



**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 TRAMO 20+000 A
21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000
PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE
COTOPAXI**

AUTOR: Reny Alexander Aldás Herrera

TUTORA: Ing. Mg. Myriam Marisol Bayas Altamirano

AMBATO – ECUADOR

Enero - 2023

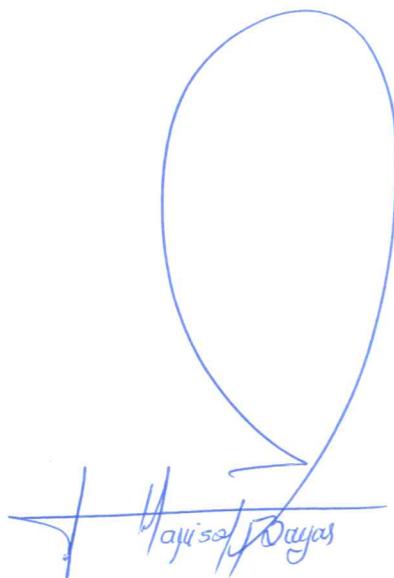
CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutora del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, elaborado por el Sr. Reny Alexander Aldás Herrera, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 0503748683, 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.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, enero 2023



Ing. Mg. Myriam Marisol Bayas Altamirano

TUTORA

AUTORÍA

Yo, Reny Alexander Aldás Herrera, con C.I. 0503748683, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema **“AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, tablas, conclusiones, recomendaciones y anexos son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, enero 2023



Reny Alexander Aldás Herrera
C.I. 0503748683

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, enero 2023



Reny Alexander Aldás Herrera

C.I. 0503748683

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Reny Alexander Aldás Herrera, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**.

Ambato, enero 2023

Para constancia firman:


Ing. Mg. Favio Paul Portilla Yandún
MIEMBRO CALIFICADOR


Ing. Mg. Alex Gustavo López Arboleda
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico todo mi esfuerzo a dos personas fundamentales en mi vida. Primeramente, a Dios por tener la dicha de obsequiarme a esos dos seres tan maravillosos como lo son mis padres, gracias a ellos he podido llegar hasta aquí.

Consiguientemente, quiero dedicar no solo este trabajo sino mi vida al mejor padre y docente, el Señor Byron Fabián Aldás Arias (+), que me hubiese gustado disfrutar mis logros conjuntamente con su bonita persona; dicho de esta forma, esperar de todo corazón que pueda sentir mis alegrías hasta el cielo junto con la más hermosa abuelita Gladys Tarcila Arias Agama (+), y que puedan seguir derramando sus bendiciones desde el Reino de los Cielos.

A toda mi familia que ha sido el pilar fundamental para poder avanzar con todos mis objetivos, y mis padres que siempre me impulsan a ser mejor persona, mejor hijo, mejor amigo, mejor yo. Mi madre Oliva Patricia Herrera Osorio que, junto con mi padre lucharon día a día por un futuro mejor para nosotros sus hijos.

A mi hermana Jessy Aldás y mi sobrina Camila Vargas, que me promueven a seguir avanzando con mi vida y sobre todo ser un ejemplo a seguir siendo su tío, que gracias a ella no nos hemos rendido desde que mi padre partió de este mundo. Una y mil veces dedico mis triunfos y logros a Dios y a mi familia, que son lo más importante en mi vida, esperando seguir acumulando muchos más logros que conlleven siempre ayudar a las demás personas.

Reny Aldás.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quisiese dar un profundo agradecimiento a Dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta este punto, considerando que hubo ocasiones en las que no quería seguir adelante con este proyecto de mi futuro profesionalista.

Dar gracias a su vez, a todos los ingenieros que formaron parte de mi instrucción académica a lo largo de estos años en la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, y conjuntamente a mi querida Universidad por hacerme parte de esta gran familia.

A mi familia, de manera especial a mis padres que han sido un pilar fundamental en toda mi vida que, a pesar de las difíciles circunstancias de haber pasado la muerte de mi padre Byron Aldás (+), siempre estará presente en cada una de mis acciones profesionales y personales, agradeciendo infinitamente hasta que Dios me permita la vida.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxi
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1. TEMA	1
1.1. Antecedentes del Proyecto Técnico.....	1
1.1.1. Justificación	1
1.1.2. Fundamentación Teórica.....	2
1.1.2.1. Topografía.....	2
1.1.2.1.1. Proyección UTM	4
1.1.2.1.2. Estación Total	5
1.1.2.1.3. Clasificación de carreteras según su topografía	5
1.1.2.2. Tráfico.....	6
1.1.2.2.1. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	7
1.1.2.2.2. Tráfico Futuro.....	7
1.1.2.2.3. Clasificación de las carreteras según el Tráfico	9
1.1.2.3. Mecánica de Suelos.....	10
1.1.2.3.1. Contenido de humedad	11

1.1.2.3.2. Granulometría.....	12
1.1.2.3.3. Límites de Plasticidad.....	13
1.1.2.3.4. Ensayo Próctor.....	14
1.1.2.3.5. CBR (California Bearing Ratio).....	15
1.1.2.3.6. Clasificación e identificación de los suelos.....	16
1.1.2.4. Diseño Geométrico Horizontal.....	23
1.1.2.4.1. Velocidad de diseño.....	23
1.1.2.4.2. Peralte de curvas.....	26
1.1.2.4.3. Radio mínimo de curvatura.....	28
1.1.2.4.4. Curvas.....	29
1.1.2.5. Diseño Geométrico Vertical.....	36
1.1.2.5.1. Curvas verticales.....	39
1.1.2.5.2. Longitud de Curvas Verticales.....	42
1.1.2.5.3. Visibilidad en carreteras.....	48
1.1.2.6. Diseño Geométrico Transversal.....	51
1.1.2.6.1. Elementos.....	53
1.1.2.6.2. Movimiento de volúmenes de tierra y diagrama de masas.....	57
1.1.2.7. Diseño de Pavimentos.....	58
1.1.2.7.1. Tipos de pavimentos.....	58
1.1.2.7.2. Estructura del pavimento.....	61
1.1.2.8. Presupuesto.....	63
1.1.2.8.1. Costos Directos.....	64
1.1.2.8.2. Costos Indirectos.....	64
1.2. Objetivos.....	65
1.2.1. Objetivo General.....	65
1.2.2. Objetivos Específicos.....	65
CAPÍTULO II.....	66
METODOLOGÍA.....	66
2.1. Tipos de investigación.....	66
2.2. Materiales y Equipo.....	67
2.3. Ubicación y datos informativos del proyecto.....	69
2.3.1. Ubicación macro del proyecto.....	69

2.3.2. Ubicación meso del proyecto	69
2.3.3. Ubicación micro del proyecto	70
2.3.4. Localización geográfica del proyecto	71
2.4. Plan de Recolección de Información	71
2.5. Plan de Procesamiento y Análisis de Información	72
2.5.1. Procesamiento de Información.....	72
2.5.2. Análisis de Resultados	73
2.5.2.1. Estudio de Tráfico.....	73
2.5.2.1.1. Cálculo del TPDA	74
2.5.2.2. Ensayo de Suelos	82
2.5.2.3. Diseño geométrico de la vía.....	117
2.5.2.3.1. Diseño horizontal.....	118
2.5.2.3.2. Diseño vertical.....	127
2.5.2.3.3. Diseño transversal.....	129
2.5.2.4. Estructuras menores y obras complementarias	132
2.5.2.4.1. Cunetas	132
2.5.2.4.2. Alcantarillas.....	138
2.5.2.5. Estructura de pavimento	143
2.5.2.5.1. Determinación del número de ejes equivalentes	143
2.5.2.5.2. Determinación del CBR de diseño	147
2.5.2.5.3. Diseño del pavimento	148
2.5.2.6. Presupuesto	159
2.5.2.6.1. Desbroce, desbosque y limpieza.....	159
2.5.2.6.2. Replanteo y nivelación	159
2.5.2.6.3. Excavación sin clasificar, incluye desalojo	160
2.5.2.6.4. Relleno natural compactado con material de sitio.....	160
2.5.2.6.5. Excavación para cunetas y encauzamiento.....	160
2.5.2.6.6. Conformación y compactación de la subrasante	161
2.5.2.6.7. Sub-base granular Clase 3	161
2.5.2.6.8. Base granular Clase 4	162
2.5.2.6.9. Asfalto RC-250 para imprimación	162
2.5.2.6.10. Carpeta asfáltica mezclada en planta.....	163

2.5.2.6.11.Hormigón simple para cunetas de $f'c=180\text{kg/cm}^2$	163
2.5.2.6.12.Hormigón simple para cabezales de entrada y salida de $f'c=210\text{kg/cm}^2$	164
2.5.2.6.13.Suministro e instalación de tubería de acero corrugada	165
2.5.2.6.14.Marcas de pavimento (pintura reflectiva amarilla, franjas de 10cm de ancho incl. microesferas)	165
2.5.2.6.15.Marcas de pavimento (pintura reflectiva blanca, franjas de 10cm de ancho incl. microesferas)	166
2.5.2.6.16.Marcas sobresalidas del pavimento (tachas reflectivas bidireccionales)	166
2.5.2.6.17.Señal vertical – preventiva (0,75mx0,75m), incluye pintura reflectiva	167
2.5.2.6.18.Señal vertical – reglamentaria (0,75mx0,75m), incluye pintura reflectiva	167
2.5.2.6.19.Suministro e instalación de guardacaminos, incluye gemas reflectivas y terminales	168
CAPÍTULO III	169
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	169
3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	169
3.2. ESTUDIO DE TRÁFICO	169
3.3. ENSAYOS DE SUELOS	170
3.2.1. Contenido de humedad natural	170
3.2.2. Granulometría	171
3.2.3. Límite líquido	172
3.2.4. Límite plástico	173
3.2.5. Índice de plasticidad	174
3.2.6. Índice de grupo	174
3.2.7. Proctor modificado	175
3.2.8. CBR	176
3.2.9. Esponjamiento	177

3.4.	DISEÑO GEOMÉTRICO	177
3.5.	ESTRUCTURAS MENORES Y OBRAS COMPLEMENTARIAS	180
3.6.	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	181
3.7.	PRESUPUESTO REFERENCIAL	181
	CAPÍTULO IV	183
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	183
4.1.	CONCLUSIONES	183
4.2.	RECOMENDACIONES	185
	BIBLIOGRAFÍA	186
	ANEXOS	189
	ANEXO A.-	189
	MATERIALES, EQUIPOS Y PROCESOS (ANEXO FOTOGRÁFICO).....	189
	ANEXO B.-	198
	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	198
	ANEXO C.-	225
	CONTEO VEHICULAR.....	225
	ANEXO D.-	235
	ENSAYOS DE SUELOS	235
	ANEXO F.-	299
	VOLÚMENES DE CORTE Y RELLENO	299
	ANEXO G.-	305
	ANEXO H.-	326
	PLANOS DE DISEÑO.....	326

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tasas de crecimiento de tráfico vehicular (%).....	8
Tabla 2. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado	9
Tabla 3. Relación entre función, clase MOP y TPDA proyectado	10
Tabla 4. Sistemas de clasificación de suelos según el tamaño de sus partículas	12
Tabla 5. Características del Ensayo Proctor Modificado (Método B)	15
Tabla 6. Valores de CBR con clasificaciones del suelo	16
Tabla 7. Clasificación de suelos de la AASHTO	18
Tabla 8. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS en campo	20
Tabla 9. Sistema Unificado de Clasificación SUCS en laboratorio	22
Tabla 10. Velocidades de diseño (km/h).....	25
Tabla 11. Valores límite de “f” permisibles, según condición del pavimento	26
Tabla 12. Gradiente Longitudinal (i) para el desarrollo del peralte	27
Tabla 13. Radios mínimos de curvas en función del peralte “e” y del coeficiente de fricción lateral “f”	28
Tabla 14. Valores mínimos recomendables de la longitud de la espiral	36
Tabla 15. Gradientes Longitudinales Máximas	38
Tabla 16. Relación entre pendiente máxima y su velocidad específica de la tangente vertical.....	38
Tabla 17. Longitudes mínimas de las tangentes verticales	39
Tabla 18. Curvas verticales convexas mínimas	45
Tabla 19. Valores mínimos de diseño del coeficiente “kv” para longitud de curvas verticales convexas mínimas.....	45
Tabla 20. Curvas verticales cóncavas mínimas.....	47
Tabla 21. Valores mínimos de diseño del coeficiente “kv” para longitud de curvas verticales cóncavas mínimas	47
Tabla 22. Distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo.....	48
Tabla 23. Distancia de visibilidad mínima de parada de un vehículo.....	49
Tabla 24. Elementos que componen la distancia de visibilidad de adelantamiento en vías de dos carriles de dos sentidos.....	50
Tabla 25. Mínimas distancias de visibilidad de adelantamiento de un vehículo	50
Tabla 26. Valores de diseño de distancias mínimas de visibilidad de adelantamiento en Ecuador.....	51

Tabla 27. Anchos de calzada en Ecuador.....	53
Tabla 28. Valores de diseño para el ancho de espaldones en Ecuador	54
Tabla 29. Gradiente transversal para espaldones (porcentajes)	54
Tabla 30. Valores de diseño recomendables de taludes en terrenos planos.....	55
Tabla 31. Derecho de vía	56
Tabla 32. Clasificación de Superficies de Rodadura	63
Tabla 33. Ensayos y normas en laboratorio	67
Tabla 34. Materiales y equipos en los ensayos de laboratorio y en campo.....	67
Tabla 35. Localización de inicio y fin del tramo del proyecto.....	71
Tabla 36. Valores de tráfico vehicular en su correspondiente hora pico	74
Tabla 37. Tráfico promedio diario anual. TPDA actual.....	76
Tabla 38. Valores TPDA para el primer año.....	77
Tabla 39. Valores de tráfico generado	78
Tabla 40. Valores de tráfico atraído	79
Tabla 41. Valores de tráfico desarrollado	80
Tabla 42. Valores de tráfico actual.....	81
Tabla 43. Valores de tráfico futuro	82
Tabla 44. Índice de grupo asociado a la calidad del suelo	93
Tabla 45. Valores de presión y penetración de la muestra patrón.....	111
Tabla 46. Ensayo de carga penetración para 56 golpes.....	112
Tabla 47. Ensayo de carga penetración para 27 golpes.....	113
Tabla 48. Ensayo de carga penetración para 11 golpes.....	114
Tabla 49. Valores de velocidad de diseño para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	118
Tabla 50. Valores de velocidad de circulación para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Lm 20+000 al Km 24+000	119
Tabla 51. Valores de coeficiente de fricción longitudinal para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	120
Tabla 52. Valores de distancias de visibilidad de parada para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	121
Tabla 53. Valores de distancia de visibilidad de adelantamiento para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	121
Tabla 54. Coeficiente de fricción lateral en función de la velocidad de diseño.....	122

