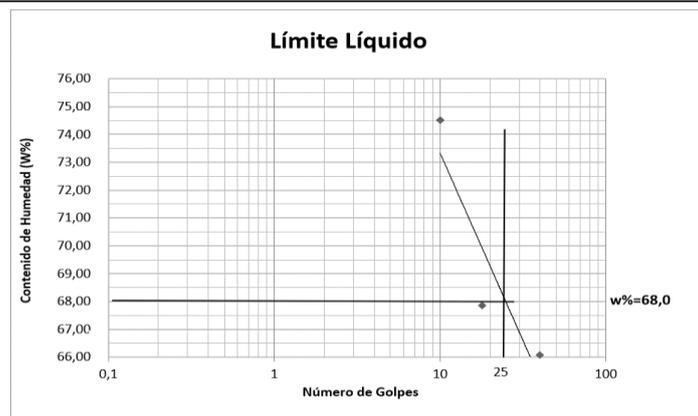
LÍMITES DE ATTERBERG

ABSCISA 7+000

1. Límite líquido

Nº de golpes	40	18	10
Recipiente	L03	L02	L08
Peso húmedo + recipiente	37,27	39,62	39,87
Peso seco + recipiente	31,95	33,29	33,09
Peso recipiente	23,90	23,96	23,99
Peso del agua	5,32	6,33	6,78
Peso de sólidos	8,05	9,33	9,10
% W	66,09	67,85	74,51
Límite líquido (%)	68,00		

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	E-2	D-1	P-5
Peso húmedo + recipiente	6,49	6,17	6,14
Peso seco + recipiente	5,67	5,41	5,40
Peso recipiente	4,40	4,34	4,26
Peso del agua	0,82	0,76	0,74
Peso de sólidos	1,27	1,07	1,14
% W	64,57	71,03	64,91
%W promedio	66,84 %		

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	68,00
Límite plástico (%) LP	66,84
Índice plástico (%) IP	1,16

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D4318 y NTE INEN 691	Muestra:	8
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	27/5/2021

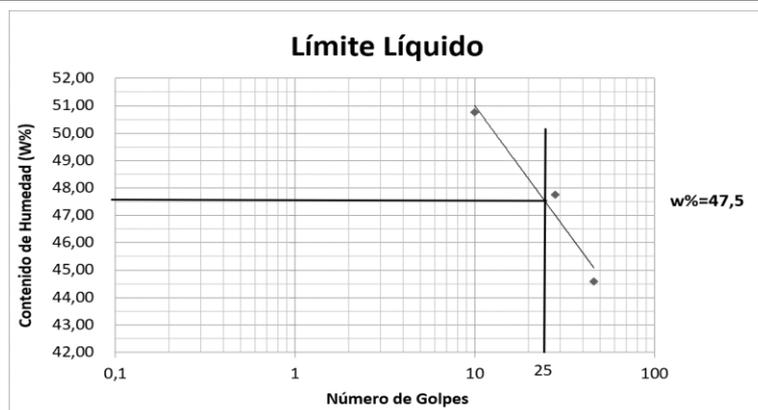
LÍMITES DE ATTERBERG

ABSCISA 7+500

1. Límite líquido

Nº de golpes	46	28	10
Recipiente	45-T	50-B	8-T
Peso húmedo + recipiente	44,29	39,78	41,58
Peso seco + recipiente	37,46	34,68	35,27
Peso recipiente	22,14	24,00	22,84
Peso del agua	6,83	5,10	6,31
Peso de sólidos	15,32	10,68	12,43
% W	44,58	47,75	50,76
Límite líquido (%)	47,50		

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	D-3	A-3	P-6
Peso húmedo + recipiente	7,69	7,57	6,24
Peso seco + recipiente	6,68	6,52	5,64
Peso recipiente	4,26	4,27	4,19
Peso del agua	1,01	1,05	0,60
Peso de sólidos	2,42	2,25	1,45
% W	41,74	46,67	41,38
%W promedio	43,26 %		

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	47,50
Límite plástico (%) LP	43,26
Índice plástico (%) IP	4,24

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D4318 y NTE INEN 691	Muestra:	9
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	28/5/2021

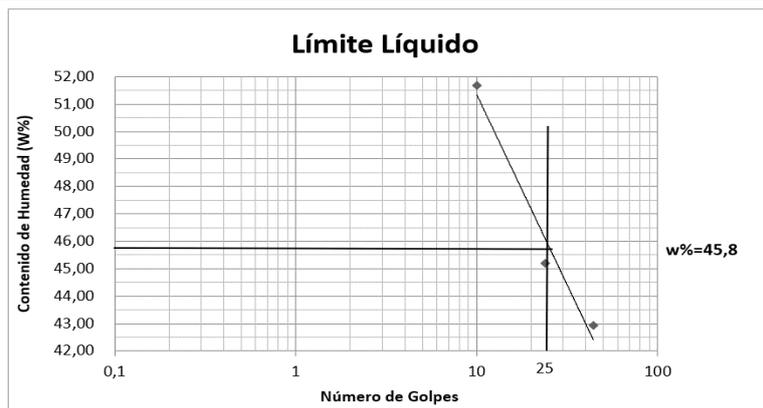
LÍMITES DE ATTERBERG

ABSCISA 8+000

1. Límite líquido

Nº de golpes	44	24	10
Recipiente	L03	L01	L02
Peso húmedo + recipiente	45,1	41,0	42,8
Peso seco + recipiente	38,7	35,7	36,4
Peso recipiente	23,9	24,0	24,0
Peso del agua	6,4	5,3	6,4
Peso de sólidos	14,8	11,7	12,4
% W	42,9	45,2	51,7
Límite líquido (%)	45,80		

2. Curva de fluidez



3. Límite plástico

Recipiente	A-1	A-2	E-2
Peso húmedo + recipiente	6,24	5,62	6,30
Peso seco + recipiente	5,64	5,24	5,72
Peso recipiente	4,23	4,35	4,38
Peso del agua	0,60	0,38	0,58
Peso de sólidos	1,41	0,89	1,34
% W	42,55	42,70	43,28
%W promedio	42,84 %		

4. Índice plástico

Límite líquido (%) LL	45,80
Límite plástico (%) LP	42,84
Índice plástico (%) IP	2,96

5. Clasificación del suelo

SUCS	ML (limo de baja plasticidad)
AASHTO	A-5

E. Proctor modificado



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T-180 Método D	Muestra:	1
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	7/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 4+000

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes:	25
Altura de caída:	18"

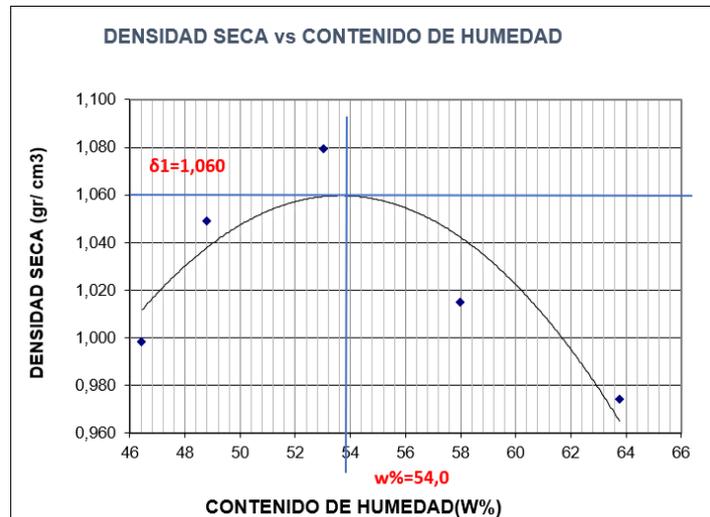
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5170,20	5263,20	5349,40	5303,80	5296,00
Peso suelo húmedo (gr)	1380,20	1473,20	1559,40	1513,80	1506,00
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,462	1,561	1,652	1,604	1,595

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	W-1	D-8	D-5	4-T	2-F	56-T	10-B	E-2	11-T	96A
Peso húmedo + recipiente	160,38	155,26	139,20	137,50	166,04	168,74	163,45	159,86	151,66	159,87
Peso seco + recipiente	126,60	123,41	108,85	109,37	131,23	128,75	120,33	117,23	110,46	106,28
Peso recipiente	57,49	50,97	49,89	48,30	65,60	60,58	46,56	43,12	42,86	25,78
Peso del agua	33,78	31,85	30,35	28,13	34,81	39,99	43,12	42,63	41,20	53,59
Peso de sólidos	69,11	72,44	58,96	61,07	65,63	68,17	73,77	74,11	67,60	80,50
%W	48,88	43,97	51,48	46,06	53,04	58,66	58,45	57,52	60,95	66,57
%W promedio	46,43		48,77		55,85		57,99		63,76	
Densidad seca (gr/cm³)	0,998		1,049		1,060		1,015		0,974	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo



$$\gamma_{m\acute{a}x} = 1,060 \frac{gr}{cm^3}$$

$$\%W_{opt} = 54\%$$



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T-180 Método D	Muestra:	2
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	8/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 4+500

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes: 25
Altura de caída: 18"

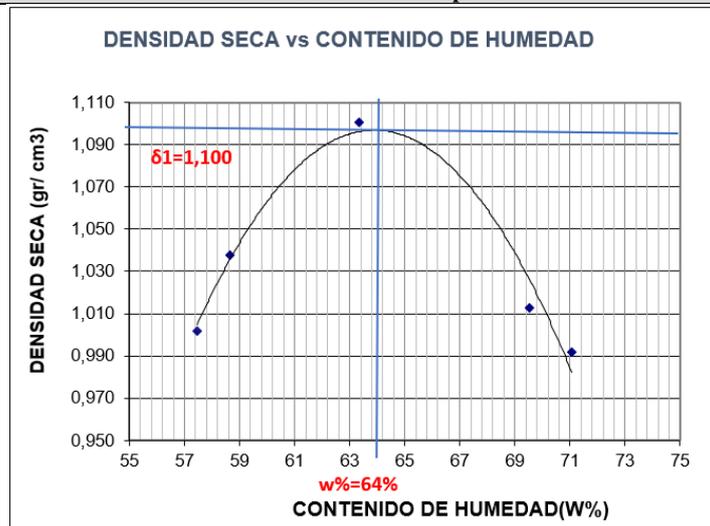
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5279,01	5344,21	5487,20	5410,98	5391,45
Peso suelo húmedo (gr)	1489,01	1554,21	1697,20	1620,98	1601,45
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,577	1,646	1,798	1,717	1,696

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	B-52	H-45	J-6	K-8	M-5	M-9	M-8	F-5	F-8	K-51
Peso húmedo + recipiente	155,48	178,22	145,74	143,00	174,11	167,49	135,80	195,77	166,50	179,21
Peso seco + recipiente	120,49	131,44	110,45	108,75	129,88	125,46	100,98	134,10	115,71	116,40
Peso recipiente	58,49	51,46	50,77	49,85	61,15	57,78	50,16	46,66	40,31	32,41
Peso del agua	34,99	46,78	35,29	34,25	44,23	42,03	34,82	61,67	50,79	62,81
Peso de sólidos	62,00	79,98	59,68	58,90	68,73	67,68	50,82	87,44	75,40	83,99
%W	56,44	58,49	59,13	58,15	64,35	62,10	68,52	70,53	67,36	74,78
%W promedio	57,47		58,64		63,23		69,53		71,07	
Densidad seca (gr/cm³)	1,001		1,038		1,102		1,013		0,991	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo





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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T-180 Método D	Muestra:	3
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	9/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 5+000

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes:	25
Altura de caída:	18"

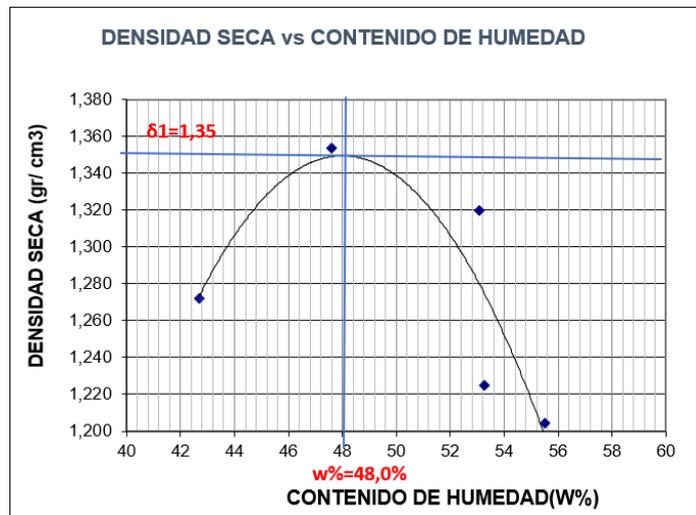
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5503,60	5675,80	5697,00	5562,20	5558,20
Peso suelo húmedo (gr)	1713,60	1885,80	1907,00	1772,20	1768,20
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,815	1,998	2,020	1,877	1,873

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	D-5	45A	24A	T-5	T-9	F-52	G-5	H-6	H-3	23A
Peso húmedo + recipiente	171,50	168,10	156,42	142,10	178,59	158,49	148,56	157,41	198,45	176,45
Peso seco + recipiente	137,28	137,25	128,56	110,57	138,74	130,46	120,57	120,00	156,49	136,70
Peso recipiente	53,34	68,12	69,40	45,00	75,49	65,48	59,78	58,19	78,10	67,54
Peso del agua	34,22	30,85	27,86	31,53	39,85	28,03	27,99	37,41	41,96	39,75
Peso de sólidos	83,94	69,13	59,16	65,57	63,25	64,98	60,79	61,81	78,39	69,16
%W	40,77	44,63	47,09	48,09	63,00	43,14	46,04	60,52	53,53	57,48
%W promedio	42,70		47,59		53,07		53,28		55,51	
Densidad seca (gr/cm³)	1,272		1,354		1,320		1,225		1,204	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo



$$\gamma_{m\acute{a}x} = 1,350 \frac{gr}{cm^3}$$

$$\%W_{opt} = 48\%$$



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T-180 Método D	Muestra:	4
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	10/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 5+500

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes: 25
Altura de caída: 18"

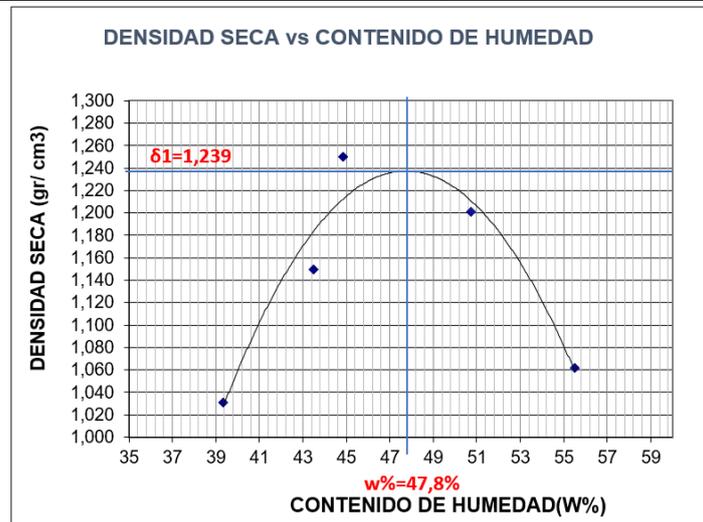
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5146,23	5347,20	5498,74	5499,45	5348,65
Peso suelo húmedo (gr)	1356,23	1557,20	1708,74	1709,45	1558,65
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,437	1,650	1,810	1,811	1,651

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	W-2	W-5	F-6	F-42	F-63	11A	2	7A	11-B	96A
Peso húmedo + recipiente	174,56	164,23	156,52	142,55	175,23	168,20	161,80	164,20	200,45	189,21
Peso seco + recipiente	140,52	135,49	128,88	112,98	142,11	135,47	125,89	126,75	150,45	145,00
Peso recipiente	50,45	65,22	61,26	48,79	69,22	61,49	50,44	57,23	64,38	61,45
Peso del agua	34,04	28,74	27,64	29,57	33,12	32,73	35,91	37,45	50,00	44,21
Peso de sólidos	90,07	70,27	67,62	64,19	72,89	73,98	75,45	69,52	86,07	83,55
%W	37,79	40,90	40,88	46,07	45,44	44,24	47,59	53,87	58,09	52,91
%W promedio	39,35		43,48		44,84		50,73		55,50	
Densidad seca (gr/cm³)	1,031		1,150		1,250		1,201		1,062	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo



$$\gamma_{m\acute{a}x} = 1,239 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\%W_{opt} = 47,8\%$$



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T-180 Método D	Muestra:	5
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	11/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 6+000

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes: 25
Altura de caída: 18"

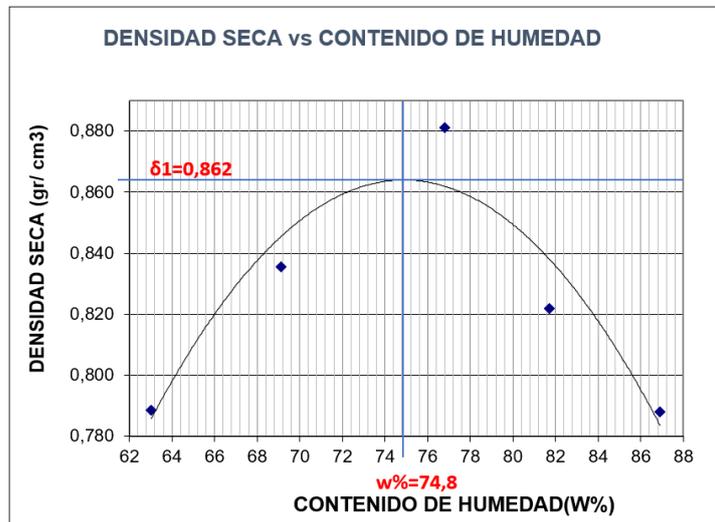
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5003,60	5124,20	5260,40	5199,60	5180,20
Peso suelo húmedo (gr)	1213,60	1334,20	1470,40	1409,60	1390,20
Densidad húmeda (gr/cm3)	1,286	1,413	1,558	1,493	1,473

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	W-5	T-97	D-5	A-64	11B	14B	97B	16	17	5B
Peso húmedo + recipiente	186,98	175,49	145,55	146,58	158,77	175,21	178,79	165,44	169,20	158,46
Peso seco + recipiente	134,45	135,29	102,32	105,26	106,26	138,52	119,35	129,75	110,46	115,42
Peso recipiente	53,84	69,27	39,43	45,87	44,07	85,45	48,59	84,80	43,90	65,09
Peso del agua	52,53	40,20	43,20	41,32	52,51	36,69	59,44	35,69	58,74	43,04
Peso de sólidos	80,61	66,02	62,89	59,39	62,19	53,07	70,76	44,95	66,56	50,33
%W	65,17	60,89	68,69	69,57	84,43	69,14	84,00	79,40	88,25	85,52
%W promedio	63,03		69,13		76,79		81,70		86,89	
Densidad seca (gr/cm3)	0,789		0,835		0,881		0,822		0,788	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo



$$\gamma_{\text{máx}} = 0,862 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\%W_{\text{opt}} = 74,8\%$$



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T-180 Método D	Muestra:	6
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	14/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 6+500

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes: 25
Altura de caída: 18"

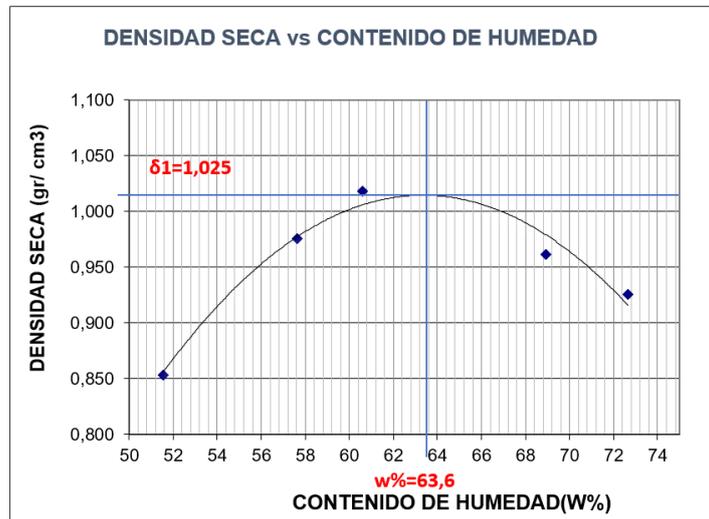
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5010,25	5241,32	5333,57	5323,12	5299,01
Peso suelo húmedo (gr)	1220,25	1451,32	1543,57	1533,12	1509,01
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,293	1,537	1,635	1,624	1,599

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	W-1	D-8	D-5	4-T	2-F	56-T	10-B	E-2	11-T	96A
Peso húmedo + recipiente	169,45	155,42	143,23	149,50	160,00	171,23	176,25	170,38	165,60	150,55
Peso seco + recipiente	120,55	110,63	115,26	106,31	116,52	128,37	120,46	116,66	106,30	106,45
Peso recipiente	27,56	21,89	37,44	34,03	44,21	58,20	40,08	38,20	28,34	42,75
Peso del agua	48,90	44,79	43,20	43,19	43,48	42,86	55,79	53,72	59,30	44,10
Peso de sólidos	92,99	88,74	77,82	72,28	72,31	70,17	80,38	78,46	77,96	63,70
%W	52,59	50,47	55,51	59,75	60,13	61,08	69,41	68,47	76,06	69,23
%W promedio	51,53		57,63		60,61		68,94		72,65	
Densidad seca (gr/cm³)	0,853		0,975		1,018		0,961		0,926	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo



$$\gamma_{\text{máx}} = 1,025 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\%W_{\text{opt}} = 63,6\%$$



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T-180 Método D	Muestra:	7
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	15/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 7+000

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes: 25
Altura de caída: 18"

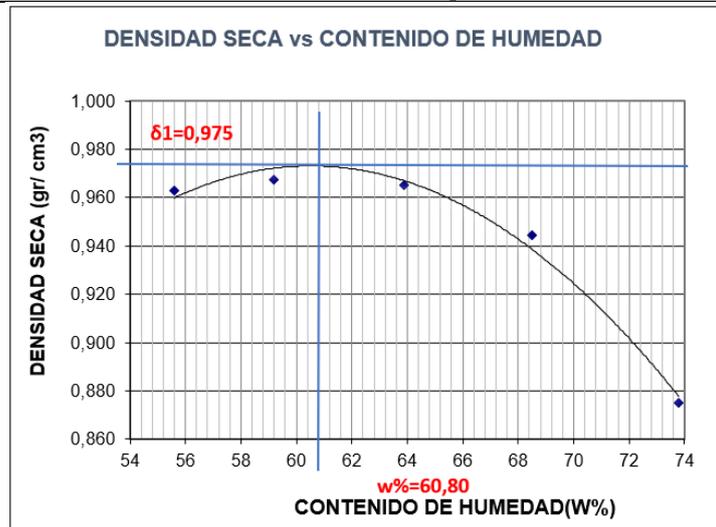
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5204,20	5244,00	5283,40	5292,00	5226,00
Peso suelo húmedo (gr)	1414,20	1454,00	1493,40	1502,00	1436,00
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,498	1,540	1,582	1,591	1,521

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	K-5	L68	F-87	G-6	M-9	D-78	D-9	D-6	D-12	5A
Peso húmedo + recipiente	160,27	158,63	161,87	155,23	137,03	170,23	157,12	160,32	153,55	152,66
Peso seco + recipiente	122,23	115,26	122,23	105,42	100,35	126,45	110,95	106,10	106,56	100,20
Peso recipiente	55,08	35,69	49,75	27,20	42,77	58,10	40,45	30,25	41,82	30,26
Peso del agua	38,04	43,37	39,64	49,81	36,68	43,78	46,17	54,22	46,99	52,46
Peso de sólidos	67,15	79,57	72,48	78,22	57,58	68,35	70,50	75,85	64,74	69,94
%W	56,65	54,51	54,69	63,68	63,70	64,05	65,49	71,48	72,58	75,01
%W promedio	55,58		59,19		63,88		68,49		73,80	
Densidad seca (gr/cm³)	0,963		0,967		0,965		0,944		0,875	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo



$$\gamma_{\text{máx}} = 0,975 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\%W_{\text{opt}} = 60,8\%$$



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



Proyecto: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

Norma: AASHTO T-180 Método D **Muestra:** 8

Realizado por: Brando Ariel Aillón Maroto **Profundidad:** 1,20 m

Revisado por: Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg. **Fecha:** 16/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 7+500

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes: 25
Altura de caída: 18"

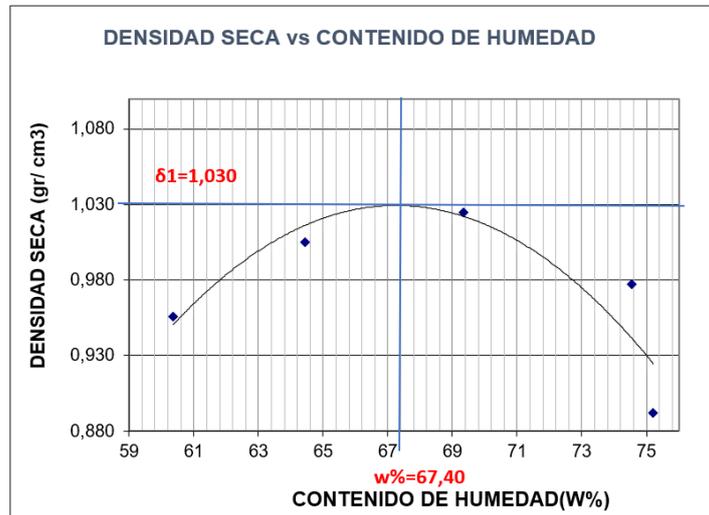
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	5236,90	5349,21	5428,67	5399,54	5264,33
Peso suelo húmedo (gr)	1446,90	1559,21	1638,67	1609,54	1474,33
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,533	1,652	1,736	1,705	1,562