Tabla 55. Valores de radio mínimo de curvatura para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000.....	123
Tabla 56. Valores de longitud de transición para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000.....	124
Tabla 57. Valores de longitud tangencial para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	125
Tabla 58. Valores de longitud mínima de la espiral para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	126
Tabla 59. Valores de gradiente longitudinal para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000.....	127
Tabla 60. Valores de K en curvas verticales cóncavas para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	128
Tabla 61. Valores de K en curvas verticales convexas para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	128
Tabla 62. Valores de anchos de calzada para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	129
Tabla 63. Valores de espaldones para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	130
Tabla 64. Valores de gradiente transversal en pavimento para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	130
Tabla 65. Valores de gradiente transversal en espaldones para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	131
Tabla 66. Valores de coeficiente de rugosidad de Manning (n)	132
Tabla 67. Caudales y velocidades para varios valores de pendientes	134
Tabla 68. Valores de escorrentía según las características de la carretera.....	135
Tabla 69. Resumen anual estación pluviométrica. Estación Moraspungo - Cotopaxi (PV 130).....	136
Tabla 70. Valores de coeficientes de escorrentía según su terreno y topografía	139
Tabla 71. Coeficientes de Talbot	141
Tabla 72. Periodo de diseño según el tipo de carretera.....	143
Tabla 73. Factores de daño según el tipo de vehículo.....	143
Tabla 74. Valores de proyección de tráfico para un período de diseño de 20 años	144
Tabla 75. Factores de distribución por cada carril	145

Tabla 76. Cálculo del número de ejes equivalentes a 8,2Tons	146
Tabla 77. Límites para la selección del CBR de diseño.....	147
Tabla 78. Valores de CBR por cada muestra (abscisa Km 20+000 al Km 24+000)	147
Tabla 79. Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras	148
Tabla 80. Valores de desviación estándar normal y sus niveles de confiabilidad ..	149
Tabla 81. Desviación estándar global para cada tipo de pavimento	150
Tabla 82. Espesores mínimos en pulgadas.....	151
Tabla 83. Calidad para mezclas asfálticas.....	152
Tabla 84. Calidad del drenaje.....	155
Tabla 85. Valores recomendados de m_i para modificar coeficientes de capas de base y subbase granulares	155
Tabla 86. Datos de entrada para el cálculo de la estructura de pavimento, método AASHTO 93	157
Tabla 87. Coordenadas del levantamiento topográfico del proyecto.....	169
Tabla 88. Volumen de tráfico vehicular en el conteo de los 7 días y su día con mayor demanda	169
Tabla 89. Datos de contenido de humedad natural del proyecto por cada abscisa .	170
Tabla 90. Datos de granulometría del proyecto por cada abscisa	171
Tabla 91. Características de los suelos, según AASHTO	171
Tabla 92. Características de los suelos, según SUCS	171
Tabla 93. Valores característicos de un suelo plástico.....	172
Tabla 94. Datos de límite líquido del proyecto por cada abscisa.....	173
Tabla 95. Datos de límite plástico del proyecto por cada abscisa.....	173
Tabla 96. Datos de índice plástico del proyecto por cada abscisa	174
Tabla 97. Relación entre índice de grupo y calidad del suelo para terreno de fundación	174
Tabla 98. Datos de índice de grupo del proyecto por cada abscisa.....	175
Tabla 99. Valores de Proctor modificado del proyecto por cada abscisa	175
Tabla 100. Datos de CBR del proyecto por cada abscisa.....	176
Tabla 101. Datos de esponjamiento de las muestras de suelo del proyecto por cada abscisa	177

Tabla 102. Resumen de diseño geométrico horizontal, vertical y transversal para carreteras de dos carriles y caminos vecinales	178
Tabla 103. Dimensiones de obras complementarias presentes en el proyecto.....	180
Tabla 104. Estructura de pavimento del proyecto.....	181
Tabla 105. Presupuesto referencial del proyecto	181

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Representación del terreno con curvas de nivel.....	4
Gráfico 2. Proyección UTM.....	4
Gráfico 3. Estación Total	5
Gráfico 4. Tipos de terreno y secciones transversales en carreteras	6
Gráfico 5. Fracciones granulométricas y curva granulométrica de un suelo en estudio	13
Gráfico 6. Tipos de curvas granulométricas.....	13
Gráfico 7. Estados de consistencia de del suelo.....	14
Gráfico 8. Determinación del índice CBR	16
Gráfico 9. Carta de Plasticidad del sistema AASHTO.....	19
Gráfico 10. Carta de Plasticidad del SUCS para suelos de grano fino.....	19
Gráfico 11. Estabilidad del vehículo en curvas.....	26
Gráfico 12. Coeficientes de fricción lateral según velocidad del proyecto.....	27
Gráfico 13. Elementos geométricos de una curva circular simple	29
Gráfico 14. Sistema arco-grado definida por su curvatura.....	30
Gráfico 15. Sistema cuerda-grado definida por su curvatura.....	31
Gráfico 16. Curva circular con dos radios.....	32
Gráfico 17. Configuraciones de curvas circulares compuestas de tres radios	33
Gráfico 18. Enlace de tramos rectos con una curva circular y curvas de transición. 34	
Gráfico 19. Curva simétrica Espiral-Circular-Espiral.....	34
Gráfico 20. Tangente vertical.....	37
Gráfico 21. Parábola de eje vertical perfectamente simétrica.....	40
Gráfico 22. Tipos de curvas verticales	41
Gráfico 23. Curva vertical simétrica con su punto máximo.....	41
Gráfico 24. Curva vertical asimétrica	42
Gráfico 25. Punto mínimo curva vertical cóncava asimétrica	42
Gráfico 26. Parámetro de curvatura	43
Gráfico 27. Curva vertical convexa con visibilidad de parada	43
Gráfico 28. Curva vertical convexa con visibilidad de parada	44
Gráfico 29. Valores de diseño para curvas verticales convexas con mínima distancia de visibilidad de parada.....	44

Gráfico 30. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada	44
Gráfico 31. Curva vertical cóncava con visibilidad de parada.....	46
Gráfico 32. Curva vertical cóncava con visibilidad de parada.....	46
Gráfico 33. Valores de diseño para curvas verticales cóncavas con mínima distancia de visibilidad de parada.....	46
Gráfico 34. Distancia de visibilidad de parada	48
Gráfico 35. Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	51
Gráfico 36. Sección transversal típica para vías de doble calzada.....	52
Gráfico 37. Sección transversal típica para vías Primarias y Secundarias.....	52
Gráfico 38. Sección transversal típica para vías Terciarias	52
Gráfico 39. Alabeo de taludes en transiciones de corte y relleno	55
Gráfico 40. Cuneta típica triangular	56
Gráfico 41. Elementos de las alcantarillas	57
Gráfico 42. Perfil longitudinal y diagrama de masas	58
Gráfico 43. Estructura de pavimento flexible	58
Gráfico 44. Comportamiento del pavimento flexible.....	59
Gráfico 45. Estructura 1 de pavimento semi-rígido	59
Gráfico 46. Estructura 2 de pavimento semi-rígido	59
Gráfico 47. Estructura de pavimento rígido	60
Gráfico 48. Comportamiento del pavimento rígido	60
Gráfico 49. Estructura de pavimento articulado.....	60
Gráfico 50. Distribución de cargas en un pavimento flexible.....	61
Gráfico 51. Escarificación, humectación y compactación de la subrasante.....	61
Gráfico 52. Extensión del material de Subbase.....	62
Gráfico 53. Conformación y compactación de la capa de Base.....	62
Gráfico 54. Riego de imprimación y compactación de Capa de Rodadura	63
Gráfico 55. Mapa político del Ecuador	69
Gráfico 56. División política de la provincia de Cotopaxi.....	70
Gráfico 57. División política del cantón Pangua.....	70
Gráfico 58. Ubicación Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000	71

Gráfico 59. Ubicación de puntos de conteo vehicular para el tramo El Deseo - Punta Brava, cantón Pangua.....	74
Gráfico 60. Curva de la hora pico	75
Gráfico 61. Curva granulométrica de la muestra 3 (Km 1+000).	86
Gráfico 62. Límite líquido e la muestra 3 (Km 1+000)	90
Gráfico 63. Densidad seca vs. Contenido de humedad	101
Gráfico 64. Curva Presión vs. Penetración de la muestra 3 (Km 1+000)	114
Gráfico 65. CBR vs. Densidad de la muestra 3 (Km 1+000).....	115
Gráfico 66. Sección transversal de cuneta propuesta, de hormigón simple con $f'c=180\text{kg}/\text{cm}^2$	132
Gráfico 67. Nomograma de Talbot para determinar el área de microfrecuencia	140
Gráfico 68. Dimensiones de alcantarilla – Vista frontal	142
Gráfico 69. Dimensiones de alcantarilla – Vista en planta	142
Gráfico 70. Diseño de alcantarilla – Vista 3D	142
Gráfico 71. Determinación del CBR de diseño.....	148
Gráfico 72. Nomograma para la estimación del coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1).....	153
Gráfico 73. Nomograma para la estimación del coeficiente estructural de la capa de base (a2)	153
Gráfico 74. Nomograma para la estimación del coeficiente estructural de la capa de sub-base (a3)	154
Gráfico 75. Cálculo del número estructural “SN”, por medio del programa con la ecuación AASHTO 93	156
Gráfico 76. Propuesta de diseño para la estructura de pavimento, método AASHTO 93.....	158
Gráfico 77. Relación entre la clasificación de suelo y valores de CBR.....	176

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Materiales, equipos y procesos (Anexo Fotográfico).....	189
Anexo B. Levantamiento Topográfico.....	198
Anexo C. Conteo Vehicular	225
Anexo D. Ensayos de Suelos	235
Anexo E. Diseño Geométrico	291
Anexo F. Volúmenes de Corte y Relleno.....	299
Anexo G. Precios Unitarios.....	305
Anexo H. Planos de Diseño	326

RESUMEN

Se atribuye problemáticas de falta de comercio, calidad de vida y necesidades básicas que hacen que este proyecto tenga la importancia de una ampliación y estudio de vía para los moradores del sector El Deseo – Punta Brava entre los kilómetros 20+000 y 24+000. Con esto se busca un crecimiento económico y calidad de vida para sus habitantes, que a través de ciertos parámetros de diseño dictaminados por la MTOP (2003), hacen que se pueda determinar la clasificación de la vía como de Clase III.

Se empleó como primer punto un levantamiento topográfico que nos ayudó a establecer las condiciones del terreno con equipo de precisión, y nos permitió ejecutar un óptimo diseño geométrico horizontal, vertical y transversal con sus obras complementarias. A la vez, se encamina el estudio de suelos, en el que se pudo determinar las propiedades índice y mecánicas de las muestras de suelo por cada abscisa, utilizando las especificaciones tanto de la AASHTO como la SUCS, definiendo un parámetro de diseño fundamental como lo es el CBR, permitiendo fijar espesores de las capas de un pavimento.

Resulta imprescindible el estudio de tráfico que posee dicha carretera (TPDA), que nos permitió hacer una proyección a futuro del mismo en 20 años, buscando satisfacer la demanda de sus usuarios sin que exista la pérdida de serviciabilidad del pavimento.

Finalmente, se realiza un cálculo de volúmenes de corte y relleno para precisar un presupuesto referencial dándonos las premisas de la etapa de construcción en dicha carretera.

Palabras clave: TPDA, CBR, Vía, Diseño Geométrico, Pavimento, Presupuesto referencial

ABSTRACT

It attributes problems of lack of commerce, quality of life and basic needs that make this project have the importance of an expansion and study of the road for the residents of the El Deseo - Punta Brava sector between kilometers 20+000 and 24+000. With this, economic growth and quality of life for its inhabitants are sought, which through certain design parameters dictated by the MTOP (2003), make it possible to determine the classification of the road as Class III.

A topographical survey was used as the first point, which helped us to establish the conditions of the terrain with precision equipment, and managed to execute an excellent horizontal, vertical and transversal geometric design with its complementary works. At the same time, the soil study is under way, in which the index properties and mechanical of the soil samples were determined for each abscissa, using the specifications of both the AASHTO and the SUCS, defining a fundamental design parameter such as is the CBR, and allowed to set thicknesses of the pavement layers

It is essential to study the traffic that this road has (TPDA), which allowed us to make a future projection of it in 20 years, seeking to satisfy the demand of its users without the loss of serviceability of the pavement.

Finally, a calculation of cut and fill volumes is made to specify a reference budget, giving us the premises of the construction stage of said road.

Keywords: TPDA, CBR, Road, Geometric Design, Pavement, Referential Budget

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. TEMA

AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.

1.1. Antecedentes del Proyecto Técnico

1.1.1. Justificación

La infraestructura vial presente en el Ecuador ha constituido una serie de complicaciones constantes afines a colapsos e interrupciones indefinida, tanto de puentes como carreteras, dichos eventos generados a consecuencia de desastres naturales han obligado la búsqueda de soluciones contiguas; garantizando la seguridad de los usuarios de las vías y sus sectores colindantes, para que no exista la interrupción del desarrollo de los pueblos [1].