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	W-1	D-8	D-5	4-T	2-F	56-T	10-B	E-2	11-T	96A
Peso húmedo + recipiente	167,52	150,21	162,50	152,00	142,32	159,66	158,99	165,45	155,10	166,21
Peso seco + recipiente	126,45	106,25	112,56	106,42	102,02	114,20	111,24	115,28	109,37	109,55
Peso recipiente	57,62	34,25	33,23	37,25	43,06	49,58	43,80	51,21	48,20	34,65
Peso del agua	41,07	43,96	49,94	45,58	40,30	45,46	47,75	50,17	45,73	56,66
Peso de sólidos	68,83	72,00	79,33	69,17	58,96	64,62	67,44	64,07	61,17	74,90
%W	59,67	61,06	62,95	65,90	68,35	70,35	70,80	78,30	74,76	75,65
%W promedio	60,37		64,43		69,35		74,55		75,21	
Densidad seca (gr/cm³)	0,956		1,005		1,025		0,977		0,892	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo



$$\gamma_{m\acute{a}x} = 1,030 \frac{gr}{cm^3}$$

$$\%W_{opt} = 67,4\%$$



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	AASHTO T-180 Método D	Muestra:	9
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	17/6/2021

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ABSCISA 8+000

Especificaciones del ensayo:

Número de golpes: 25
Altura de caída: 18"

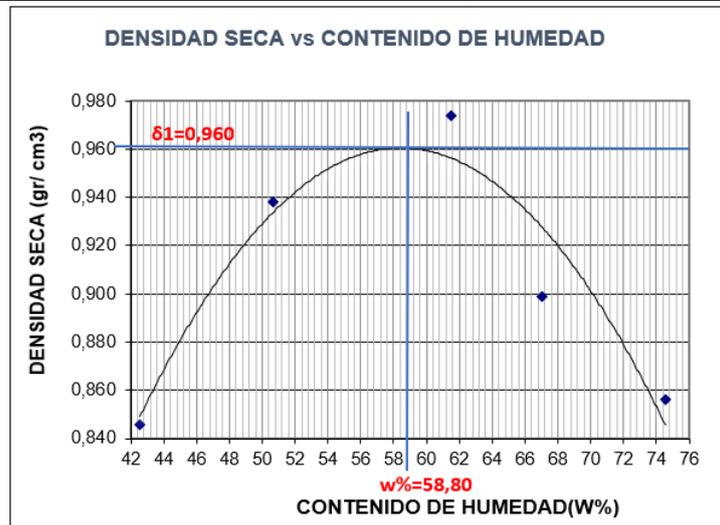
1. Proceso de compactación de laboratorio

Muestra	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida en %	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Humedad inicial añadida en (cc)	0,00	80,00	160,00	320,00	400,00
Peso molde + suelo húmedo (gr)	4928,00	5124,20	5271,80	5207,80	5200,20
Peso suelo húmedo (gr)	1138,00	1334,20	1481,80	1417,80	1410,20
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,206	1,413	1,570	1,502	1,494

2. Determinación de contenido de humedad

Recipiente	23C	12C	11	15	98	6A	7A	54	4	D-7
Peso húmedo + recipiente	138,68	135,27	144,72	151,36	143,22	152,44	150,77	166,57	154,01	159,35
Peso seco + recipiente	109,69	104,23	110,47	107,66	104,97	108,64	106,96	112,38	106,56	106,48
Peso recipiente	40,95	32,00	37,48	27,33	37,78	42,31	40,73	32,63	43,65	34,65
Peso del agua	28,99	31,04	34,25	43,70	38,25	43,80	43,81	54,19	47,45	52,87
Peso de sólidos	68,74	72,23	72,99	80,33	67,19	66,33	66,23	79,75	62,91	71,83
%W	42,17	42,97	46,92	54,40	56,93	66,03	66,15	67,95	75,43	73,60
%W promedio	42,57		50,66		61,48		67,05		74,52	
Densidad seca (gr/cm³)	0,846		0,938		0,972		0,899		0,856	

3. Gráfica Densidad seca máxima vs. Contenido de humedad óptimo



$$\gamma_{m\acute{a}x} = 0,960 \frac{gr}{cm^3}$$

$$\%W_{opt} = 58,80\%$$

F. Ensayo CBR



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	1
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	22/6/2021

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 4+000

1. CBR						
# Molde	15		18		44	
# de Capas	5		5		5	
# Golpes	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	9136,40	9249,20	9100,40	9287,00	8651,00	8965,00
Peso molde (gr)	5864,50	5864,50	5965,10	5965,10	5775,00	5775,00
Peso muestra húmeda (gr)	3271,90	3384,70	3135,30	3321,90	2876,00	3190,00
Volumen de la muestra (cm ³)	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,541	1,594	1,477	1,565	1,355	1,503

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	D-3	D-8	B-6	P-5	H-1	W-2
Peso húmedo + recipiente (gr)	170,78	177,71	151,03	160,92	154,06	153,31
Peso seco + recipiente (gr)	127,05	124,02	112,41	111,96	114,84	114,91
Peso recipiente (gr)	1,36	46,60	41,62	40,86	42,78	53,32
Peso del agua (gr)	43,73	53,69	38,62	48,96	39,22	38,40
Peso de sólidos (gr)	125,69	77,42	70,79	71,10	72,06	61,59
% W	34,79	69,35	54,56	68,86	54,43	62,35
% W promedio	52,07		61,71		58,39	
Agua absorbida	34,56 %		14,30 %		7,92 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,143	0,941	0,956	0,927	0,877	0,926
Densidad seca promedio (gr/cm³)	1,042		0,942		0,902	

3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Pigs.	DIAL			Mues	Pigs.
DIA Y MES			Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%
23-jun-21	18:10	0	0,05	5,00	0,00	0,00	0,07	5,00	0,00	0,00	0,11	5,00	0,00	0,00
24-jun-21	18:10	1	0,07		1,34	0,27	0,08		1,04	0,21	0,12		0,60	0,12
25-jun-21	18:10	2	0,07		2,01	0,40	0,08		1,80	0,36	0,13		1,68	0,34

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb										AREA DEL PISTON: 3pl2				
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
				lb/plg2			lb/plg2				lb/plg2			
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	32,4	23,8			28,3	20,8			24,8	18,2		
1	30	50	70,6	51,9			60,7	44,6			45,6	33,5		
2	0	75	107,6	79,1			93,6	68,8			62,4	45,8		
2	0	100	146,8	107,8	107,8	10,8	107,8	79,2	79,2	7,9	78,4	57,6	57,6	5,8
3	0	150	210,2	154,4			194,4	142,8			96,8	71,1		
4	0	200	267,8	196,7	196,7	13,1	223,3	164,1	164,1	11	107,6	79,1	79,1	5
5	0	250	301,4	221,4			243,6	179,0			115,3	84,7		
6	0	300	324,8	238,6			299,6	220,1			137,3	100,9		
8	0	400	380,1	279,2			344,4	253,0			148,8	109,3		
10	0	500	401,8	295,2			361,2	265,4			164,1	120,6		
CBR corregido 1"										7,9				5,8
CBR corregido 2"										10,9				5,3

GRAFICO
PRESION - PENETRACION

Densidades		vs	Resistencias	
gr/cm4	1,042		10,78	13,1 %
gr/cm4	0,942		7,92	10,9 %
gr/cm5	0,902		5,76	5,3 %

Densidad Máx	1,060	gr/cm3
90% de DM	0,954	gr/cm3

CBR PUNTUAL: 7,90 %



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI				
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	2		
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m		
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	23/6/2021		

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 4+500

1. CBR						
	15		18		44	
	5		5		5	
	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	9089,48	9144,21	9156,32	9167,58	8719,35	8875,61
Peso molde (gr)	5755,32	5742,01	5799,65	5994,66	5874,25	5698,64
Peso muestra húmeda (gr)	3334,16	3402,20	3356,67	3172,92	2845,10	3176,97
Volumen de la muestra (cm ³)	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,570	1,602	1,581	1,495	1,340	1,496

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	T-5	Y-8	H-55	G-6	D-65	G-5
Peso húmedo + recipiente (gr)	175,46	181,42	152,34	157,68	155,40	152,21
Peso seco + recipiente (gr)	132,22	127,40	113,87	108,88	115,29	113,65
Peso recipiente (gr)	5,28	49,87	42,50	37,74	43,10	55,26
Peso del agua (gr)	43,24	54,02	38,47	48,80	40,11	38,56
Peso de sólidos (gr)	126,94	77,53	71,37	71,14	72,19	58,39
% W	34,06	69,68	53,90	68,60	55,56	66,04
% W promedio	51,87		61,25		60,80	
Agua absorbida	35,62 %		14,70 %		10,48 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,171	0,944	1,027	0,887	0,861	0,901
Densidad seca promedio (gr/cm³)	1,058		0,957		0,881	

3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Pigs.	DIAL			Mues	Pigs.
DIA Y MES			Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%
23-jun-21	18:10	0	0,05	5,00	0,00	0,00	0,07	5,00	0,00	0,00	0,11	5,00	0,00	0,00
24-jun-21	18:10	1	0,07		1,34	0,27	0,08		1,04	0,21	0,13		1,80	0,36
25-jun-21	18:10	2	0,08		2,65	0,53	0,10		3,40	0,68	0,15		3,80	0,76

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb							AREA DEL PISTON: 3pl2							
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
			lb/plg2			lb/plg2			lb/plg2					
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	35,2	25,9			25,4	18,7			22,1	16,2		
1	30	50	75,4	55,4			78,6	57,7			40,3	29,6		
2	0	75	105,6	77,6			95,6	70,2			54,8	40,3		
3	0	100	145,2	106,7	106,7	10,7	110,4	81,1	81,1	8,1	84,5	62,1	62,1	6,2
4	0	150	220,7	162,1			200,8	147,5			91,8	67,4		
5	0	200	289,5	212,6	212,6	14,2	215,6	158,4	158,4	11	98,6	72,4	72,4	5
6	0	250	325,4	239,1			240,3	176,5			100,3	73,7		
8	0	300	349,8	257,0			275,4	202,3			124,5	91,5		
8	0	400	419,2	308,0			301,2	221,3			134,2	98,6		
10	0	500	462,7	339,9			342,2	251,4			160,4	117,8		
CBR corregido 1"										8,1				6,2
CBR corregido 2"										10,6				4,8

GRAFICO
PRESION - PENETRACION

Cbr vs densidades cbr vs densidades 2"

Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm3	1,058	10,67	14,2 %
gr/cm4	0,957	8,11	10,6 %
gr/cm5	0,881	6,21	4,8 %

Densidad Máx	1,100	gr/cm3
90% de DM	0,990	gr/cm3

CBR PUNTUAL: 8,60 %



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	3
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	24/6/2021

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 5+000

1. CBR						
# Molde	15		18		44	
# de Capas	5		5		5	
# Golpes	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	9556,32	9456,30	9026,54	9176,32	8626,87	8120,50
Peso molde (gr)	5864,50	5864,50	5965,10	5965,10	5775,00	5775,00
Peso muestra húmeda (gr)	3691,82	3591,80	3061,44	3211,22	2851,87	2345,50
Volumen de la muestra (cm ³)	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,739	1,692	1,442	1,513	1,343	1,105

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	T-60	C-7	B-6	1-P	B-8	2-R
Peso húmedo + recipiente (gr)	173,25	193,19	165,88	169,60	152,56	180,19
Peso seco + recipiente (gr)	148,20	153,06	141,60	143,27	131,70	145,37
Peso recipiente (gr)	45,88	41,65	41,65	53,12	41,77	42,83
Peso del agua (gr)	25,05	40,13	24,28	26,33	20,86	34,82
Peso de sólidos (gr)	102,32	111,41	99,95	90,15	89,93	102,54
% W	24,48	36,02	24,29	29,21	23,20	33,96
% W promedio	30,25		26,75		28,58	
Agua absorbida	11,54 %		4,92 %		10,76 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,397	1,244	1,160	1,171	1,090	0,825
Densidad seca promedio (gr/cm³)	1,321		1,166		0,958	