Para [2], garantizar la comunicación entre poblados es esencial para el desarrollo y transformación de la matriz productiva en actividades socioeconómicas para trabajos de ganadería, comerciales y turísticos de la región; al decir que dicha garantía se cumple con la factibilidad de proyectos integrales viales con el mantenimiento de requisitos técnicos y económicos. La normativa de la MTOP [3], aplicada al Diseño Geométrico de Carreteras y Caminos Vecinales incorpora una planificación, diseño, construcción y mantenimiento de proyectos viales en la que, consta con una serie de requisitos alineados estratégicamente en un correcto equilibrio ambiental y el cumplimiento de normativas internacionales que busquen avalar el Reglamento de Ley del Sistema de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, de acuerdo a las condiciones topográficas de nuestro país.

Se ha evidenciado que el mantenimiento vial y generación de nuevos proyectos de este tipo quedan muy limitados conforme a temas económicos y de accesibilidad; es por eso que, se trata de mejorar sus diseños con enfoques técnicos y económicos al buscar una mayor durabilidad de sus carreteras, que mejoren su rendimiento a través del

tiempo. Se desea lograr estructuras de pavimentos que satisfagan demandas de seguridad, simplicidad en su diseño, uniforme y consistente como antecedente básico. El sistema de vialidad en los sectores de Pangua de acuerdo con [4], conlleva una gran despreocupación y falta de proyectos viales, al igual que muchas vías a lo largo de sectores de difícil acceso de la provincia de Cotopaxi, esto debido a problemas de accesibilidad con la maquinaria y peculiar topografía. De esta manera, se busca atender los requerimientos del sector El Deseo – Las Peñas con estudios de pre - factibilidad que se requieran ejecutar para el desarrollo del mismo a corto y largo plazo, considerando que, es un sector en el que se depende de la ganadería y productividad de sus tierras atendiendo a la necesidad de exportación de productos (verde, yuca, cacao, etc.); contemplando lineamientos técnicos de diseño según nos plante la MTOP, aplicables a tres tipos de diseño: alineamiento horizontal, alineamiento vertical, alineamiento transversal.

El cantón Pangua posicionado como sector productivo conforme a con riqueza hídrica y ubicación estratégica de conectividad inter cantonal e interprovincial, busca la disponibilidad de carreteras en buen estado para el intercambio de actividades productivas y recreativas entre sus habitantes con una mejora sustancial de tiempos de recorrido que, debido a temporadas invernales el transporte se ve interrumpido por el mal estado de las mismas, sobrellevando la incomunicación de los poblados [4].

1.1.2. Fundamentación Teórica

1.1.2.1. Topografía

Para [5]–[7], la realización del diseño geométrico de una vía característica se fundamenta en la topografía del terreno en estudio, considerado como factor determinante en la selección de parámetros que influyen en un diseño óptimo y seguro. Se determina las características de cierta vía al considerar la forma de su terreno y su sección transversal, que pueden indicar la pendiente transversal del terreno para proporcionar elementos del mismo, a través de posiciones de puntos situados sobre la superficie terrestre.

Se puede determinar la posición de puntos situados sobre la superficie terrestre de la carretera mediante mediciones de distancias, ángulos y elevaciones (cotas). A la vez,

se enumeran tres tipos de actividades topográficas de: levantamiento, replanteo y control.

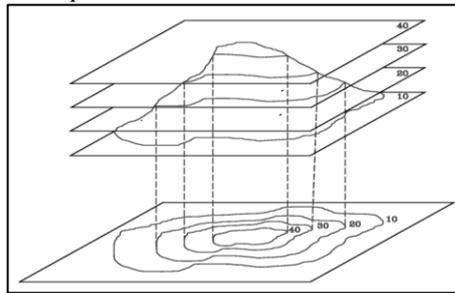
El levantamiento topográfico se enfoca en una serie de actividades con el objetivo de determinar la posición de puntos en el espacio y su correspondiente representación en el plano, como es:

- Elección del método de levantamiento.
- Selección del equipo a utilizar.
- Identificación y ubicación de posibles vértices de apoyo.
- Ejecución de mediciones en terreno.
- Cálculo y procesamiento de datos.
- Producción de planos.

El replanteo se trata de materializar nuevamente en el terreno todos los elementos geométricos que fueron predefinidos en el diseño del proyecto, siendo necesario determinar su ubicación por tres coordenadas (latitud, longitud y elevación). Por último, el control tiene la finalidad de fiscalizar o constatar en el terreno la óptima materialización de las diferentes obras de ingeniería, cumpliendo requisitos técnicos y de planificación.

Los planos topográficos muestran la planimetría y altimetría, la primera tomada como proyección de los puntos del terreno y la siguiente como líneas de igual cota. Estas forman una serie de “curvas de nivel” que representan el corte producido en el terreno por un plano horizontal, trazados por saltos de desnivel denominados equidistancias; que, se componen de espacios entre dos curvas de nivel llamadas zonas, y la superficie de cada zona asociada a la pendiente del terreno, relacionadas como inversamente proporcionales [2], [5].

Gráfico 1. Representación del terreno con curvas de nivel



Fuente: Manual de topografía en ingeniería, 2014 [7].

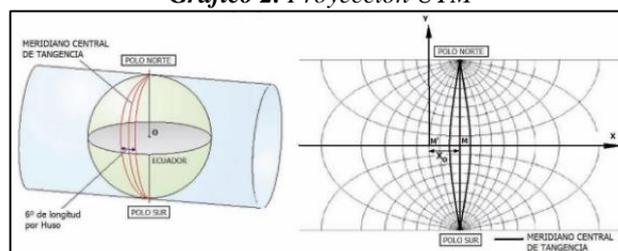
1.1.2.1.1. Proyección UTM

Por [6], [7], está basada en una proyección desarrollable sobre un cilindro tangente al elipsoide, denominada como Universal Transversa Mercator y es uno de los sistemas de proyección más utilizados mundialmente en la práctica para definir coordenadas rectangulares planas con solo elegir adecuadamente el meridiano de tangencia. Este sistema de coordenadas cartesianas está compuesto por la proyección del Ecuador (eje de las XX) y la proyección del meridiano de tangencia (eje de las YY).

La proyección UTM está limitada a zonas entre los paralelos $+80^\circ$ y -80° , al completarse en zonas polares por sendas proyecciones estereográficas polares, expresadas en metros únicamente al nivel del mar.

El modelo elipsoidal de la tierra WGS84, sirve como modelo base para el sistema de coordenadas UTM en el que podamos localizar cualquier punto, y se define como un sistema cartesiano centrado en el centro de masas de la Tierra utilizado por la tecnología GPS [6].

Gráfico 2. Proyección UTM



Fuente: Topografía, 2014 [6].

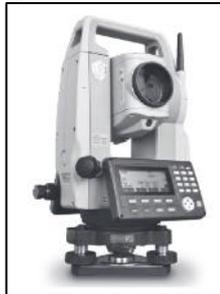
1.1.2.1.2. Estación Total

Conforme a [5], [6], la estación total se denomina al aparato electro-óptico que resulta de integrar un teodolito electrónico con un distanciómetro, que dispone de la ventaja de medir ángulos y distancias con una sola puntería.

Este equipo permite realizar una serie de cálculos como: obtener distancia reducida, desniveles, acimut, correcciones de curvatura y corrección atmosférica, replanteos, entre otros.

Existen algunas desventajas a la hora de maniobrar dichos equipos electrónicos como su sensibilidad a la humedad, limitación de la carga de baterías, verificación de unidades de medida y correcciones que se aplican a las mismas, entre otras; detalles que debe tomarse en cuenta en la utilización del mismo.

Gráfico 3. Estación Total



Fuente: Topografía, 2014 [5].

1.1.2.1.3. Clasificación de carreteras según su topografía

Esta clasificación toma en cuenta el relieve del terreno natural, fijando la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente, correspondiente a la franja original del terreno interceptada por la explanación de la carretera.

a. Terreno Plano

Es un tipo de carretera que comúnmente exige un mínimo movimiento de tierras durante la construcción, siendo un mecanismo de facilidad en el trazado y explanación; que beneficia a los vehículos pesados al mantener una velocidad similar a la de los

vehículos livianos. Conforme a [8], posee pendientes longitudinales y transversales menores al 3% y 5%, respectivamente.

b. Terreno Ondulado

Es un terreno que exige moderado movimiento de tierras en su construcción, que permite un tipo de alineamiento casi recto, pero sin presentar un reto a la hora del trazado y explanación. Considera pendiente longitudinales típicas del 3% al 6%, y pendientes transversales de entre 6% y 12% [9].

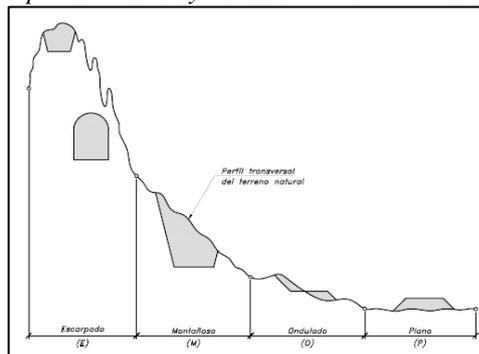
c. Terreno Montañoso

En este caso ya se exige un movimiento de tierras grande para su construcción, con pendientes longitudinales y transversales fuertes que dificultan el trazado y explanación. Sus pendientes longitudinales varían de entre el 6% y el 8%, así como, pendientes transversales de 13% a 40% [10].

d. Terreno Escarpado

Este tipo de terreno tiene una exigencia máxima en el movimiento de tierras para la etapa de construcción, con el mayor grado de dificultad para su trazado y alineación, siendo que los alineamientos se ven definidos por divisorias de aguas. Recogen pendientes longitudinales mayores al 8%, y pendientes transversales comúnmente superiores al 40% [8].

Gráfico 4. Tipos de terreno y secciones transversales en carreteras



Fuente: *Diseño geométrico de carreteras, 2013 [8].*

1.1.2.2. Tráfico

Para [11], la consideración de un diseño geométrico de una carretera está estrechamente relacionado a la información de un conteo vehicular in situ; así, obtener una aproximación de datos de tráfico vehicular que servirán para conocer la capacidad de volumen máximo que pueda llegar a tener dicha carretera.

En base a sus estudios, se llega a considerar proyecciones futuras de la composición del tráfico en dicha zona, a partir de su tráfico actual en términos de volúmenes y tipos de vehículos.

1.1.2.2.1. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Se calcula un TPDA tomando en cuenta su unidad de medida a través del volumen de tráfico promedio diario anual, considerando que en vías de un solo sentido se dispondrá de un conteo en la misma dirección. Para el caso de tener dos sentidos de circulación se toma un volumen en cada dirección, que resulta semejante en los dos sentidos de circulación. En autopistas interviene un factor de flujo direccional, aplicado como un porcentaje de vehículos en cada sentido de la vía que determina composiciones y volúmenes de tráfico diferentes en una misma etapa [2], [11].

La mejor opción de idealizar un TPDA de cierta carretera es disponer de una estación de contaje permanente que pueda entregarnos variaciones diarias, semanales y estacionales. Este método es poco práctico y nada usual, por lo que se recurre a factores de variaciones para obtener un TPDA a partir de una muestra, conocidos como:

- a. Factor Horario (FH): convierte un volumen de tráfico registrado en un cierto número de horas en Volumen Diario Promedio.
- b. Factor Semanal (FS): convierte un volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio.
- c. Factor Mensual (FM): convierte un volumen mensual promedio de tráfico en Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM$$

1.1.2.2.2. Tráfico Futuro

La proyección del tránsito ayuda a clasificar a la carretera en estudio, además de, ser determinante en el estudio del diseño geométrico de la carretera con su respectiva velocidad de diseño. La predicción de un volumen y tráfico futuro generalmente se dan a 15 o 20 años con un crecimiento normal del tráfico, tráfico generado y crecimiento del tráfico por desarrollo.

a. Crecimiento normal del tráfico actual

Se toma a consideración un tráfico actual que es generado por vehículos que circulan por cierta carretera antes de mejorarla, o un volumen que podría llegar a circular en el caso de carreteras nuevas. El tráfico de la primera consideración está relacionada a dos parámetros:

Tráfico existente: utilizada antes del mejoramiento, obtenidos de estudios de tráfico.

Tráfico desviado: atraído de otras carreteras contiguas una vez mejorada la vía.

Se propone ciertas tasas de crecimiento de tráfico para el Ecuador, basadas en datos de consumo de combustible (gasolina y diésel), que forme una tendencia del crecimiento futuro del parque automotor [11], [12].

Tabla 1. Tasas de crecimiento de tráfico vehicular (%)

Periodo	Liviano	Bus	Camiones
2012 – 2015	4,47	2,92	2,18
2015 – 2020	3,97	1,97	1,94
2020 – 2025	3,57	1,78	1,74
2025 – 2030	3,25	1,62	1,58

Fuente: Diseño geométrico de la carretera García Moreno, 2017 [2].

b. Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional

Debido a falta de datos estadísticos, se proyecta un tráfico futuro con las tasas de crecimiento anteriores a través de la fórmula:

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

T_f : Tráfico futuro o proyectado. i : Tasa de crecimiento del tráfico.
 T_a : Tráfico actual. n : Número de años proyectados.

c. Tráfico generado

Se cuentan a partir del número de viajes que se consideren tales como: viajes que no se efectuaron anteriormente, viajes que se ejecutaron anteriormente por medio de transporte público, viajes que se verificaron anteriormente hacia otros destinos y con ciertas facilidades se atrae hacia la carretera propuesta.

Se establece un volumen de tráfico correlacionado a la etapa de culminación de un proyecto, tomado como un porcentaje de tráfico normal que se prevé que sea en el primer año de vida del proyecto. Equivale este porcentaje a la mitad del ahorro en los costos de los usuarios expresado así mismo en porcentaje, y que a su vez busque

estimaciones racionales respecto al tráfico generado con un límite igual al ahorro en los costos de los usuarios [11].

d. Tráfico por desarrollo

Se basa en la inmersión de nuevas áreas que faciliten el incremento de la producción y favoreciendo la influencia dentro del área de la carretera; por lo que, no resulta conveniente basarse únicamente en tendencias históricas al generar cambios bruscos de las circunstancias que se pueden prever a futuro, como desarrollo de sus poblados que requieren el sustento en sus planes de desarrollo para las zonas afectadas [11].