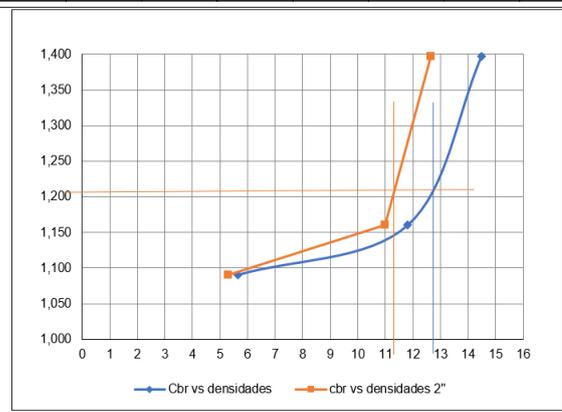
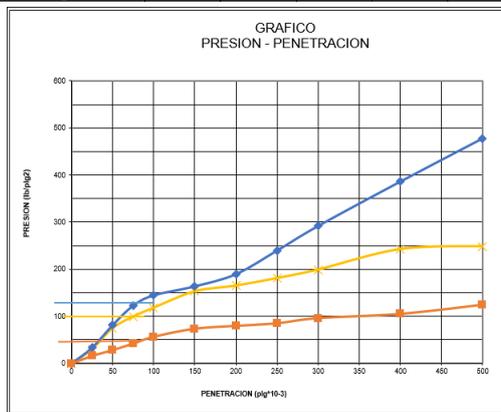
3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Pigs.	DIAL			Mues	Pigs.
DIA Y MES			Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%
25-jun-21	18:10	0	0,15	5,00	0,00	0,00	0,11	5,00	0,00	0,00	0,10	5,00	0,00	0,00
26-jun-21	18:10	1	0,16		1,54	0,31	0,12		0,64	0,13	0,11		1,04	0,21
27-jun-21	18:10	2	0,18		3,11	0,62	0,13		1,76	0,35	0,12		2,84	0,57

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION

CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb

AREA DEL PISTON: 3pl2

MOLDE NUMERO		15					18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG		LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG		LECT	LEIDA	CORG	
			DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%	DIAL	lb/plg2		%
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	45,6	33,5			41,7	30,6			21,9	16,1		
1	30	50	110,5	81,2			102,1	75,0			38,6	28,4		
2	0	75	167,2	122,8			135,4	99,5			57,2	42,0		
3	0	100	197,2	144,9	144,9	14,5	160,8	118,1	118,1	11,8	76,9	56,5	56,5	5,6
4	0	150	223,2	164,0			208,1	152,9			100,1	73,5		
5	0	200	258,2	189,7	189,7	12,6	224,5	164,9	164,9	11	108,3	79,6	79,6	5
6	0	250	326,2	239,6			246,1	180,8			115,8	85,1		
8	0	300	397,3	291,9			270,6	198,8			130,6	95,9		
8	0	400	525,6	386,1			329,6	242,1			142,8	104,9		
10	0	500	650,2	477,7			338,1	248,4			168,9	124,1		
CBR corregido 1"						14,5				11,8				5,6
CBR corregido 2"						12,6				11,0				5,3



Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm3	1,321	14,49	12,6 %
gr/cm4	1,166	11,81	11,0 %
gr/cm5	0,958	5,65	5,3 %

Densidad Máx	1,350	gr/cm3
90% de DM	1,215	gr/cm3
CBR PUNTUAL: 12,75 %		



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	4
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	28/6/2021

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 5+500

1. CBR						
# Molde	15		18		44	
# de Capas	5		5		5	
# Golpes	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	10016,80	10083,20	9847,80	9997,20	8564,30	8300,45
Peso molde (gr)	5864,50	5864,50	5965,10	5965,10	5775,00	5775,00
Peso muestra húmeda (gr)	4152,30	4218,70	3882,70	4032,10	2789,30	2525,45
Volumen de la muestra (cm ³)	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,956	1,987	1,829	1,899	1,314	1,190

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	T-60	C-7	B-6	1-P	B-8	2-R
Peso húmedo + recipiente (gr)	173,25	193,19	165,88	169,60	152,56	180,19
Peso seco + recipiente (gr)	148,20	153,06	141,60	143,27	131,70	145,37
Peso recipiente (gr)	45,88	41,65	41,65	53,12	41,77	42,83
Peso del agua (gr)	25,05	40,13	24,28	26,33	20,86	34,82
Peso de sólidos (gr)	102,32	111,41	99,95	90,15	89,93	102,54
% W	24,48	36,02	24,29	29,21	23,20	33,96
% W promedio	30,25		26,75		28,58	
Agua absorbida	11,54 %		4,92 %		10,76 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,571	1,461	1,472	1,470	1,067	0,888
Densidad seca promedio (gr/cm³)	1,516		1,471		0,978	

3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Pigs.	DIAL			Mues	Pigs.
DIA Y MES			Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%
28-jun-21	18:10	0	0,09	5,00	0,00	0,00	0,10	5,00	0,00	0,00	0,12	5,00	0,00	0,00
29-jun-21	18:10	1	0,11		2,00	0,40	0,13		3,00	0,60	0,13		1,00	0,20
30-jun-21	18:10	2	0,16		7,00	1,40	0,15		5,00	1,00	0,14		2,00	0,40

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb										AREA DEL PISTON: 3pl2				
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
			lb/plg2			lb/plg2			lb/plg2			lb/plg2		
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	40,3	29,6			39,5	29,0			15,8	11,6		
1	0	50	98,7	72,5			89,7	65,9			34,4	25,3		
1	30	75	152,7	112,2			167,5	123,1			50,2	36,9		
2	0	100	200,7	147,4	147,4	14,7	178,9	131,4	131,4	13,1	75,6	55,5	55,5	5,6
3	0	150	240,6	176,8			198,8	146,1			95,4	70,1		
4	0	200	267,9	196,8	196,8	13,1	234,1	172,0	172,0	11	100,6	73,9	73,9	5
5	0	250	301,4	221,4			250,0	183,7			112,4	82,6		
6	0	300	405,9	298,2			268,7	197,4			128,6	94,5		
8	0	400	499,8	367,2			300,5	220,8			135,7	99,7		
10	0	500	627,8	461,2			312,7	229,7			170,3	125,1		
CBR corregido 1"										13,1				5,6
CBR corregido 2"										11,5				4,9

Densidades vs Resistencias gr/cm3 1,516 14,74 13,1 % gr/cm4 1,471 13,14 11,5 % gr/cm5 0,978 5,55 4,9 %	Densidad Máx 1,239 gr/cm3 90% de DM 1,115 gr/cm3 <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 5px;">CBR PUNTUAL: 7,80 %</div>
--	---



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	5
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	29/6/2021

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 6+000

1. CBR						
	15		18		44	
	5		5		5	
	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	9256,45	9356,47	8802,60	8950,20	8398,00	8735,20
Peso molde (gr)	5864,50	5864,50	5965,10	5965,10	5775,00	5775,00
Peso muestra húmeda (gr)	3391,95	3491,97	2837,50	2985,10	2623,00	2960,20
Volumen de la muestra (cm ³)	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,598	1,645	1,337	1,406	1,235	1,394

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	D-5	2-F	T-60	T-60	R-4	D-5
Peso húmedo + recipiente (gr)	211,91	180,00	157,88	187,00	152,83	225,38
Peso seco + recipiente (gr)	154,33	119,29	112,45	114,64	110,29	145,62
Peso recipiente (gr)	65,57	46,46	37,83	38,88	42,98	65,54
Peso del agua (gr)	57,58	60,71	45,43	72,36	42,54	79,76
Peso de sólidos (gr)	88,76	72,83	74,62	75,76	67,31	80,08
% W	64,87	83,36	60,88	95,51	63,20	99,60
% W promedio	74,12		78,20		81,40	
Agua absorbida	18,49 %		34,63 %		36,40 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	0,969	0,897	0,831	0,719	0,757	0,698
Densidad seca promedio (gr/cm³)	0,933		0,775		0,728	

3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Pigs.	DIAL			Mues	Pigs.
DIA Y MES			Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%
29-jun-21	18:10	0	0,05	5,00	0,00	0,00	0,07	5,00	0,00	0,00	0,11	5,00	0,00	0,00
30-jun-21	18:10	1	0,07		1,34	0,27	0,08		1,04	0,21	0,12		0,60	0,12
1-jul-21	18:10	2	0,07		2,01	0,40	0,08		1,80	0,36	0,13		1,68	0,34

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb										AREA DEL PISTON: 3pl2				
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
				lb/plg2			lb/plg2				lb/plg2			
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	35,5	26,1			30,3	22,3			22,6	16,6		
1	0	50	71,2	52,3			62,8	46,1			39,6	29,1		
1	30	75	110,3	81,0			95,3	70,0			49,6	36,4		
2	0	100	136,6	100,4	100,4	10,0	113,2	83,2	83,2	8,3	59,0	43,3	43,3	4,3
3	0	150	185,4	136,2			139,6	102,6			69,8	51,3		
4	0	200	218,2	160,3	160,3	10,7	162,5	119,4	119,4	8	83,5	61,3	61,3	4
5	0	250	241,8	177,6			175,6	129,0			95,4	70,1		
6	0	300	275,3	202,3			203,6	149,6			103,4	76,0		
8	0	400	318,8	234,2			237,4	174,4			117,5	86,3		
10	0	500	402,8	295,9			260,4	191,3			130,2	95,7		
CBR corregido 1"										8,3				4,3
CBR corregido 2"										8,0				4,1

Densidades		vs	Resistencias	
gr/cm3	0,933		10,04	10,7 %
gr/cm4	0,775		8,32	8,0 %
gr/cm5	0,728		4,33	4,1 %

Densidad Máx	0,862	gr/cm3
90% de DM	0,776	gr/cm3

CBR PUNTUAL: 8,40 %



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI				
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	6		
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m		
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	30/6/2021		

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 6+500

1. CBR						
# Molde	15		18		44	
# de Capas	5		5		5	
# Golpes	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	9548,65	9654,25	9635,33	9788,10	9566,09	9878,65
Peso molde (gr)	6543,25	6123,33	6767,55	6543,25	6888,45	6984,56
Peso muestra húmeda (gr)	3005,40	3530,92	2867,78	3244,85	2677,64	2894,09
Volumen de la muestra (cm ³)	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,416	1,663	1,351	1,528	1,261	1,363

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	T-5	R-36	G-32	D-4	G-6	M-12
Peso húmedo + recipiente (gr)	169,85	165,35	148,87	145,69	154,45	200,03
Peso seco + recipiente (gr)	152,32	140,23	118,23	108,55	110,67	141,35
Peso recipiente (gr)	61,53	59,86	39,45	37,75	40,35	61,24
Peso del agua (gr)	17,53	25,12	30,64	37,14	43,78	58,68
Peso de sólidos (gr)	90,79	80,37	78,78	70,80	70,32	80,11
% W	19,31	31,26	38,89	52,46	62,26	73,25
% W promedio	25,29		45,68		67,76	
Agua absorbida	11,95 %		13,57 %		10,99 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,187	1,267	0,973	1,002	0,777	0,787
Densidad seca promedio (gr/cm³)	1,227		0,988		0,782	

3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Pigs.	DIAL			Mues	Pigs.
DIA Y MES			Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%
1-jul-21	18:10	0	0,09	5,00	0,00	0,00	0,06	5,00	0,00	0,00	0,10	5,00	0,00	0,00
2-jul-21	18:10	1	0,10		1,00	0,20	0,07		1,00	0,20	0,12		1,80	0,36
3-jul-21	18:10	2	0,12		3,00	0,60	0,09		3,00	0,60	0,13		2,88	0,58

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb							AREA DEL PISTON: 3pl2							
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
			lb/plg2			lb/plg2			lb/plg2			lb/plg2		
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	32,6	23,9			28,8	21,2			21,5	15,8		
1	0	50	101,4	74,5			90,2	66,3			35,9	26,4		
1	30	75	139,8	102,7			97,6	71,7			40,1	29,5		
2	0	100	149,9	110,1	110,1	11,0	123,3	90,6	90,6	9,1	49,8	36,6	36,6	3,7
3	0	150	190,7	140,1			157,6	115,8			56,3	41,4		
4	0	200	238,9	175,5	175,5	11,7	197,6	145,2	145,2	10	78,6	57,7	57,7	4
5	0	250	268,7	197,4			185,6	136,4			87,4	64,2		
6	0	300	300,3	220,6			198,7	146,0			98,6	72,4		
8	0	400	346,2	254,3			201,4	148,0			99,8	73,3		
10	0	500	397,1	291,7			210,3	154,5			105,6	77,6		
CBR corregido 1"						11,0				9,1				3,7
CBR corregido 2"						11,7				9,7				3,8

GRAFICO
PRESION - PENETRACION

Cbr vs densidades cbr vs densidades 2"

Densidades vs Resistencias gr/cm3 1,227 11,01 11,7 % gr/cm4 0,988 9,06 9,7 % gr/cm5 0,782 3,66 3,8 %	Densidad Máx 1,025 gr/cm3 90% de DM 0,923 gr/cm3 <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 5px;">CBR PUNTUAL: 7,80 %</div>
---	---



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI				
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	7		
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m		
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	1/7/2021		

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 7+000

1. CBR						
	7		8		9	
# Molde	7		8		9	
# de Capas	5		5		5	
# Golpes	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	9718,60	9852,00	9467,00	9717,20	9119,60	9548,20
Peso molde (gr)	6395,80	6395,80	6374,20	6374,20	6375,20	6375,20
Peso muestra húmeda (gr)	3322,80	3456,20	3092,80	3343,00	2744,40	3173,00
Volumen de la muestra (cm ³)	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,565	1,628	1,457	1,575	1,293	1,495

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	F-3	W-1	T-60	61-T	P-5	R-5
Peso húmedo + recipiente (gr)	194,07	182,64	146,95	167,02	149,60	163,20
Peso seco + recipiente (gr)	142,20	132,42	106,20	116,24	108,27	110,63
Peso recipiente (gr)	55,23	53,79	37,91	45,09	39,80	43,05
Peso del agua (gr)	51,87	50,22	40,75	50,78	41,33	52,57
Peso de sólidos (gr)	86,97	78,63	68,29	71,15	68,47	67,58
% W	59,64	63,87	59,67	71,37	60,36	77,79
% W promedio	61,76		65,52		69,08	
Agua absorbida	4,23 %		11,70 %		17,43 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	0,980	0,993	0,913	0,919	0,806	0,841
Densidad seca promedio (gr/cm³)	0,987		0,916		0,824	

3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Pigs.	DIAL			Mues	Pigs.
DIA Y MES			Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%
2-jul-21	18:10	0	0,06	5,00	0,00	0,00	0,02	5,00	0,00	0,00	0,02	5,00	0,00	0,00
3-jul-21	18:10	1	0,08		1,97	0,39	0,04		1,92	0,38	0,05		3,80	0,76
4-jul-21	18:10	2	0,10		4,21	0,84	0,06		3,80	0,76	0,08		5,96	1,19

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb										AREA DEL PISTON: 3pl2				
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
			lb/plg2			lb/plg2			lb/plg2					
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	33,3	24,5			21,2	15,6			20,6	15,1		
1	30	50	64,6	47,5			56,3	41,4			25,3	18,6		
2	0	75	108,8	79,9	107,8	10,8	83,6	61,4	90,1	9,0	40,7	29,9		
3	0	100	146,8	107,8	107,8	10,8	122,6	90,1	90,1	9,0	50,3	37,0	37,0	3,7
4	0	150	219,9	161,6	208,1	13,9	180,2	132,4	168,4	11	59,6	43,8	54,5	4
4	0	200	283,3	208,1	208,1	13,9	229,2	168,4	168,4	11	74,2	54,5	54,5	4
5	0	250	329,6	242,1			252,2	185,3			83,2	61,1		
6	0	300	383,7	281,9			302,4	222,2			88,8	65,2		
8	0	400	490,2	360,1			362,4	266,2			104,6	76,8		
10	0	500	546,6	401,6			407,6	299,5			114,8	84,3		
CBR corregido 1"						10,8				9,0				3,7
CBR corregido 2"						13,9				11,2				3,6

GRAFICO
PRESION - PENETRACION

Densidades		vs	Resistencias	
gr/cm3	0,987		10,78	13,9 %
gr/cm4	0,916		9,01	11,2 %
gr/cm5	0,824		3,70	3,6 %

Densidad Máx	0,975	gr/cm3
90% de DM	0,878	gr/cm3

CBR PUNTUAL: 5,80 %



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	8
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	2/7/2021

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 7+500

1. CBR						
# Molde	7		8		9	
# de Capas	5		5		5	
# Golpes	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	9875,16	9876,65	9546,26	9645,23	9257,87	9645,80
Peso molde (gr)	6458,32	6458,32	6398,75	6398,75	6368,52	6368,52
Peso muestra húmeda (gr)	3416,84	3418,33	3147,51	3246,48	2889,35	3277,28
Volumen de la muestra (cm ³)	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06	2123,06
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,609	1,610	1,483	1,529	1,361	1,544

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	F-3	W-1	T-60	61-T	P-5	R-5
Peso húmedo + recipiente (gr)	195,68	187,56	148,87	171,32	152,03	165,42
Peso seco + recipiente (gr)	143,65	133,52	109,98	117,56	110,26	111,32
Peso recipiente (gr)	54,69	54,23	38,98	46,38	40,08	42,99
Peso del agua (gr)	52,03	54,04	38,89	53,76	41,77	54,10
Peso de sólidos (gr)	88,96	79,29	71,00	71,18	70,18	68,33
% W	58,49	68,15	54,77	75,53	59,52	79,17
% W promedio	63,32		65,15		69,35	
Agua absorbida	9,66 %		20,76 %		19,65 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,015	0,957	0,958	0,871	0,853	0,862
Densidad seca promedio (gr/cm³)	0,986		0,915		0,858	

3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Pigs.	DIAL			Mues	Pigs.
DIA Y MES			Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%	Pigs.	Pigs.	*10-2	%
2-jul-21	18:10	0	0,05	5,00	0,00	0,00	0,06	5,00	0,00	0,00	0,06	5,00	0,00	0,00
3-jul-21	18:10	1	0,08		3,00	0,60	0,07		1,00	0,20	0,07		1,00	0,20
4-jul-21	18:10	2	0,09		4,00	0,80	0,09		3,00	0,60	0,08		2,00	0,40

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb							AREA DEL PISTON: 3pl2							
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
			lb/plg2			lb/plg2			lb/plg2					
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	39,7	29,2			35,2	25,9			21,6	15,9		
1	0	50	78,6	57,7			49,9	36,6			30,8	22,6		
1	30	75	126,5	92,9			75,5	55,5			35,5	26,1		
2	0	100	179,4	149,9	149,9	15,0	138,8	102,0	102,0	10,2	68,5	50,3	50,3	5,0
3	0	150	249,6	183,4			145,6	107,0			75,6	55,5		
4	0	200	296,3	217,7	217,7	14,5	198,6	145,9	145,9	10	86,5	63,5	63,5	4
5	0	250	345,3	253,7			219,3	161,1			96,6	71,0		
6	0	300	402,4	295,6			278,6	204,7			106,5	78,2		
8	0	400	506,7	372,3			301,5	221,5			110,6	81,3		
10	0	500	587,3	431,5			355,2	261,0			129,8	95,4		
CBR corregido 1"						15,0	CBR corregido 2"						14,5	

GRAFICO
PRESION - PENETRACION

Densidades vs Resistencias gr/cm3 0,986 vs 14,99 14,5 % gr/cm4 0,915 vs 10,20 9,7 % gr/cm5 0,858 vs 5,03 4,2 %	Densidad Máx 1,030 gr/cm3 90% de DM 0,927 gr/cm3 <div style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 5px;">CBR PUNTUAL: 11,10 %</div>
---	--



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



Proyecto:	AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO 4+000 A 8+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
Norma:	ASTM D1883	Muestra:	9
Realizado por:	Brando Ariel Aillón Maroto	Profundidad:	1,20 m
Revisado por:	Ing. Marisol Bayas Altamirano Mg.	Fecha:	3/7/2021

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

ABSCISA 8+000

1. CBR						
	7		8		9	
# Molde						
# de Capas	5		5		5	
# Golpes	56		27		11	
Remojo	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Wm + molde (gr)	9748,40	9846,60	9479,80	9675,80	9258,00	9001,56
Peso molde (gr)	6395,80	6395,80	6374,20	6374,20	6375,20	6375,20
Peso muestra húmeda (gr)	3352,60	3450,80	3105,60	3301,60	2882,80	2626,36
Volumen de la muestra (cm ³)	2086,00	2086,00	2086,00	2086,00	2086,00	2086,00
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1,607	1,654	1,489	1,583	1,382	1,259

2. Determinación de contenido de humedad						
Recipiente	B-8	P-4	D-1	1-B	2-F	D-1
Peso húmedo + recipiente (gr)	162,94	196,10	183,63	190,22	156,10	188,52
Peso seco + recipiente (gr)	118,58	138,20	130,70	134,83	115,85	128,80
Peso recipiente (gr)	42,32	48,98	43,55	53,15	46,55	43,53
Peso del agua (gr)	44,36	57,90	52,93	55,39	40,25	59,72
Peso de sólidos (gr)	76,26	89,22	87,15	81,68	69,30	85,27
% W	58,17	64,90	60,73	67,81	58,08	70,04
% W promedio	61,54		64,27		64,06	
Agua absorbida	6,73 %		7,08 %		11,96 %	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,016	1,003	0,926	0,943	0,874	0,740
Densidad seca promedio (gr/cm³)	1,010		0,935		0,807	

3. DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en Plgs*10-2														
MOLDE NUMERO			15				18				44			
FECHA	TIEMPO		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ		LECT	h	ESPONJ	
	HORA	DIAS			DIAL	Mues			Plgs.	DIAL			Mues	Plgs.
DIA Y MES			Plgs.	Plgs.	*10-2	%	Plgs.	Plgs.	*10-2	%	Plgs.	Plgs.	*10-2	%
4-jul-21	18:10	0	0,06	5,00	0,00	0,00	0,02	5,00	0,00	0,00	0,02	5,00	0,00	0,00
5-jul-21	18:10	1	0,08		1,97	0,39	0,04		1,92	0,38	0,05		3,80	0,76
6-jul-21	18:10	2	0,10		4,21	0,84	0,06		3,80	0,76	0,08		5,96	1,19

4. ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA: 2,204 lb										AREA DEL PISTON: 3pl2				
MOLDE NUMERO			15				18				44			
TIEMPO		PENET. " 10-3	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR %
MIN	SEG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG			LEIDA	CORG	
			lb/plg2			lb/plg2			lb/plg2					
0	30	0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
1	0	25	38,1	28,0			35,3	25,9			32,6	24,0		
1	30	50	83,9	61,6			79,8	58,6			62,6	46,0		
2	0	75	120,2	88,3			112,8	82,9			80,6	59,2		
3	0	100	160,3	117,8	117,8	11,8	151,1	111,0	111,0	11,1	93,7	68,8	68,8	6,9
4	0	150	241,1	177,1			192,6	141,5			126,6	93,0		
5	0	200	313,2	230,1	230,1	15,3	240,8	176,9	176,9	12	139,6	102,6	102,6	7
6	0	250	380,7	279,7			270,6	198,8			152,2	111,8		
8	0	300	427,6	314,1			326,6	239,9			166,2	122,1		
8	0	400	536,8	394,4			361,2	265,4			186,3	136,9		
10	0	500	635,8	467,1			428,8	315,0			205,8	151,2		
CBR corregido 1"														6,9
CBR corregido 2"														6,8

GRAFICO
PRESION - PENETRACION

Cbr vs densidades cbr vs densidades 2"

Densidades	vs	Resistencias	
gr/cm3	1,010	11,78	15,3 %
gr/cm4	0,935	11,10	11,8 %
gr/cm5	0,807	6,88	6,8 %

Densidad Máx	0,960	gr/cm3
90% de DM	0,864	gr/cm3

CBR PUNTUAL: 8,70 %

Anexo N° 4: Volúmenes de obra

Anexo N° 5: Análisis de precios unitarios

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Desco 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 001

UNIDAD: Ha

DETALLE: Limpieza y desbroce

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					5,91
Retroexcavadora	1	35,00	35	6	210,00
Motosierra	2	5,00	10	6	60,00
SUBTOTAL M					275,91
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2,00	3,83	7,66	6,00	45,96
Operador de retroexcavadora (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	6,00	25,74
Operador de equipo liviano (Estruc. Ocup. D2)	2,00	3,87	7,74	6,00	46,44
SUBTOTAL N					118,14
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					394,05
INDIRECTOS %				20,00%	78,81
UTILIDAD %				0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					472,86
VALOR OFERTADO					472,86

SON: Cuatrocientos setenta y dos dólares con ochenta y seis centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 002

UNIDAD: km

DETALLE: Replanteo y nivelación lineal

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					17,03
Equipo topográfico	1,00	10,00	10,00	14,20	142,00
SUBTOTAL M					159,03
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Topógrafo (Estruc. Ocup. C1)	2,00	4,29	8,58	14,20	121,84
Cadenero (Estruc. Ocup. D2)	2,00	3,87	7,74	14,20	109,91
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2,00	3,83	7,66	14,20	108,77
SUBTOTAL N					340,52
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Estacas de madera	u	10,00	0,75	7,50	
Clavos	kg	1,00	1,78	1,78	
Pintura esmalte	gal	0,15	15,00	2,25	
Mojones	u	1,00	5,25	5,25	
SUBTOTAL O					16,78
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					516,33
INDIRECTOS %					20,00% 103,27
UTILIDAD %					0,00% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					619,60
VALOR OFERTADO					619,60