Tabla 2. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado	
Clase de carretera	Tráfico proyectado TPDA
RI – RII	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

Nota: Se indica el volumen de tráfico promedio diario anual con proyección de 15 a 20 años. En la determinación de la capacidad de una carretera se debe usar un tráfico de vehículos equivalentes, al momento de realizar el diseño definitivo.

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

1.1.2.2.3. Clasificación de las carreteras según el Tráfico

a. Corredores Arteriales

Dichas vías se constituyen como conectividad a las capitales de provincia, principales puertos marítimos con los del Oriente, pasos de frontera que dan servicio a viajes de larga distancia y deben poseer movilidad amplia, accesibilidad reducida y controlada durante su recorrido (giros y maniobras controladas); siempre y cuando que, cumplan con una operación de tráfico eficiente y segura cumpliendo requisitos geométricos viales. Pueden ser de calzada única (Clase I y II, sin parterre); y, vía con dos carriles con circulación en ambos sentidos con espaldones, zonas suplementarias y carriles auxiliares (Clase I y II) [3].

b. Vías Colectoras

Buscan tomar el tráfico de la zona rural o región, que se ubican mediante caminos locales que sirvan estratégicamente de conducción a corredores arteriales. Se trata de carreteras de Clase I, II, III y IV [3].

c. Caminos Vecinales

Son carreteras convencionales de tipo básico ubicadas en todos los caminos rurales que no se comprenden en denominaciones anteriores. Recogen el tráfico doméstico de poblaciones rurales, producciones agrícolas y accesos a actividades de turismo; que corresponde a caminos de clase IV y V [3].

Tabla 3. Relación entre función, clase MOP y TPDA proyectado

Función	Clase de carretera (según MOP)	TPDA (año final de diseño)
Corredor Arterial	RI – RII (Autopista)	> 8000
Corredor Arterial, Colectora	I	3000 – 8000
Corredor Arterial, Colectora	II	1000 – 3000
Colectora	III	300 – 1000
Colectora, Vecinal	IV	100 – 300
Vecinal	V	< 100

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPE), 2003 [3].

1.1.2.3. Mecánica de Suelos

Para [13], la Mecánica de Suelos abarca un estudio muy amplio acerca de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo en estudio, que particularmente se lo define como un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas que no presentan organización alguna. El suelo puede mostrar cambios de propiedades más en su dirección vertical, que en la horizontal.

En la Mecánica de Suelos se contempla el estudio ingenieril de los suelos; que, pueden abarcar materiales de tipo terrosos (desde un relleno antrópico hasta lutitas y areniscas parcialmente cementadas), excluyendo a las rocas sanas o parcialmente alteradas.

A través de los estudios de suelos de la composición de cierta estructura, se tiene gran trascendencia en la ocupación ingenieril; tomando en cuenta factores de capacidad, nos permiten saber si un suelo es apto o no para la realización de un tipo de proyecto sin comprometer su estabilidad y comportamiento al servir como sustentación de cierta estructura [14].

En el caso de diseño de pavimentos el estudio de suelos toma especial importancia debido a que, con estos resultados se determinará la composición del suelo y su correspondiente capacidad a las deformaciones por el paso de vehículos repetidamente; que, de acuerdo a la normativa MTOP se realizan perforaciones cada 500m para determinar los espesores de la estructura de pavimento, y servirán de sustento ante la acción repetida de cargas. En este tipo de diseños se toma en cuenta 5 estudios, compuestos por: contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, ensayo Proctor, CBR.

1.1.2.3.1. Contenido de humedad

Con esta propiedad se puede determinar la cantidad de agua que existe en una determinada masa de suelo con respecto al peso de sus partículas sólidas, que puede ser por un proceso de secado al horno. Debe tomarse en consideración dicho contenido, ya que está estrechamente relacionada con las propiedades físicas y mecánicas de un suelo en estudio, por lo que, es de gran utilidad en una obra civil por afectar el comportamiento y resistencia de los suelos [2].

Los límites del contenido de humedad pueden llegar a superar el 100%, tales como los suelos del Oriente Ecuatoriano de tipo arcilloso. Se la puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\omega\% = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

1.1.2.3.2. Granulometría

Se refiere a una distribución porcentual de los diferentes tamaños de partículas a los que se atribuye en una muestra de suelo. El análisis consiste en determinar el tamaño de un grupo de partículas al fijar su peso y expresarse en forma porcentual del peso total de la muestra.

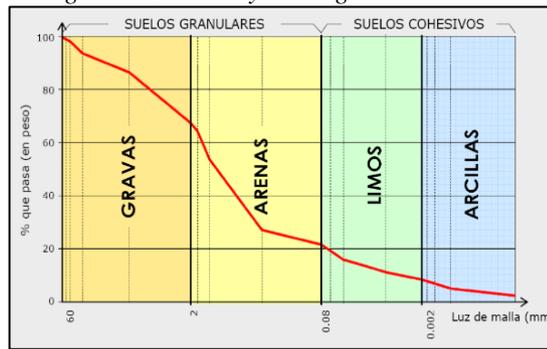
Tabla 4. Sistemas de clasificación de suelos según el tamaño de sus partículas

M.I.T. Y NORMAS BRITÁNICAS											
Arcilla	Limo			Arena			Grava				
	Fino	Medio	Grueso	Fina	Media	Gruesa					
	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2				
DIN (4022)											
Arcilla	Limo			Arena			Grava			Piedra	
	Fino	Medio	Grueso	Fina	Media	Gruesa	Fina	Media	Gruesa		
	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	
U.S. PUBLIC ROADS ADMINISTRATION Y A.S.T.M.											
Arcilla	Limo	Arena		Grava							
		Fina	Gruesa								
	0,005	0,05	0,25	2							

Fuente: Mecánica de Suelos, 2018 [8].

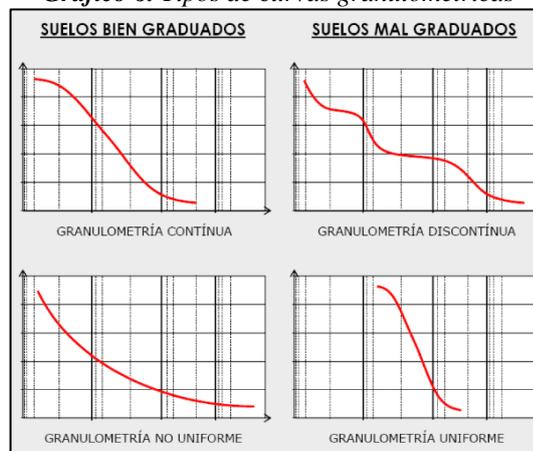
El análisis granulométrico toma vital importancia en el comportamiento mecánico de suelos friccionantes, en cambio, para suelos cohesivos no toma tal importancia su análisis frente a su plasticidad. Existen diferentes procedimientos para definir una composición granulométrica, sin embargo, el método del tamizado es el más usado y directo para separar en fracciones de distinto tamaño al suelo.

Gráfico 5. Fracciones granulométricas y curva granulométrica de un suelo en estudio



Fuente: Mecánica de Suelos, 2018 [8].

Gráfico 6. Tipos de curvas granulométricas



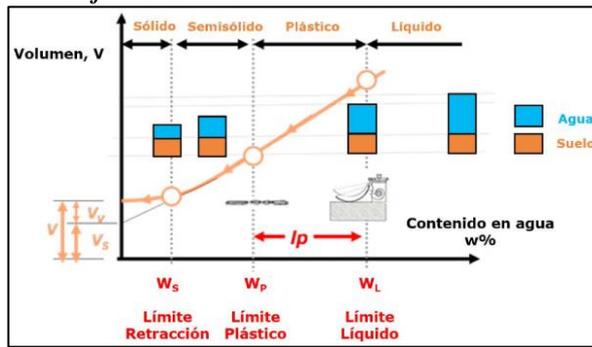
Fuente: Mecánica de Suelos, 2018 [8].

1.1.2.3.3. Límites de Plasticidad

Se puede asociar a la plasticidad como la propiedad de ciertos suelos de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variaciones volumétricas apreciables, sin desmoronarse y sin agrietarse. Esta propiedad está estrechamente relacionada a suelos de partículas finas limosas y arcillosas en determinadas condiciones de humedad.

Los límites de Atterberg o límites de plasticidad se relacionan con la resistencia al esfuerzo cortante de un determinado suelo, resultado de su consistencia, en la oposición de la deformación en su masa de suelo [14], [15].

Gráfico 7. Estados de consistencia de del suelo



Fuente: Mecánica de Suelos, 2018 [8].

a. Límite líquido

Es la frontera entre los estados de consistencia semilíquido y plástico, con un contenido de humedad en el que el suelo en estado plástico comienza a fluir bajo una fuerza aplicada.

Este límite contiene la humedad de cierto suelo amasado que se coloca según normativa en la Copa de Casagrande, obtenido a través del número de golpes en dicha Copa de Casagrande versus el Contenido de Humedad, en papel semilogarítmico para que se permita construir la curva de escurrimiento. Se toma el valor de contenido de humedad al intersecar la curva de escurrimiento con su correspondiente número de 25 golpes.

b. Límite plástico

Corresponde a la frontera entre los estados de consistencia plástico y semisólido, en el que el suelo deja de ser moldeable y empieza a presentar agrietamientos. Se determina mediante un contenido de humedad promedio al enrollar muestras de 3mm de diámetro hasta tal punto que comiencen a resquebrajarse.

c. Índice de plasticidad

Se toma como un porcentaje de agua en determinado suelo entre los límites superior e inferior de plasticidad, indicando la extensión del intervalo de humedades en el que el suelo tiene consistencia plástica.

$$IP = LL - LP$$

1.1.2.3.4. Ensayo Próctor

El ensayo Proctor se ha estudiado como el grado de compactibilidad de un suelo que se relaciona a través de la analogía existente con la densidad seca y el contenido de agua de determinado suelo. Nos ayuda a determinar un contenido de humedad óptimo

de compactación del suelo, en el que se obtiene la densidad seca máxima de dicha muestra; que, conlleva un incremento sustancial de propiedades como: resistencia, capacidad de carga, indeformabilidad e impermeabilidad.

Existen dos tipos de ensayos Próctor, considerados como Próctor Normal y Próctor Modificado, radicados en diferenciarse uno del otro por la energía de compactación manejada [15], [16].

Tabla 5. Características del Ensayo Proctor Modificado (Método B)

Características	Proctor modificado
Pison	Martillo cilíndrico de 10lb
Impacto	Altura de caída 18"
Material que pasa	Tamiz #4
Diámetro molde	6"
Número de capas	5
Número de golpes	56
Volumen estándar	1/13,33 pie ³

Fuente: Proceso de conservación de la capa de rodadura, 2021 [16].

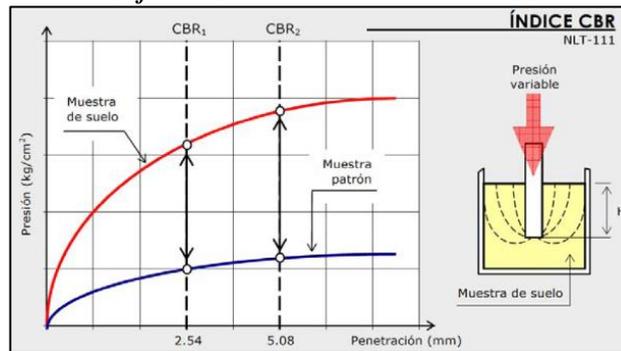
1.1.2.3.5. CBR (California Bearing Ratio)

Este valor se requiere mayormente para el diseño de pavimentos flexibles para evaluar la capacidad portante de los suelos, al definirse como la carga capaz de soportar dicho suelo sin que se produzcan asientos excesivos; y se mide como la resistencia al corte de un suelo bajo las circunstancias de humedad y densidad controladas.

Para [12], [14], [15], la obtención del índice CBR se relaciona una carga unitaria necesaria (kg/cm², psi, lb/pulg²), que se requiere para conseguir una cierta profundidad de penetración del pistón dentro de la muestra compactada de suelo con determinado contenido de humedad y densidad controladas que son tomados a partir del ensayo Próctor Modificado, con respecto a la carga unitaria patrón que se requiere para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturada; así:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

Gráfico 8. Determinación del índice CBR



Fuente: Mecánica de Suelos, 2018 [14].

Tabla 6. Valores de CBR con clasificaciones del suelo

Índice CBR	Clasificación del suelo
0 – 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Subbase buena
50 – 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Fuente: Mecánica de Suelos, 2018 [14].

1.1.2.3.6. Clasificación e identificación de los suelos

El clasificar e identificar un tipo de suelo resulta de gran complejidad debido a la variedad de suelos que pueden presentarse en la naturaleza, es por eso que, el sistema de clasificación de los suelos debe basarse en las propiedades físicas y mecánicas de los mismos con una ponderación cualitativa que permita al técnico tomar decisiones en su investigación.

Existe un sistema de clasificación dada por A. Casagrande denominado “Sistema de Clasificación de Aeropuertos”, con el que actualmente se da uso en todo el mundo con ligeras modificaciones. Este sistema se divide en 2 grupos: fracción gruesa con partículas mayores que el tamiz N°200 (0,074mm) y menores que el tamiz de 3” (7,62cm); y la fina con partículas que pasan el tamiz N°200.