SON: Seiscientos diecinueve dólares con sesenta centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 003

UNIDAD: m3

DETALLE: Excavación sin clasificar con maquinaria, incluye desalojo

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,02
Excavadora oruga	1,00	40,00	40,00	0,021	0,84
Cargadora frontal	1,00	35,00	35,00	0,021	0,74
Volqueta (8m3)	3,00	25,00	75,00	0,008	0,60
SUBTOTAL M					2,20
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador de excavadora (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Operador de cargadora frontal (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Chofer: Volquetas (Estruc. Ocup. C1)	3,00	5,62	16,86	0,008	0,13
SUBTOTAL N					0,31
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
					0,00
					0,00
SUBTOTAL P					0,00
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			2,51
		INDIRECTOS %			20,00%
		UTILIDAD %			0,00%
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			3,01
		VALOR OFERTADO			3,01

SON: Tres dólares con un centavo.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Desco 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 004

UNIDAD: m³

DETALLE: Relleno compactado con material de sitio

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,03
Rodillo vibrador (8ton)	1,00	30,00	30,00	0,021	0,63
Cargadora frontal	1,00	35,00	35,00	0,021	0,74
Tanquero de agua	1,00	30,00	30,00	0,021	0,63
Motoniveladora	1,00	40,00	40,00	0,021	0,84
					2,87
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador de motoniveladora (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Operador de cargadora frontal (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Operador de rodillo (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,021	0,09
Operador de tanqueros (Estruc. Ocup. C1)	1,00	5,62	5,62	0,021	0,12
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0,50	4,29	2,15	0,021	0,05
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3,00	3,83	11,49	0,021	0,24
SUBTOTAL N					0,67
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Agua	m ³	0,10	1,50	0,15	
SUBTOTAL O				0,15	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				3,69
	INDIRECTOS %				20,00%
	UTILIDAD %				0,00%
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				4,43
	VALOR OFERTADO				4,43

SON: Cuatro dólares con cuarenta y tres centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 005

UNIDAD: m3

DETALLE: Excavación para cunetas, incluye desalojo

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,24
Retroexcavadora	1,00	40,00	40,00	0,13	5,20
Cargadora frontal	1,00	35,00	35,00	0,13	4,55
Volqueta (8m3)	1,00	25,00	25,00	0,13	3,25
SUBTOTAL M					13,24
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador de retroexcavadora (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,13	0,56
Operador de cargadora frontal (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,13	0,56
Chofer: Volquetas (Estruc. Ocup. C1)	3,00	5,62	16,86	0,13	2,19
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2,00	3,83	7,66	0,13	1,00
Residente de obra (Estruc. Ocup. B1)	1,00	4,31	4,31	0,13	0,56
SUBTOTAL N					4,87
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
					0,00
					0,00
SUBTOTAL P					0,00
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				18,11
				INDIRECTOS %	20,00%
				UTILIDAD %	0,00%
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	21,73
				VALOR OFERTADO	21,73

SON: Veintidós dólares con setenta y tres centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 006

UNIDAD: m3

DETALLE: Sub - base clase III, tendido y compactado

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,03
Rodillo vibrador (8ton)	1,00	35,00	35,00	0,014	0,49
Volqueta (8m3)	2,00	25,00	50,00	0,014	0,70
Tanquero de agua	1,00	30,00	30,00	0,014	0,42
Motoniveladora	1,00	40,00	40,00	0,014	0,56
SUBTOTAL M					2,20
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador de motoniveladora (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,014	0,06
Operador de rodillo (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,014	0,06
Chofer: Volquetas (Estruc. Ocup. C1)	2,00	5,62	11,24	0,014	0,16
Chofer: Tanqueros (Estruc. Ocup. C1)	1,00	5,62	5,62	0,014	0,08
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,014	0,06
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2,00	3,83	7,66	0,014	0,11
SUBTOTAL N					0,52
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Subbase clase III	m3	1,20	13,50	16,20	
Agua	m3	0,10	1,50	0,15	
SUBTOTAL O				16,35	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				19,07
	INDIRECTOS %				20,00%
	UTILIDAD %				0,00%
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				22,88
	VALOR OFERTADO				22,88

SON: Veintidos dólares con ochenta y ocho centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 007

UNIDAD: m3

DETALLE: Base clase IV, tendido y compactado

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,03
Rodillo vibrador (8ton)	1,00	35,00	35,00	0,014	0,49
Volqueta (8m3)	2,00	25,00	50,00	0,014	0,70
Tanquero de agua	1,00	30,00	30,00	0,014	0,42
Motoniveladora	1,00	40,00	40,00	0,014	0,56
SUBTOTAL M					2,20
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador de motoniveladora (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,014	0,06
Operador de rodillo (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,014	0,06
Chofer: Volquetas (Estruc. Ocup. C1)	2,00	5,62	11,24	0,014	0,16
Chofer: Tanqueros (Estruc. Ocup. C1)	1,00	5,62	5,62	0,014	0,08
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,014	0,06
Peón (Estruc. Ocup. E2)	2,00	3,83	7,66	0,014	0,11
SUBTOTAL N					0,52
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Base clase IV	m3	1,20	15,50	18,60	
Agua	m3	0,20	1,50	0,30	
SUBTOTAL O				18,90	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					21,62
INDIRECTOS %					20,00%
UTILIDAD %					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					25,94
VALOR OFERTADO					25,94

SON: Veinticinco dólares con noventa y cuatro centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 008

UNIDAD: m2

DETALLE: Carpeta asfáltica mezcla en planta e=5cm, incluye transporte

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,02
Planta asfáltica	1,00	160,00	160,00	0,005	0,80
Cargadora frontal	1,00	35,00	35,00	0,005	0,18
Volqueta (8m ³)	1,00	25,00	25,00	0,005	0,13
Escoba mecánica	1,00	25,00	25,00	0,005	0,13
Rodillo neumático	1,00	25,00	25,00	0,005	0,13
Rodillo compactador	1,00	25,00	25,00	0,005	0,13
Distribuidor de asfalto	1,00	55,00	55,00	0,005	0,28
Acabadora de asfalto	1,00	65,00	65,00	0,005	0,33
SUBTOTAL M					2,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador de planta asfáltica (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,005	0,02
Operador de cargadora frontal (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,005	0,02
Chofer: Volquetas (Estruc. Ocup. C1)	1,00	5,62	5,62	0,005	0,03
Operador de distribuidor de asfalto (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,005	0,02
Operador de acabadora de pavimento asfáltico (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,005	0,02
Operador de barredora autopropulsada (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,005	0,02
Operador de rodillo (Estruc. Ocup. C2)	2,00	4,09	8,18	0,005	0,04
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,29	4,29	0,005	0,02
Peón (Estruc. Ocup. E2)	12,00	3,83	45,96	0,005	0,23
SUBTOTAL N					0,42
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Asfalto AC10	gl	1,85	2,50	4,63	
Arena	m ³	0,05	13,00	0,59	
Ripio	m ³	0,05	15,00	0,68	
Diésel	gl	0,30	1,04	0,31	
SUBTOTAL O				6,21	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				8,73
	INDIRECTOS %				20,00%
					1,75
	UTILIDAD %				0,00%
					0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				10,48
	VALOR OFERTADO				10,48

SON: Diez dólares con cuarenta y ocho centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 009

UNIDAD: lt

DETALLE: Imprimación asfáltica

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,00
Barredora autopropulsada	1,00	25,00	25,00	0,001	0,03
Distribuidor de asfalto	1,00	30,00	30,00	0,001	0,03
SUBTOTAL M					0,06
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador de barredora autopropulsada (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,001	0,00
Operador de distribuidor de asfalto (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,09	4,09	0,001	0,00
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1,00	3,83	3,83	0,001	0,00
SUBTOTAL N					0,01
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Asfalto diluido tipo MC 250	lt	0,70	0,42	0,29	
Diésel para mezcla	lt	0,30	0,53	0,16	
SUBTOTAL O					0,45
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,52
INDIRECTOS %				20,00%	0,10
UTILIDAD %				0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,62
VALOR OFERTADO					0,62

SON: Sesenta y dos centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Desco 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 010

UNIDAD: ml

DETALLE: Cuneta de hormigón simple, f'c=180 kg/cm²

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,16
Concretera inc. parihuelas	1,00	5,00	5,00	0,10	0,50
Vibrador	0,10	5,00	0,50	0,10	0,05
SUBTOTAL M					0,71
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	6,00	3,83	22,98	0,10	2,30
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	2,00	3,87	7,74	0,10	0,77
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0,50	4,29	2,15	0,10	0,22
SUBTOTAL N					3,29
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cemento Portland puesto en sitio	saco	0,60	8,20	4,92	
Arena puesto en sitio	m ³	0,06	13,00	0,78	
Ripio triturado puesto en sitio	m ³	0,09	15,00	1,35	
Agua	m ³	0,02	1,50	0,03	
Tabla de monte	u	0,12	2,60	0,31	
Clavos	kg	0,25	1,75	0,44	
SUBTOTAL O				7,83	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				0,00	
				0,00	
SUBTOTAL P				0,00	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			11,83
		INDIRECTOS %			20,00%
		UTILIDAD %			0,00%
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			14,20
		VALOR OFERTADO			14,20

SON: Catorce dólares con veinte centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 011

UNIDAD: ml

DETALLE: Línea divisoria de carril color amarillo, ancho 10cm

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,00
Elementos de señalización	1,00	0,25	0,25	0,004	0,00
Carro, incluye equipo de pintura	1,00	25,00	25,00	0,004	0,10
SUBTOTAL M					0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3,00	3,83	11,49	0,004	0,05
Pinor (Estruc. Ocup. D2)	2,00	3,87	7,74	0,004	0,03
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0,50	4,29	2,15	0,004	0,01
SUBTOTAL N					0,09
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Pintura de tráfico reflectiva color amarillo aplicada con máquina	saco	0,01	36,00	0,36	
SUBTOTAL O					0,36
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,55
INDIRECTOS %					20,00%
UTILIDAD %					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,66
VALOR OFERTADO					0,66

SON: Sesenta y seis centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Elaborado por: Brando Ariel Aillón Maroto

Proyecto: Ampliación de la vía El Limón – El Deseo 4+000 A 8+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 012

UNIDAD: ml

DETALLE: Línea divisoria de carril color blanca, ancho 10cm

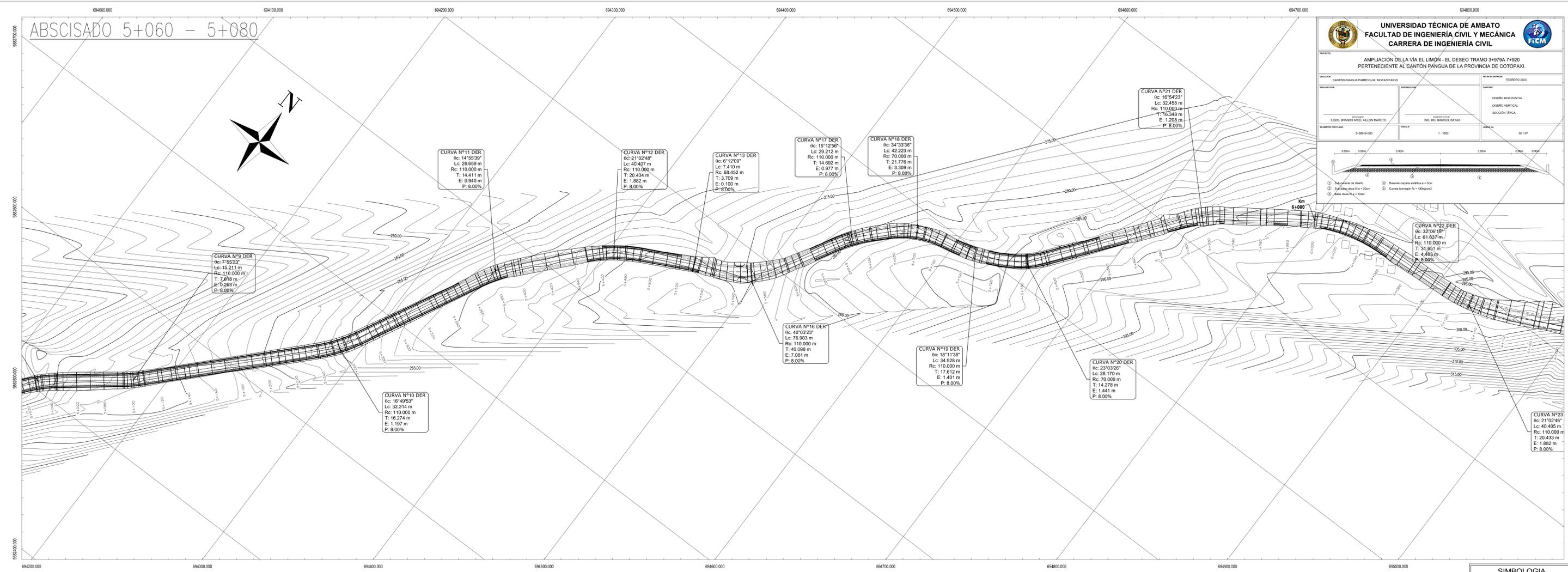
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0,00
Elementos de señalización	1,00	0,25	0,25	0,004	0,00
Carro, incluye equipo de pintura	1,00	25,00	25,00	0,004	0,10
SUBTOTAL M					0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	3,00	3,83	11,49	0,004	0,05
Pinor (Estruc. Ocup. D2)	2,00	3,87	7,74	0,004	0,03
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0,50	4,29	2,15	0,004	0,01
SUBTOTAL N					0,09
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Pintura de tráfico reflectiva color blanca aplicada con máquina	saco	0,01	36,00	0,36	
SUBTOTAL O					0,36
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				0,00	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,55
INDIRECTOS %				20,00%	0,11
UTILIDAD %				0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0,66	
VALOR OFERTADO				0,66	

SON: Sesenta y seis centavos.

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Brando Ariel Aillón Maroto
OFERENTE

Anexo N° 6: Planos



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

AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 3+979A 7+920
 PERTENECIENDO AL CANTÓN PÁNGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.

FECHA DE EJECUCIÓN: FEBRERO 2023

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 3+979A 7+920

PROYECTANTE: ESOBO BRUNO ARIEL ALLON MAROTO

REVISOR: ING. MARIO MARQUEZ BAYAS

ESCALA: 1:1000

PROYECTO: 02 / 107

1: 0.00m 0.50m 1.00m 1.50m 2.00m 2.50m

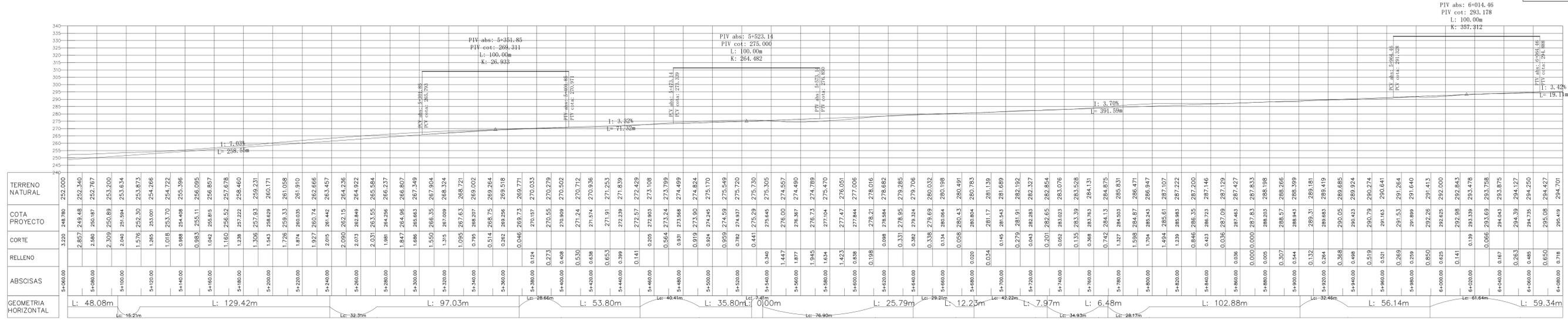
① Sección de obra
 ② Sección clase III a = 25m
 ③ Base clase IV a = 10m

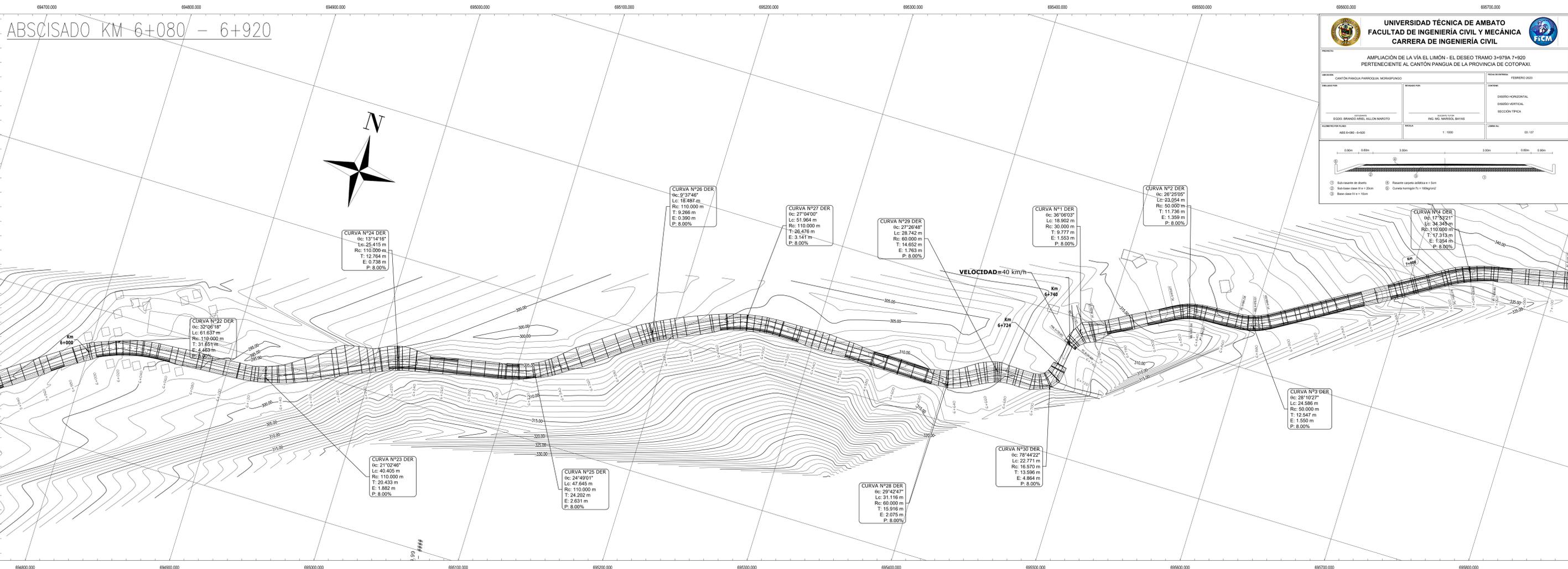
① Ruido controlado a = 1m
 ② Coseca horizontal f = 18gr/100m

PERFIL LONGITUDINAL KM 5+060 - 5+080

SIMBOLOGIA

- EJE DEFINITIVO
- CAMINO EXISTENTE
- PUNTO DE INFLExIÓN HORIZONTAL
- PUNTO DE INFLExIÓN VERTICAL
- CURVAS DE NIVEL
- PUNTO
- CONSTRUCCIÓN
- LINDERO O MURO DIVISORIO
- DELIMITACIÓN DE CARRIL
- CUNETINA DE DRENAJE
- Alcantarilla





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

AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 3+979A.7+920
 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

CANTÓN PANGUA PARROQUIA MORAPUNZO FEBRERO 2023

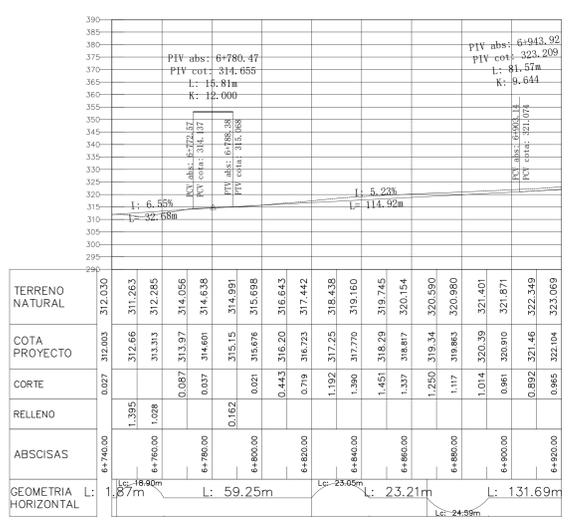
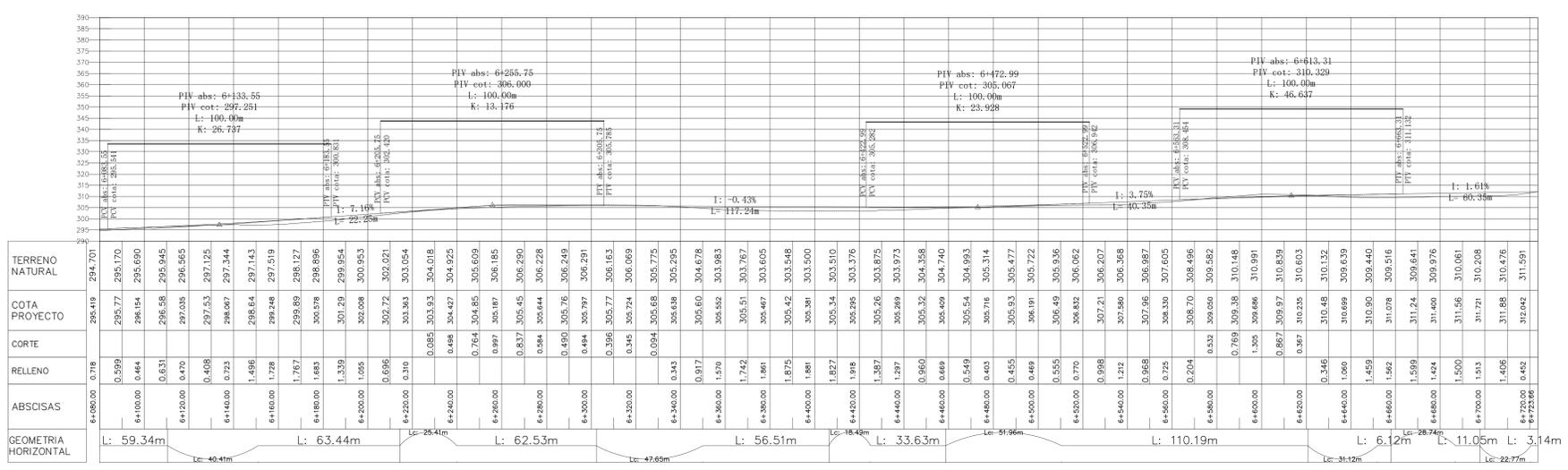
PROYECTO: EDDO. BRANCO ARELLANO MAROTO
 DISEÑO HORIZONTAL: ING. MC. VARGAS, BAYAS
 DISEÑO VERTICAL: [Blank]
 SECCIÓN TÍPICA: [Blank]

ABS 6+080 - 6+920 ESCALA: 1:1000

① Sub-calle de 6.00m ② Rosete curvas a 10m + 1.5m
 ③ Sub-calle de 6.00m + 2.00m ④ Curvas tangentes 10 + 100m/2

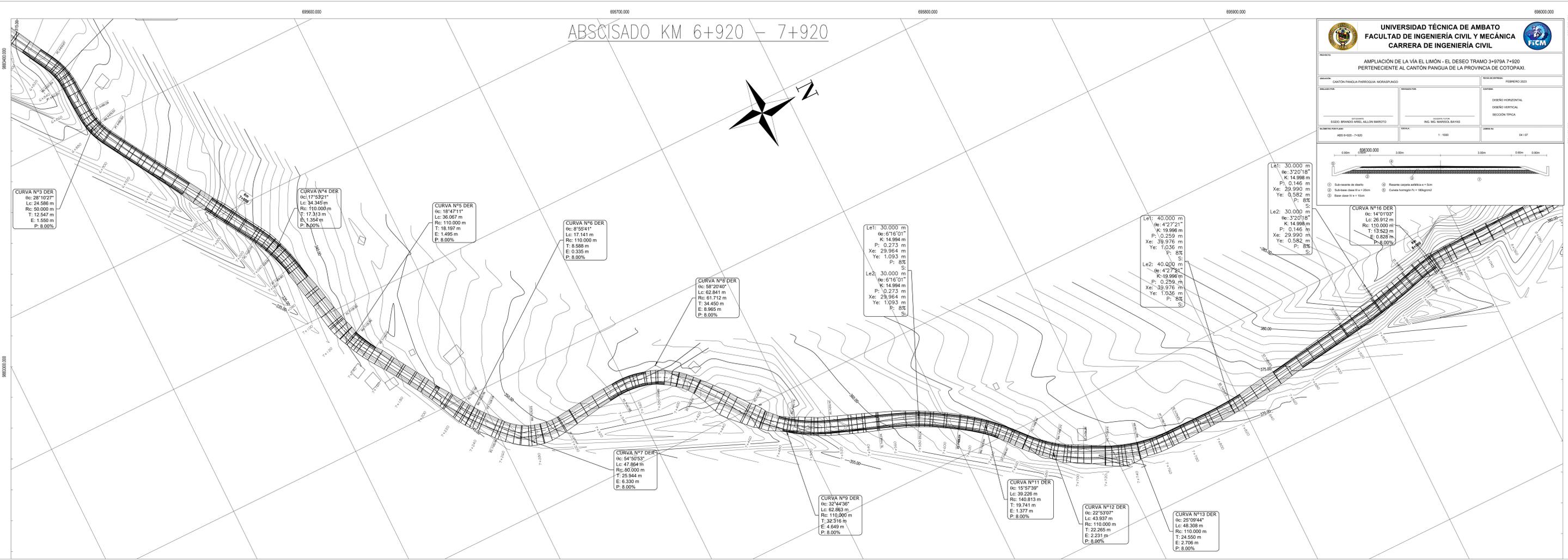
⑤ Base Calle 10 + 10m

PERFIL LONGITUDINAL KM 6+080 - 6+920



SIMBOLOGIA

- E/E DEFINITIVO
- CAMINO EXISTENTE
- △ PUNTO DE INFLEXIÓN HORIZONTAL
- △ PUNTO DE INFLEXIÓN VERTICAL
- CURVAS DE NIVEL
- PUENTE
- CONSTRUCCIÓN
- LINDERO O MURO DIVISORIO
- DELIMITACION DE CARRIL
- CUNETAS DE DRENAJE
- Acentorillo