El criterio básico para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos gruesos es su granulometría, mientras que, para suelos finos lo determina su plasticidad. En el ámbito ingenieril las propiedades mecánicas e hidráulicas de gran trascendencia son: deformación y resistencia, compresibilidad, permeabilidad, velocidad de variación volumétrica, entre otros [13].

a. Clasificación AASHTO

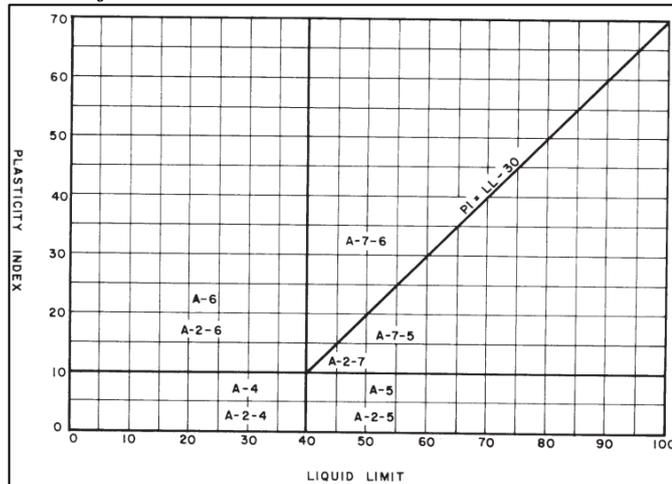
Basada principalmente en la granulometría de los suelos para tamaños de partículas que pasan por los tamices: N°10, N°40 y N°200 de la serie ASTM. Además de considerar los Límites de Atterberg y su correspondiente Índice de Grupo, este último en números enteros comprendido entre 0 y 20 con porcentaje de suelo que pase el tamiz N°200 [14].

Tabla 7. Clasificación de suelos de la AASHTO

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7		A - 8
Subgrupo		A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6				A - 2 - 7	A - 7 - 5	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido				NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	> 41 (IP < LL - 30)	> 41 (IP > LL - 30)
Índice de plasticidad		≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO		0	0	0	≤ 4			≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
TIPOLOGÍA		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			Turba
CALIDAD DE SUBRASANTE		EXCELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						PÉSIMO A INACEPTABLE

Fuente: Clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados en construcción de carreteras, 2004 [17].

Gráfico 9. Carta de Plasticidad del sistema AASHTO

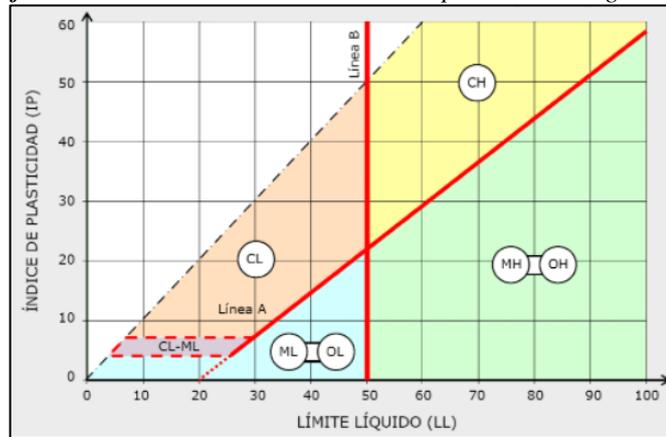


Fuente: Clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados en construcción de carreteras, 2004 [17].

b. Clasificación SUCS

Este tipo de clasificación está basada en la granulometría de los suelos, límites de Atterberg y contenido en materia orgánica.

Gráfico 10. Carta de Plasticidad del SUCS para suelos de grano fino



Fuente: Clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados en construcción de carreteras, 2004 [17].

Tabla 8. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS en campo

Identificación en el campo (excluyendo las partículas mayores de 7,6 cm y basando las fracciones en pesos estimados)				Símbolo del grupo	Nombres típicos	
<p>Suelos de grano grueso—Más de la mitad del material es retenido por el tamiz N°200</p> <p>(La abertura del tamiz N°200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)</p>	<p>Gravas—más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz N°4</p>	<p>Para la clasificación visual puede suponerse que la abertura del tamiz N°4 es equivalente a medio centímetro)</p>	<p>Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)</p>	<p>Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios</p>	<p>GW</p>	<p>Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos</p>
			<p>Gravas limpias (con pocos finos o sin ellos)</p>	<p>Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios</p>	<p>GP</p>	<p>Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos</p>
			<p>Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)</p>	<p>Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más abajo)</p>	<p>GM</p>	<p>Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo</p>
				<p>Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)</p>	<p>GC</p>	<p>Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla</p>
			<p>Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)</p>	<p>Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios</p>	<p>SW</p>	<p>Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos o sin ellos</p>
				<p>Arenas limpias (con pocos finos o sin ellos)</p>	<p>Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios</p>	<p>SP</p>
	<p>Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)</p>	<p>Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más abajo)</p>	<p>SM</p>	<p>Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduadas</p>		
		<p>Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)</p>	<p>SC</p>	<p>Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas y arenas y arcillas</p>		

Suelos de grano fino-Más de la mitad del material pasa por el tamiz N°200	Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz N° 40					
	Limos y arcillas con límite líquido menor de 50	Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Distancia (reacción a la agitación)	Tenacidad (consistencia)		
		Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad
		Media a lata	Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas
		Ligera a media	Lenta	Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
Limos y arcillas con límite líquido mayor de 50	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos	
	Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas	
	Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta	
Suelos altamente orgánicos	Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

Fuente: Clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados en construcción de carreteras, 2004 [14].

Tabla 9. Sistema Unificado de Clasificación SUCS en laboratorio

Criterios de clasificación en el laboratorio de suelos de grano grueso					
<p>Utilícese la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo indicadas en la columna de identificación en el campo</p> <p>Determinése los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica.</p> <p>Según el porcentaje de finos (fracción que pasa por el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:</p> <p>Menos del 5%</p> <p>Más del 12%</p>	<p>GW, GP, SW, SP</p> <p>GM, GC, SM, SC</p>	<p>Casos límites que requieren el empleo de símbolos dobles</p>	$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ <p>Mayor de 4</p> $C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ <p>Entre 1 y 3</p>	GW	
			No satisfacen todos los requisitos granulométricos de las GW		GP
			Límites de Atterbergg por debajo de la línea "A" con Ip menor de 4	Por encima de la línea "A", con Ip entre 4 y 7: casos límites que requieren el uso de símbolos dobles	GM
			Límites de Atterbergg por encima de la línea "A" con Ip mayor de 7		GC
			$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ <p>Mayor de 6</p> $C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ <p>Entre 1 y 3</p>	SW	
			No satisfacen los requisitos granulométricos de las SW		SP
			Límites de Atterbergg por debajo de la línea "A" con Ip menor de 4	Por encima de la línea "A", con Ip entre 4 y 7: casos límites que requieren el empleo de símbolos dobles	SM
			Límites de Atterbergg por debajo de la línea "A" con Ip mayor de 7		SC

Fuente: Clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados en construcción de carreteras, 2004 [14].

1.1.2.4. Diseño Geométrico Horizontal

Para [8], [9], [18], el alineamiento horizontal o llamado diseño geométrico horizontal de una vía, se constituye como una proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial, por una serie de líneas rectas (tangentes), que se definen por la línea preliminar, enlazados entre sí mediante curvas circulares o de grado de curvatura variable en el que permitan una transición suave y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos o viceversa. Las curvas, además, deben resultar económicas en la etapa de construcción con facilidad de localización en el terreno.

Dicho alineamiento responde a criterios de: topografía y características hidrológicas del terreno, condiciones de drenaje, características técnicas de la subrasante y potencial de materiales locales.

Para su diseño se analizan se analizan diferentes parámetros, tales como:

1.1.2.4.1. Velocidad de diseño

Se define como la velocidad máxima a la que los vehículos pueden circular sobre una carretera con un nivel máximo de seguridad, en el que las condiciones atmosféricas y del tránsito sean favorables. La velocidad de diseño se toma en cuenta con características de: condiciones físicas y topográficas del terreno, importancia del camino, volúmenes de tránsito y uso de la tierra; al tratar de asegurar compatibilidad con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos [3], [19].

Preferentemente, se desea garantizar una consistencia en la velocidad, con tramos homogéneos a los que se pueda asignar una misma velocidad según condiciones topográficas y sin buscar cambios de velocidad repentinos que no permitan al conductor controlar la marcha de forma gradual.

La selección de una velocidad de diseño estará acompañada por las condiciones en tramos más desfavorables con una longitud mínima de entre 5 y 10 kilómetros, con valores mayores de diseño a los mínimos establecidos siempre y cuando se lo pueda acoger. Según [19], los tramos homogéneos responden a dos criterios:

- Para velocidades de 20km/h a 50km/h la longitud mínima es de 3 kilómetros, dada una velocidad de diseño; y, para velocidades de 60km/h a 110 km/h una longitud mínima de 4 kilómetros.
- La mayor diferencia en velocidad de diseño entre dos tramos adyacentes no debe ser mayor a 20km/h, acoplado señalización que permita un crecimiento o decrecimiento de velocidades.

Por [3], se justifica 3 factores decisivos en la elección de la velocidad de diseño:

- Naturaleza del terreno: estrechamente relacionado a la topografía propia del sector, siendo que un tipo de terreno plano/llano se acoplará con una velocidad de diseño mayor a la de un terreno ondulado o montañoso.
- Modalidad de Conductores: se complementa con el factor anterior, siendo que, el conductor pueda circular a cierta velocidad dependiendo de las limitaciones del lugar o del propio tráfico vehicular y atendiendo a sus propias necesidades o urgencias.
- Factor económico: dirigidas al estudio del costo de operación de vehículos a altas velocidades y su alto costo de obras para servir un tránsito de dichas velocidades.

Tabla 10. Velocidades de diseño (km/h)

Categoría de la vía		TPDA esperado	Velocidad de diseño km/h											
			Básica				Permisible en tramos difíciles							
			Relieve llano				Relieve ondulado				Relieve montañoso			
			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
			Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta	Recom	Absoluta
R – I ó R – II (Tipo)		> 8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	Todos	3000 – 8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	Todos	1000 – 3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	Todos	300 – 1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	TIPO	100	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
	5, 5E, 6 y 7	– 300												
V	4 y 4E	< 100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

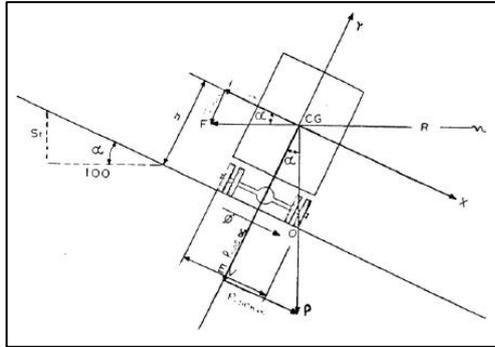
Nota:
 - Valores recomendados, en TPDA cercano al límite superior de la categoría de la vía.
 - Valores absolutos, en TPDA cercano al límite inferior de la categoría de la vía y/o el relieve sea difícil o escarpado.
 - En categorías IV y V, se puede reducir Vd min a 20km/h en relieves escarpados.

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

1.1.2.4.2. Peralte de curvas

Se trata de una inclinación dada al perfil transversal de cierta carretera, buscando contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga al recorrer un vehículo mediante una trayectoria circular, que actúa sobre el mismo en movimiento, así también, ayuda al escurrimiento de las aguas lluvias [20]. Dicha fuerza centrífuga es compensada por las componentes del peso (P) del vehículo dado por el peralte, y la fuerza de fricción entre las llantas y la calzada.

Gráfico II. Estabilidad del vehículo en curvas



Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

La condicionante para que no haya volcamiento del vehículo es que el momento del peso respecto al eje en el punto “O” debe ser menor que el momento de la fuerza centrífuga respecto al mismo eje.

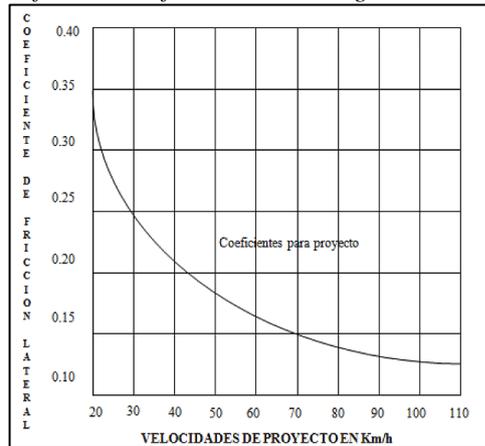
$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Tabla 11. Valores límite de “f” permisibles, según condición del pavimento

Requerimientos	Seco	Húmedo	Con hielo
Estabilidad contra el volcamiento	0,60	0,60	0,60
Estabilidad contra el deslizamiento	0,36	0,24	0,12
Comodidad del viaje para el pasajero	0,15	0,15	0,15
Explotación económica del vehículo	0,16	0,10	0,10

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

Gráfico 12. Coeficientes de fricción lateral según velocidad del proyecto



Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPI), 2003 [2].

Para un peralte cómodo y seguro que brinde protección al deslizamiento lateral del vehículo se adopta aproximadamente un 55% de fuerza centrífuga y un 45% absorbido por el factor de fricción lateral. Para velocidades de diseño de hasta 50km/h aplicamos un peralte máximo del 8% correspondiente a caminos con capa granular (caminos vecinales Tipo 4, 5 y 6); para velocidades mayores a 50km/h un peralte máximo del 10% en carreteras y caminos con pavimento asfáltico, concreto o empedrado [1], [3].

Tabla 12. Gradiente Longitudinal (i) para el desarrollo del peralte

V_D , km/h	Valor de (i), %	Máxima pendiente equivalente
20	0,800	1: 125
25	0,775	1: 129
30	0,750	1: 133
35	0,725	1: 138
40	0,700	1: 143
50	0,650	1: 154
60	0,600	1: 167
70	0,550	1: 182
80	0,500	1: 200
90	0,470	1: 213
100	0,430	1: 233
110	0,400	1: 250
120	0,370	1: 270

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPI), 2003 [3].

1.1.2.4.3. Radio mínimo de curvatura

De acuerdo con [3], [20], se asocia al valor más bajo que permita la seguridad en el uso de las carreteras a determinada velocidad de diseño, que se da en función de dos parámetros: máximo peralte (e) y el coeficiente de fricción lateral (f). El adoptar uno u otro valor de radio mínimo se condiciona a: la topografía del terreno, aproximaciones a los cruces de accidentes orográficos e hidrográficos, intersecciones entre caminos entre sí y en vías urbanas. Dicho radio mínimo de curvatura se usará en condición de situación extrema que no sea posible la aplicabilidad de radios mayores, en condiciones de seguridad un radio mínimo (R) seguirá la siguiente ecuación:

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

Tabla 13. Radios mínimos de curvas en función del peralte “e” y del coeficiente de fricción lateral “f”

Velocidad de diseño km/h	“ f” máximo	Radio mínimo calculado				Radio mínimo recomendado			
		e = 0,10	e = 0,08	e = 0,06	e = 0,04	e = 0,10	e = 0,08	e = 0,06	e = 0,04
20	0,350		7,32	7,58	5,08		18	20	20
25	0,315		12,48	13,12	13,66		20	25	25
30	0,264		19,47	20,50	21,67		25	30	30
35	0,255		25,79	30,62	32,70		30	35	35
40	0,221		41,88	44,65	48,27		42	45	50
45	0,200		55,75	59,94	64,82		68	60	65
50	0,190		72,91	78,74	86,69		75	80	90
60	0,165	106,97	115,70	125,98	138,28	110	120	130	140
70	0,160	164,55	157,75	185,73	203,67	180	170	185	205
80	0,140	209,97	229,98	151,97	279,97	210	230	255	280
90	0,134	272,58	298,04	328,70	300,55	275	300	330	370
100	0,130	342,36	374,95	414,42	463,16	350	375	415	465
110	0,124	475,34	467,04	517,80	550,95	430	470	520	585

120	0,120	615,39	568,93	529,92	708,86	520	570	630	710
<p><i>Nota:</i> Se podrá hacer uso de un radio mínimo de 15m en caso de: aprovechamiento de infraestructuras existentes, relieve difícil y caminos de bajo costo.</p>									

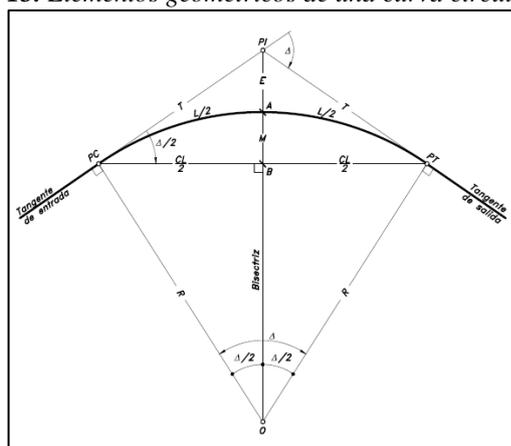
Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

1.1.2.4.4. Curvas

a. Curvas Circulares Simples

Se definen por arcos de circunferencia de un solo radio (R), tangente a dos alineamientos rectos consecutivos de la vía, asignado por el diseñador para comodidad de los usuarios de la vía y respondiendo a la economía en la etapa construcción con su correcto funcionamiento, en el que conforma una proyección horizontal de curvas reales o espaciales [3], [8].

Gráfico 13. Elementos geométricos de una curva circular simple



Fuente: Diseño geométrico de carreteras, 2013 [8].

Elementos geométricos de una curva circular simple, tomando el sentido de avance de izquierda hacia la derecha:

- PI = Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.
- PC = Principio de curva: punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.
- PT = Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
- O = Centro de la curva circular.
- Δ = Ángulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal.
Es igual al ángulo central subtendido por el arco PC PT.
- R = Radio de la curva circular simple.
- T = Tangente o subtangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT.
- L = Longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas.

- CL = Cuerda larga: distancia en línea recta desde el PC al PT.
- E = Externa: distancia desde el PI al punto medio de la curva A.
- M = Ordenada media: distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

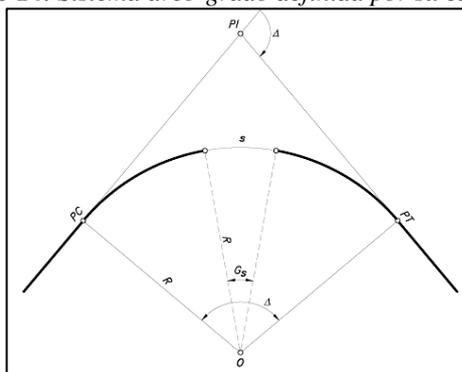
Los elementos geométricos se relacionan unos con otros para el cálculo de la curva, según el **Gráfico 13**:

$$\begin{aligned}
 T &= R \tan \frac{\Delta}{2} & E &= R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) \\
 R &= \frac{T}{\tan \frac{\Delta}{2}} & E &= T \tan \frac{\Delta}{4} \\
 CL &= 2R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2} & M &= R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)
 \end{aligned}$$

Para [3], [8], los elementos que caracterizan principalmente a la curvatura de un arco circular son su radio R o su grado G. El grado de curvatura es fundamental en el diseño del alineamiento, tomado como valor del ángulo central subtendido por un arco o cuerda de determinada longitud, ciertamente escogidos como arco unidad s o cuerda unidad c, y su valor máximo será el que con seguridad recorre la curva con un peralte máximo a la velocidad de diseño dada formada por arcos de 5, 10 y 20 metros.

- **Sistema Arco-Grado**

Gráfico 14. Sistema arco-grado definida por su curvatura



Fuente: *Diseño geométrico de carreteras*, 2013 [8].

Podemos deducir que a menor curvatura mayor radio y a mayor curvatura menor radio, expresándose así:

$$\text{Curvatura} = \frac{1}{R}$$

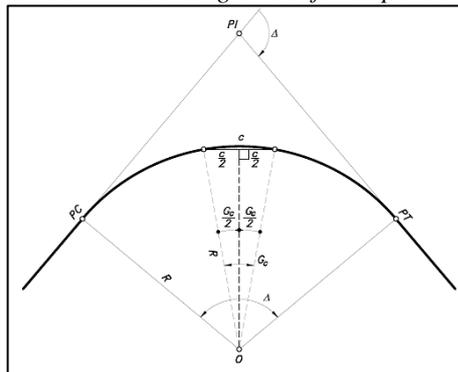
Para cualquier arco s , se obtiene:

$$G_s = \frac{180^\circ s}{\pi R}$$

$$L_s = \frac{s\Delta}{G_s} \qquad L_s = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ}$$

- **Sistema Cuerda-Grado**

Gráfico 15. Sistema cuerda-grado definida por su curvatura



Fuente: Diseño geométrico de carreteras, 2013 [8].

$$G_c = 2 \arcsen \frac{c}{2R}$$

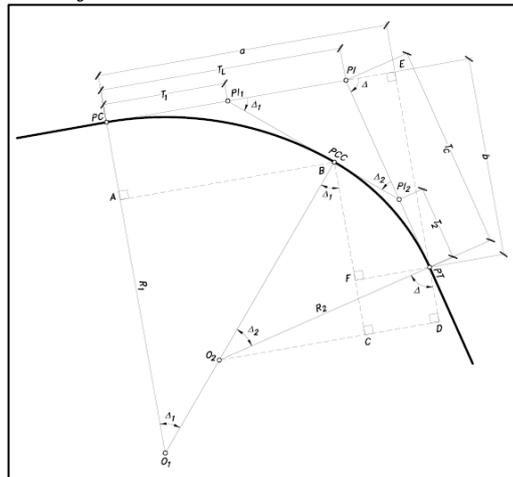
$$L_c = \frac{c\Delta}{G_c}$$

b. Curvas Circulares Compuestas

Son aquellas curvas que se componen por dos o más curvas circulares simples de diferente radio, disponiéndose una enseguida de la otra y en la misma dirección.

Conforme a [8], [20], deberá estar sujeto a algunas limitaciones como: su uso en terrenos montañosos que busca ajustarse a la topografía del terreno en estudio y ayudan a reducir su movimiento de tierras; y, cuando no hay libertad en el diseño. Se debe tener cuidado en que el radio de una de las dos curvas no sea mayor de 1,5 veces el radio de la otra; así también que, la curva tenga una longitud suficiente para que el conductor pueda desacelerar gradualmente en una sucesión de curvas de radio decreciente.

Gráfico 16. Curva circular con dos radios



Fuente: *Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].*

- PI = Punto de intersección de las tangentes.
- PC = Principio de la curva compuesta.
- PT = Fin de la curva compuesta o principio de tangente.
- PCC = Punto común de curvas o punto de curvatura compuesta. Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda curva.
- R_1 = Radio de la curva de menor curvatura o mayor radio.
- R_2 = Radio de la curva de mayor curvatura o menor radio.
- O_1 = Centro de la curva de mayor radio.
- O_2 = Centro de la curva de menor radio.
- Δ = Ángulo de deflexión principal.
- Δ_1 = Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.
- Δ_2 = Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.
- T_1 = Tangente de la curva de mayor radio.
- T_2 = Tangente de la curva de menor radio
- T_L = Tangente larga de la curva circular compuesta.
- T_C = Tangente corta de la curva circular compuesta.

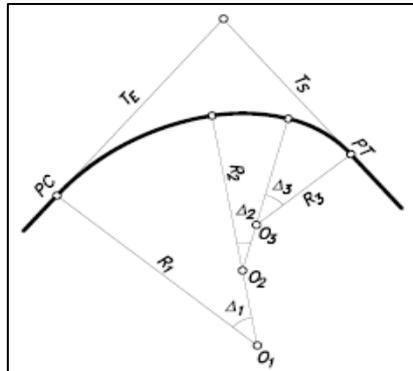
Cada curva circular simple se calcula independientemente en cada una de ellas, con las expresiones anteriormente detalladas.

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

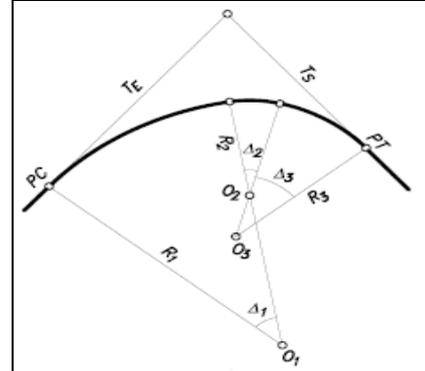
$$T_C = \frac{R_1 - (R_2 \cos \Delta) - (R_1 - R_2) \cos \Delta_1}{\text{sen} \Delta}$$

$$T_L = \frac{R_2 - (R_1 \cos \Delta) + (R_1 - R_2) \cos \Delta_2}{\text{sen} \Delta}$$

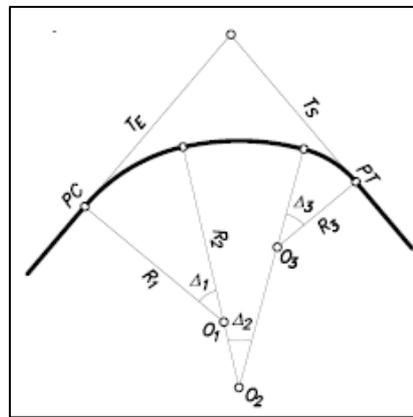
Gráfico 17. Configuraciones de curvas circulares compuestas de tres radios
 $R_1 > R_2 > R_3$ $R_1 > R_3 > R_2$



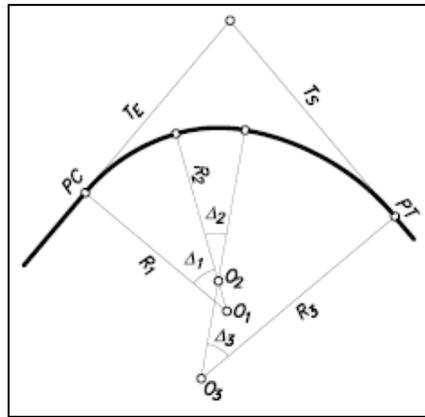
$R_2 > R_1 > R_3$



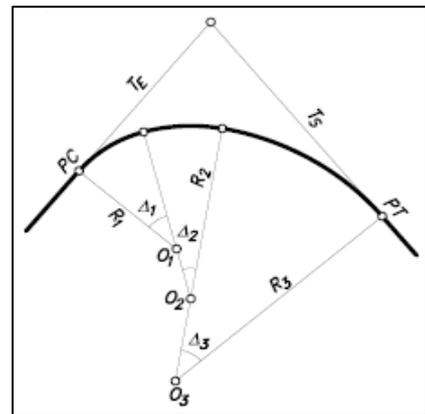
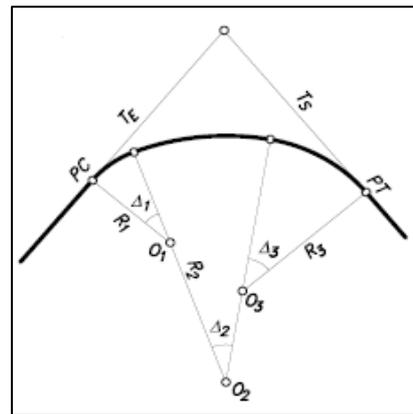
$R_3 > R_1 > R_2$



$R_2 > R_3 > R_1$



$R_3 > R_2 > R_1$



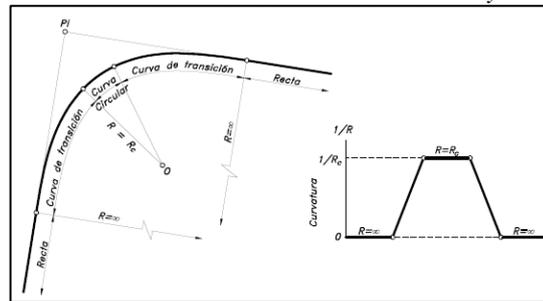
Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

c. Curvas Espirales

Para [8], [9], un alineamiento horizontal está constituido por la formación de tramos rectos (tangentes) que se enlazan con curvas (circulares simples, circulares compuestas y espirales de transición). Las curvas o espirales de transición tratan de que el usuario experimente una reducción de velocidad en forma gradual pero siempre y cuando

mantenga la seguridad con el cambio de dirección, inclinación transversal y la ampliación de la calzada; sin apreciar cambios bruscos en su trayectoria de tramo recto a curva circular.