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

AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 3+978A 7+920
PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTACACHI

CANTÓN PANGUA PARROQUIA MORASRANGULO

FECHAS DE ELABORACIÓN: FEBRERO 2023

PROYECTO: DISEÑO HORIZONTAL
DISEÑO VERTICAL
SECCIÓN TIPO

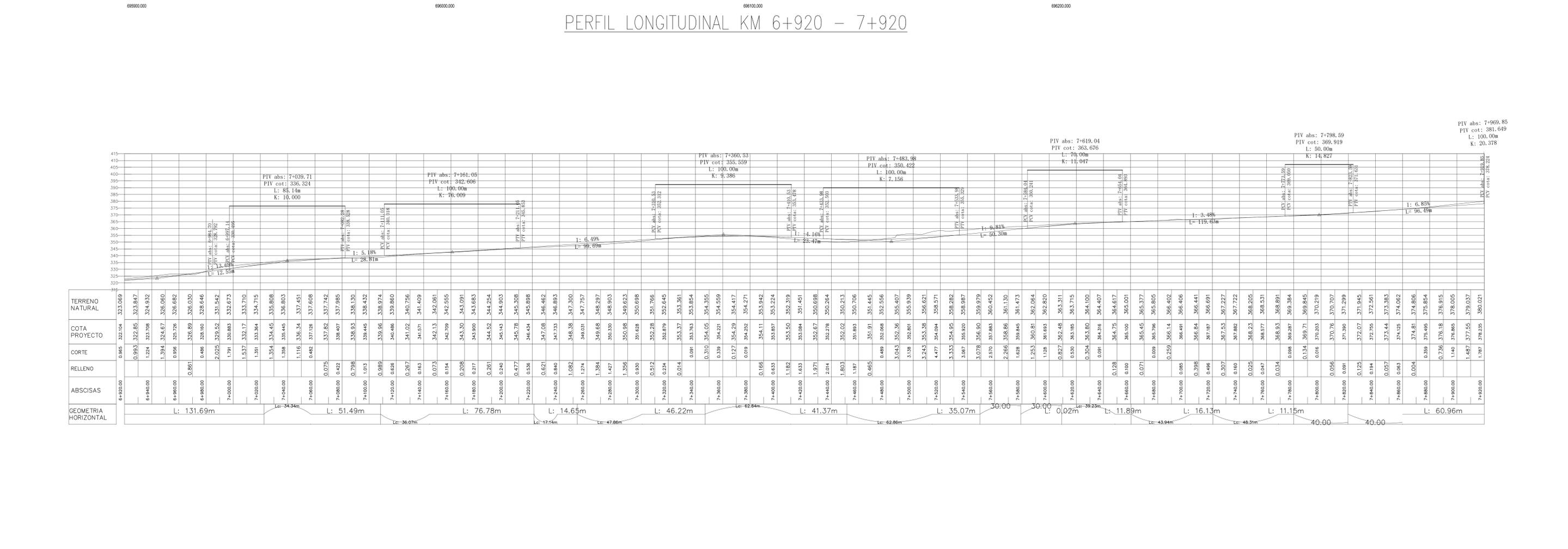
ELABORADO POR: SOTO BRANCO ARIEL ALLON VARRITO

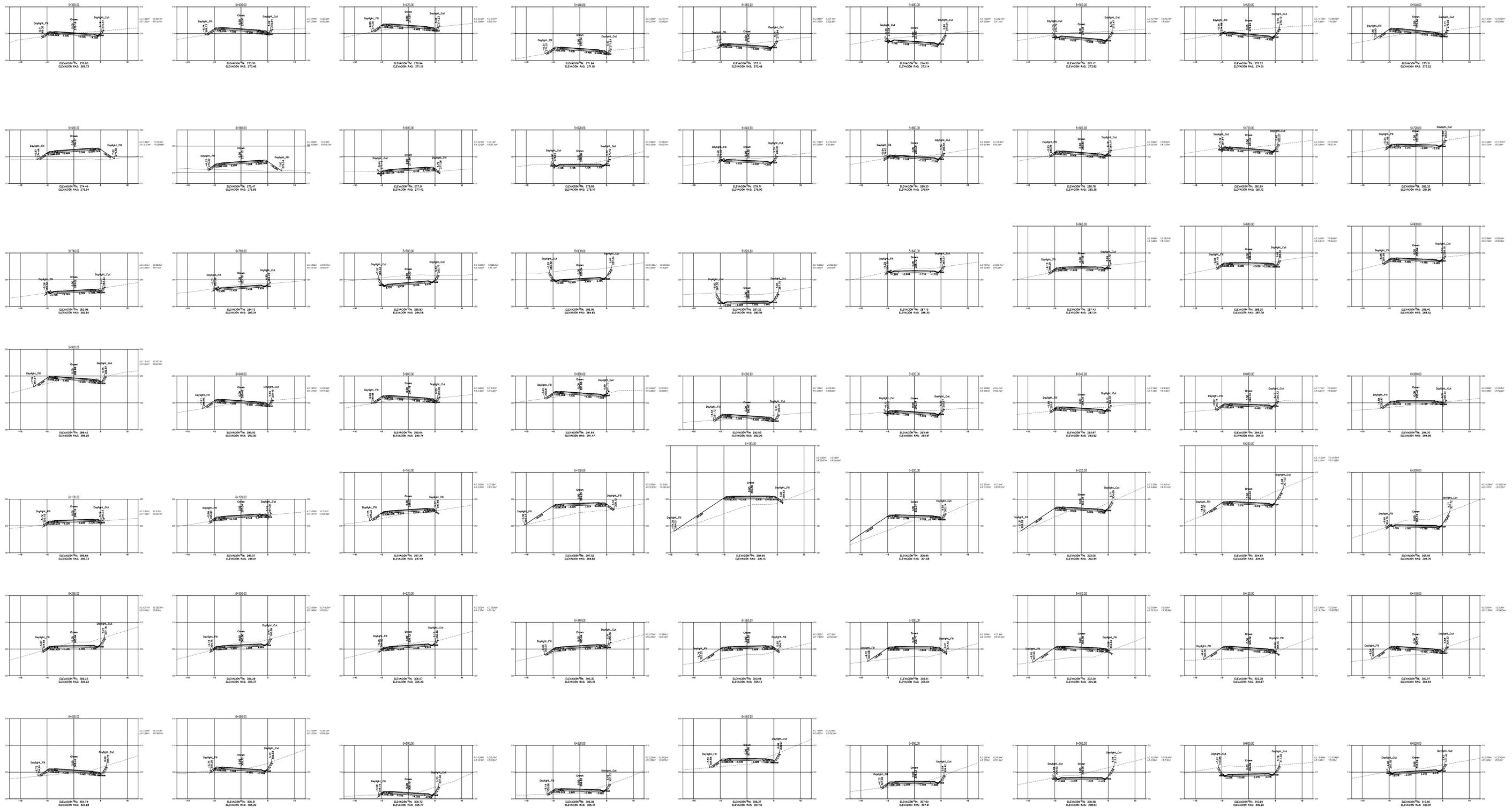
REVISADO POR: ING. MIG. MARCELO BATAES

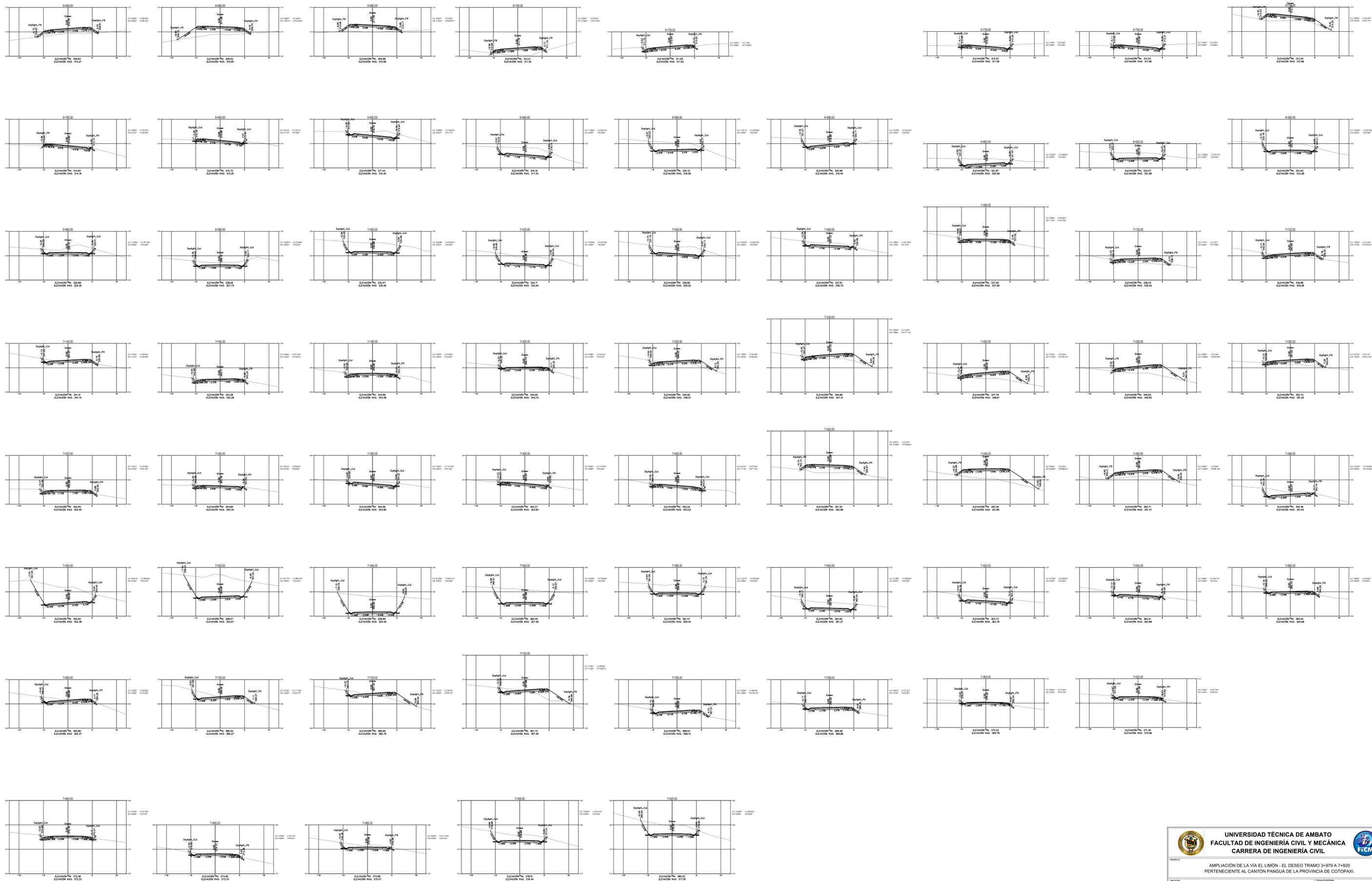
ESCALA: 1:1000

FECHA: 04/10/23

0 300 600 900 1200







 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 3+979 A 7+920 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.		
CANTÓN PANGUA PARROQUIA MORAPUNGU		FECHA DE ELABORACIÓN: FEBRERO 2023
DISEÑO:	DISEÑO:	DISEÑO TRANSVERSAL
DISEÑADOR: EDDY BRANDA ARELLANO MARIOTO	REVISOR: ING. MSc. TENDÓN BAYAS	ESCALA:
ELABORADO POR:	FECHA:	LÁMINA:
6-446-7-820	1-250	0707