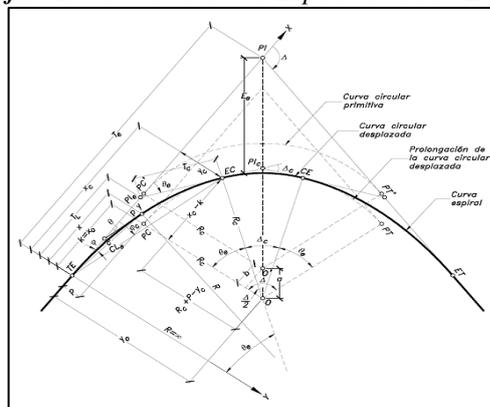
Gráfico 18. Enlace de tramos rectos con una curva circular y curvas de transición



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

Resultan aconsejables las espirales de transición con enlace simétrico que posean la misma longitud de entrada que de salida, esto debido a que: favorecen en cálculos de elementos geométricos de la curva, facilitan la operabilidad gradual balanceada del vehículo, y obtienen la seguridad de los usuarios de las vías.

Gráfico 19. Curva simétrica Espiral-Circular-Espiral



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

- PI = Punto de intersección de las tangentes principales.
- PI_e = Punto de intersección de la espiral.
- PI_c = Punto de intersección de la curva circular con transiciones.
- PC', PT' = Principio de curva y tangente de la curva circular primitiva.
- PC, PT = Principios de curva y tangente en la prolongación de la curva circular desplazada.
- TE = Tangente-Espiral. Punto donde termina la tangente de entrada y empieza la espiral de entrada.
- EC = Espiral-Circular. Punto donde termina la espiral de entrada y empieza la curva circular central.

CE =	Circular-Espiral. Punto donde termina la curva circular central y empieza la espiral de salida.
ET =	Espiral-Tangente. Punto donde termina la espiral de salida y empieza la tangente de salida.
P =	Punto sobre el arco de espiral.
O' =	Centro de la curva circular primitiva (sin transiciones).
O =	Nuevo centro de la curva circular (con transiciones).
Δ =	Ángulo de deflexión entre las tangentes principales.
θ_e =	Ángulo de la espiral. Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la tangente en el EC.
Δ_c =	Ángulo central de la curva circular con transiciones.
θ =	Ángulo de deflexión principal del punto P. Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la tangente en el punto P.
φ =	Deflexión proporcionada al punto P. Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la cuerda c'.
φ_c =	Deflexión proporcionada al EC, o ángulo de la cuerda larga de la espiral.
R =	Radio de curvatura de la espiral en el punto P.
R_c =	Radio de la curva circular central.
T_e =	Tangente de la curva espiral-circular-espiral. Distancia desde el PI al TE y del PI al ET.
T_L =	Tangente larga de la espiral.
T_C =	Tangente corta de la espiral.
c' =	Cuerda de la espiral para el punto P.
CL_e =	Cuerda larga de la espiral.
L_e =	Longitud total de la espiral. Distancia desde el TE al EC.
L =	Longitud de la espiral, desde el TE hasta el punto P.
p =	Desplazamiento. Distancia entre la tangente a la prolongación de la curva circular desplazada al PC y la tangente a la curva espiralizada.
k =	Distancia a lo largo de la tangente, desde el TE hasta el PC desplazado.
a =	Desplazamiento del centro. Distancia desde O' hasta O.
b =	Proyección de a sobre el eje X.
E_e =	Externa de la curva espiral-circular-espiral.
x, y =	Coordenadas cartesianas del punto P.
x_c, y_c =	Coordenadas cartesianas del EC.
k, p =	Coordenadas cartesianas del PC desplazado.
x_o, y_o =	Coordenadas cartesianas del centro de la curva circular con transiciones.

$$K = \sqrt{R_c L_e}$$

$$\theta = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L}{R} \right)$$

$$\theta = \left(\frac{L}{L_e} \right)^2 \theta_e$$

$$\theta_e = \frac{90^\circ}{\pi} \left(\frac{L_e}{R_c} \right)^2$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e$$

$$x_c = L_e \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} - \frac{\theta_e^6}{9360} + \dots \right)$$

$$y_c = L_e \left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320} - \frac{\theta_e^7}{75600} + \dots \right)$$

$$x_c = K \left[\sqrt{2\theta_e} \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216} - \frac{\theta_e^6}{9360} + \dots \right) \right]$$

$$y_c = K \left[\sqrt{2\theta_e} \left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320} - \frac{\theta_e^7}{75600} + \dots \right) \right]$$

$$p = \text{disloque} = y_c - [R_c(1 - \cos\theta_e)] \quad k = x_c - (R_c \text{sen}\theta_e)$$

$$T_e = k + (R_c + p) \frac{\tan\Delta}{2}$$

$$E_e = (R_c + p) \left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}} \right) - R_c$$

$$T_L = x_c - \frac{y_c}{\tan\theta_e} \quad T_C = \frac{y_c}{\text{sen}\theta_e}$$

$$x_o = k = x_c - (R_c \text{sen}\theta_e) \quad y_o = y_c + (R_c \cos\theta_e)$$

$$CL_e = \sqrt{x_c^2 + y_c^2}$$

$$\varphi = \arctan \frac{y}{x}$$

$$\varphi = \frac{\theta}{3} - Z \quad Z = 3,1(10^{-3})\theta^3 + 2,3(10^{-8})\theta^5$$

$$\varphi_c = \arctan \frac{y_c}{x_c} \quad Z_e = 3,1(10^{-3})\theta_e^3 + 2,3(10^{-8})\theta_e^5$$

$$\varphi_c = \frac{\theta_e}{3} - Z_e$$

$$L_s = \frac{\pi R_c \Delta_c}{180^\circ}; \quad L_c = \frac{c \Delta_c}{G_c}$$

Tabla 14. Valores mínimos recomendables de la longitud de la espiral

(Le = 0,036V³/R)														
V_d (km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
R_{min}, m.	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
Le_{min}, m.	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOP), 2003 [3].

1.1.2.5. Diseño Geométrico Vertical

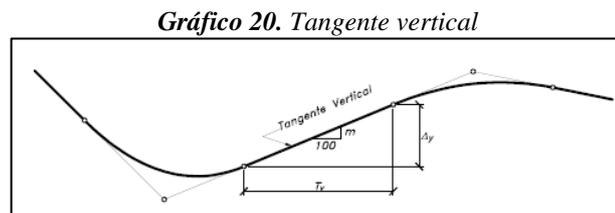
Por [8], [19], [20], se debe mantener la misma importancia que el diseño geométrico horizontal, que en conjunto se logre una consistencia y balanceo, directamente relacionado con la velocidad de diseño, sus curvas horizontales anteriormente detalladas y una correcta distancia de visibilidad, garantizando la economía y seguridad del proyecto. Dicho diseño se basa en la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo, compuesta de curvas verticales parabólicas entrelazadas por una serie de rectas denominadas tangentes verticales; que,

a dicho eje también se lo llama rasante o sub-rasante, mostrando la longitud real del eje de la vía.

Se deberá garantizar en lo posible la conservación de la misma velocidad de diseño, en la mayor longitud de carretera que sea dable; tomando como factor determinante de las pendientes de tangentes verticales y la longitud de sus curvas a lo siguiente:

- La topografía del terreno al generar curvas cóncavas y convexas.
- El alineamiento horizontal.
- Visibilidad.
- Velocidad del proyecto.
- Costos de construcción.
- Costos de operación.
- Porcentaje de vehículos pesados con su rendimiento en los ascensos.

Las tangentes verticales características de este diseño están limitadas mediante dos curvas continuas que se definen por su longitud y pendiente, siendo esta tangente la distancia que se mide de forma horizontal entre el fin de la curva primera y el principio de la curva siguiente. Las pendientes se limitarán a un cierto rango de valores que se asocian con niveles máximos y mínimos [9], [19].



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras [8].

$$m = \left(\frac{\Delta y}{T_v} \right) 100$$

Las pendientes o gradientes máximas quedan determinadas por el volumen del tráfico futuro y su composición, configuración del terreno y su velocidad de diseño; que,

puedan permitir rangos de velocidades de circulación moderadas para mantener la operabilidad de los vehículos.

Tabla 15. Gradientes Longitudinales Máximas

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R – I ó R – II	> 8000 TPDA	2%	3%	4%	3%	4%	6%
I	3000 – 8000 TPDA	3%	4%	6%	3%	5%	7%
II	1000 – 3000 TPDA	3%	4%	7%	4%	6%	8%
III	300 – 1000 TPDA	4%	6%	7%	6%	7%	9%
IV	100 – 300 TPDA	5%	6%	8%	6%	8%	12%
V	Menos de 100 TPDA	5%	6%	8%	6%	8%	14%

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

Las pendientes máximas particularmente se asocian a una velocidad específica de la tangente vertical, que en dicho caso se puede aumentar un dos por ciento cuando se diseñan dos curvas verticales consecutivas (una convexa con otra cóncava, o viceversa).

Tabla 16. Relación entre pendiente máxima y su velocidad específica de la tangente vertical

Categoría de la carretera	Velocidad específica de la tangente vertical V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	–	–	–	–	–	6%	6%	6%	5%	5%	4%	4%
Primaria de una calzada	–	–	–	–	8%	7%	6%	6%	5%	5%	5%	–
Secundaria	–	–	10%	9%	8%	7%	6%	6%	6%	–	–	–
Terciaria	14%	12%	10%	10%	10%	–	–	–	–	–	–	–

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008 [19].

Para [8], las pendientes mínimas con un 0,5% se toma a consideración del funcionamiento correcto de las cunetas, para facilitar el escurrimiento longitudinal de las aguas lluvias sobre la superficie de rodamiento. En el caso de terrenos planos o donde no sea posible el diseño con pendientes mínimas deseables, se tomará el valor

de 0,3%, que tenga presente la frecuencia e intensidad de las lluvias con el espaciamiento de obras de drenaje para alcantarillas.

Se debe guardar congruencia entre la pendiente máxima y una longitud crítica de las tangentes verticales, esto para la operabilidad de los vehículos pesados sin que represente una mayor reducción de su velocidad (no mayor a 25km/h) para no producir interferencias en el tránsito vehicular.

Tabla 17. Longitudes mínimas de las tangentes verticales

Velocidad específica de la tangente vertical V_{TV} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mínima de la tangente vertical (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008 [19].

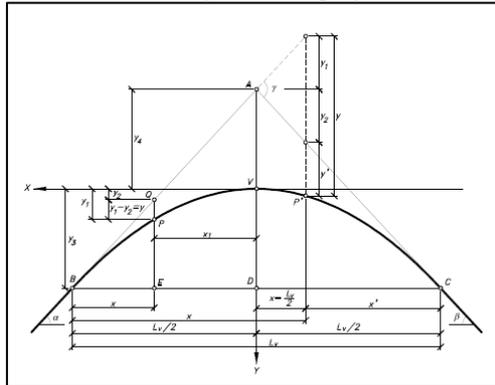
1.1.2.5.1. Curvas verticales

A fin de eliminar cambios bruscos entre tangentes verticales que se interceptan de cierto tramo de carretera, se añaden curvas verticales que generen un cambio gradual de pendiente en la dirección de marcha del vehículo con una forma parabólica, desde una tangente de entrada hacia una tangente de salida y favoreciendo condiciones de seguridad, confortabilidad, apariencia y drenaje adecuados [9], [21].

a. Curvas Verticales Simétricas

Se compone de dos parábolas de la misma longitud, unidas a la proyección vertical del PIV, resultando la más recomendada como la parábola cuadrática.

Gráfico 21. Parábola de eje vertical perfectamente simétrica



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

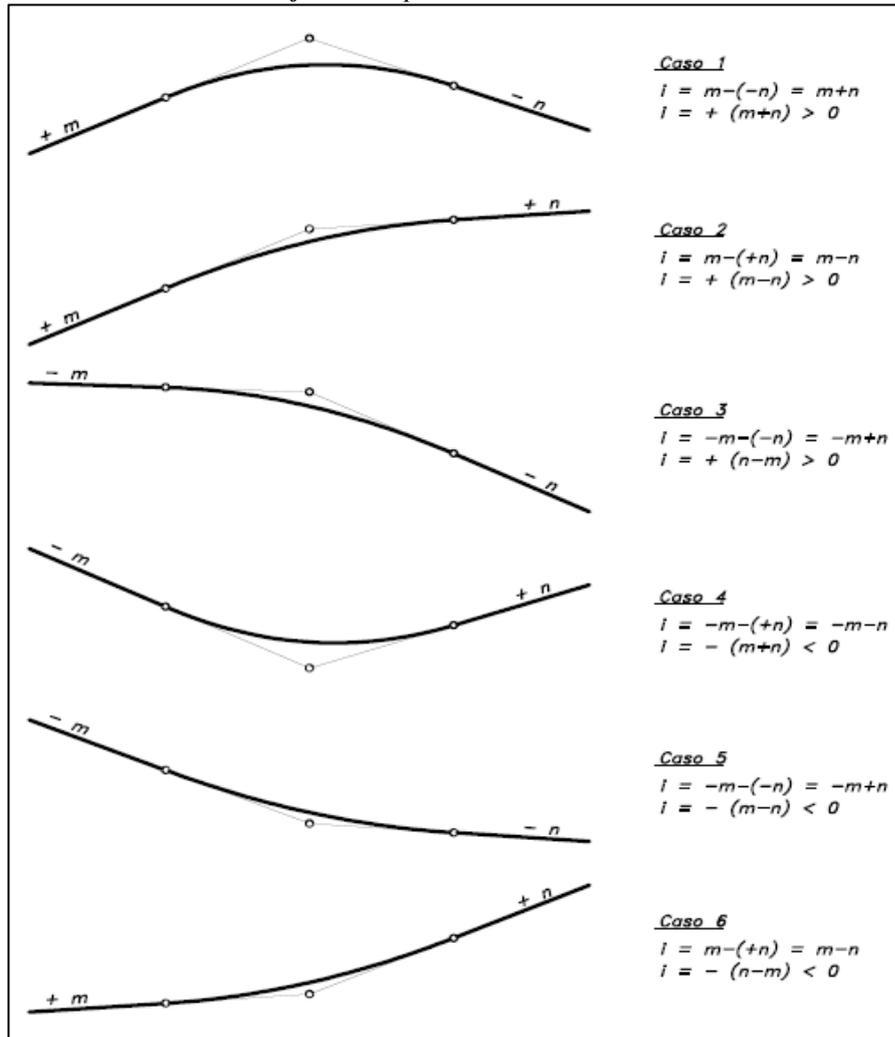
- A = PIV = Punto de intersección vertical. Punto donde se interceptan las dos tangentes verticales.
- B = PCV = Principio de curva vertical, donde empieza la curva.
- C = PTV = Principio de tangente vertical, donde termina la curva.
- BC = L_v = Longitud de curva vertical, medida en proyección horizontal.
- VA = E_v = Externa vertical, distancia vertical del PIV a la curva.
- VD = f = Flecha vertical.
- $P(x_1, y_1)$ = Punto sobre la curva de coordenadas (x_1, y_1) .
- $Q(x_1, y_2)$ = Punto sobre la tangente de coordenadas (x_1, y_2) , puesto sobre la misma vertical de P.
- QP = y = Corrección de pendiente. Desviación vertical respecto a la tangente de un punto de la curva P.
- BE = x = Distancia horizontal entre el PCV y el punto P de la curva.
- α = Ángulo de pendiente de la tangente de entrada.
- β = Ángulo de pendiente de la tangente de salida.
- γ = Ángulo entre las dos tangentes, ángulo de deflexión vertical.
- $m = \tan\alpha$ = Pendiente de la tangente de entrada.
- $n = \tan\beta$ = Pendiente de la tangente de salida.
- $i = \tan\gamma$ = Diferencia algebraica entre pendientes de tangentes de entrada y salida.

$$y = E_v \left(\frac{x}{\frac{L_v}{2}} \right)^2 \quad y' = \left(\frac{i}{2L_v} \right) (x')^2$$

$$y = \left(\frac{i}{2L_v} \right) x^2 \quad E_v = \frac{L_v i}{8}$$

$$i = m - (-n)$$

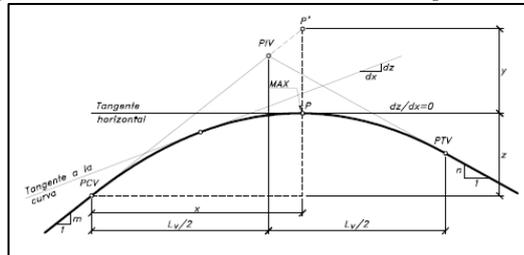
Gráfico 22. Tipos de curvas verticales



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

Nota: Para valores positivos ($i > 0$) se obtienen curvas verticales convexas, para valores negativos ($i < 0$) se tienen curvas verticales cóncavas.

Gráfico 23. Curva vertical simétrica con su punto máximo



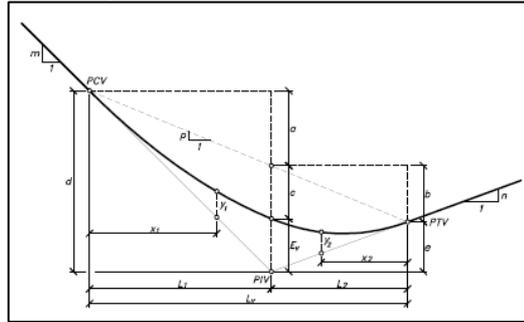
Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

$$x = \left(\frac{m}{i}\right) L_v$$

b. Curvas Verticales Asimétricas

Se compone de proyecciones horizontales de sus tangentes con parábolas de distinta longitud (L_1 y L_2), unidas a la proyección vertical del PIV; en que, la proyección horizontal de PCV a PIV es distinta de la proyección horizontal de PIV a PTV.

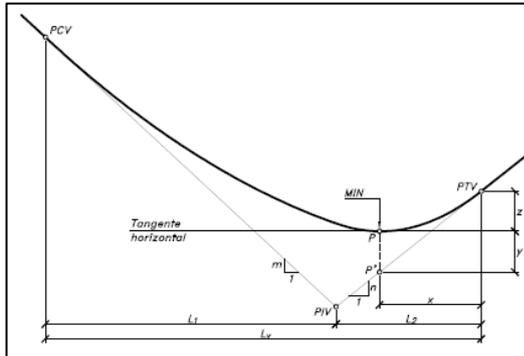
Gráfico 24. Curva vertical asimétrica



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

$$y_1 = E_v \left(\frac{x_1}{L_1} \right)^2 \quad y_2 = E_v \left(\frac{x_2}{L_2} \right)^2 \quad E_v = \frac{iL_1L_2}{2L_v}$$

Gráfico 25. Punto mínimo curva vertical cóncava asimétrica



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

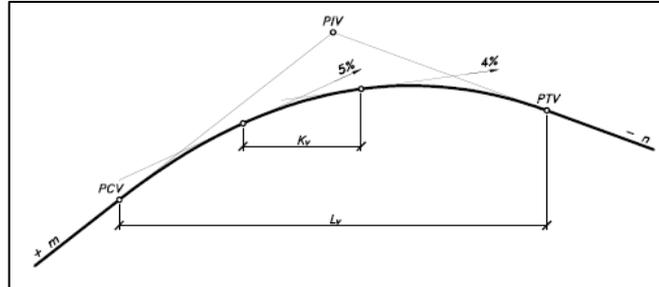
$$x = \frac{nL_2^2}{2E_v} \quad x = \frac{mL_1^2}{2E_v}$$

1.1.2.5.2. Longitud de Curvas Verticales

Las curvas verticales se reducen a determinar un coeficiente angular o parámetro de curvatura K_v , como distancia horizontal en metros necesaria para efectuar un cambio de pendiente del 1% de su tangente a lo largo de la curva [8], [22]. Para la determinación de la longitud mínima de curvas verticales se trata tres criterios que

tomen cierta longitud de curva: seguridad, operación y drenaje; que no generen cambios bruscos en la curvatura y satisfagan los requisitos de visibilidad.

Gráfico 26. Parámetro de curvatura



Fuente: *Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].*

$$L_v = k_v i$$

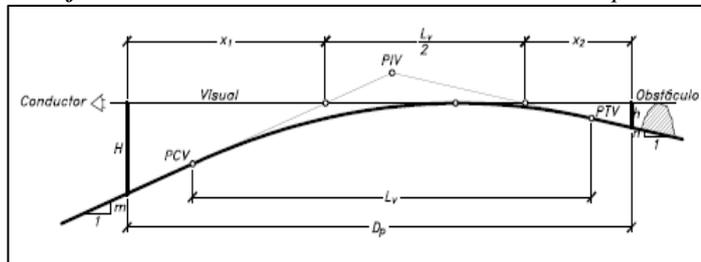
a. Convexas

Longitud mínima según criterio de seguridad

Cuando $D_p < L_v$:

$$L_{\min} = 2D_p - \frac{658}{i}$$

Gráfico 27. Curva vertical convexa con visibilidad de parada

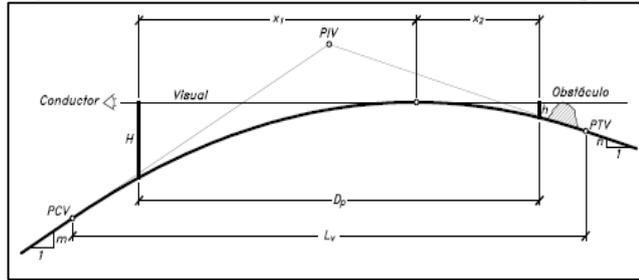


Fuente: *Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].*

Cuando $D_p > L_v$:

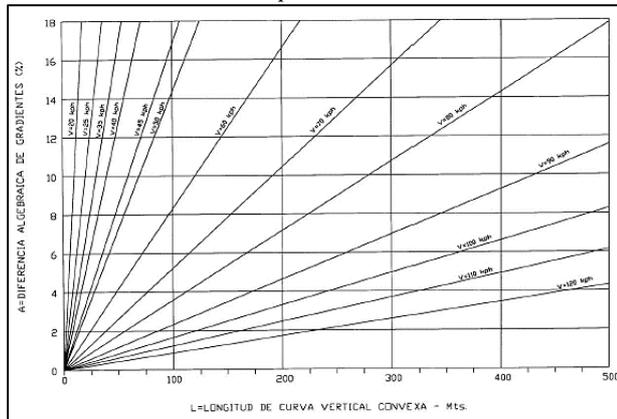
$$L_{\min} = \frac{i D_p^2}{658}$$

Gráfico 28. Curva vertical convexa con visibilidad de parada



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

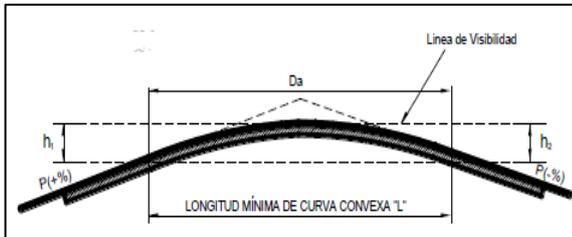
Gráfico 29. Valores de diseño para curvas verticales convexas con mínima distancia de visibilidad de parada



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

Longitud mínima según criterio de operación

Gráfico 30. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [20].

Cuando $D_a < L_v$:

$$L_{\text{mín}} = \frac{D_a^2 i}{969}$$

Cuando $D_a > L_v$:

$$L_{\text{mín}} = 2D_a - \frac{969}{i}$$

Longitud máxima según criterio de drenaje

Por recomendación de la AASHTO, se logra un adecuado drenaje en el sector más plano de la curva con una pendiente del 0,6%, en un tramo de curva de 30m. Se toma en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 18. Curvas verticales convexas mínimas

Velocidad de diseño (kph)	Distancia de visibilidad para parada	Coeficiente $k_v = S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2
30	30	2,11	2
35	35	2,88	3
40	40	3,76	4
45	50	5,87	6
50	55	7,1	7
60	70	11,5	12
70	90	19,01	19
80	110	28,4	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

Tabla 19. Valores mínimos de diseño del coeficiente “ k_v ” para longitud de curvas verticales convexas mínimas

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R – I ó R – II	> 8000 TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3000 – 8000 TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1000 – 3000 TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300 – 1000 TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100 – 300 TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de 100 TPDA	12	7	4	7	3	2

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

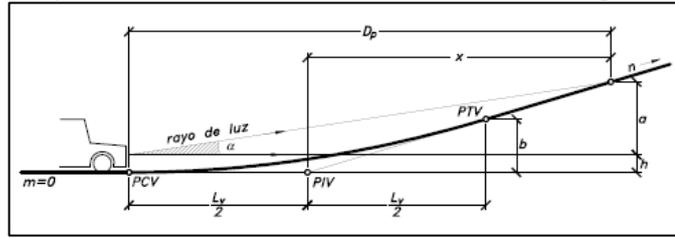
b. Cóncavas

Longitud mínima según criterio de seguridad

Cuando $D_p < L_v$:

$$L_{\text{mín}} = 2D_p - \frac{120 + 3,5D_p}{i}$$

Gráfico 31. Curva vertical cóncava con visibilidad de parada

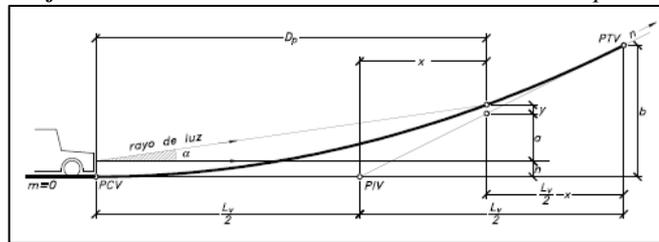


Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

Cuando $D_p > L_p$:

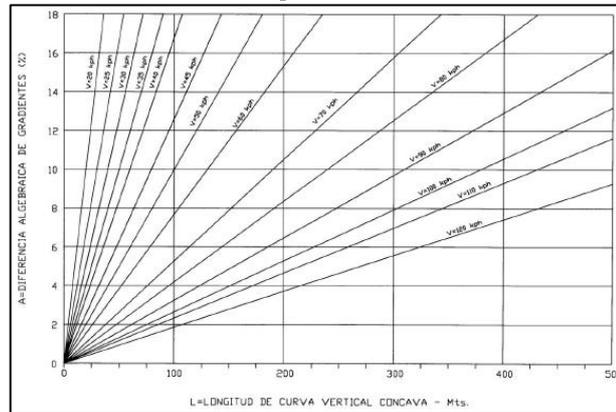
$$L_{\text{mín}} = \frac{D_p^2 i}{120 + 3,5D_p}$$

Gráfico 32. Curva vertical cóncava con visibilidad de parada



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

Gráfico 33. Valores de diseño para curvas verticales cóncavas con mínima distancia de visibilidad de parada



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

Longitud mínima según criterio de operación

Cuando $D_a < L_p$:

$$L_{\text{mín}} = \frac{D_a^2 i}{969}$$

Cuando $D_a > L_p$:

$$L_{\text{mín}} = 2D_a - \frac{969}{i}$$

Longitud mínima según criterio de drenaje

Se controla una longitud máxima de una curva vertical cóncava, para contrarrestar el empozamiento de aguas superficiales en el punto más bajo de la curva, con la siguiente tabla de recomendación:

Tabla 20. Curvas verticales cóncavas mínimas

Velocidad de diseño (kph)	Distancia de visibilidad para parada "S" (m)	Coeficiente $k_v = S^2 / 122 + 3,5 S$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2,08	2
25	25	2,98	3
30	30	3,96	4
35	35	5,01	5
40	40	6,11	6
45	50	8,42	8
50	55	9,62	10
60	70	13,35	13
70	90	18,54	19
80	110	23,87	24
90	135	30,66	31
100	160	37,54	38
110	180	43,09	43
120	220	54,26	54

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

Tabla 21. Valores mínimos de diseño del coeficiente " k_v " para longitud de curvas verticales cóncavas mínimas

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R – I ó R – II	> 8000 TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3000 – 8000 TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1000 – 3000 TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300 – 1000 TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100 – 300 TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de 100 TPDA	12	7	4	7	3	2

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

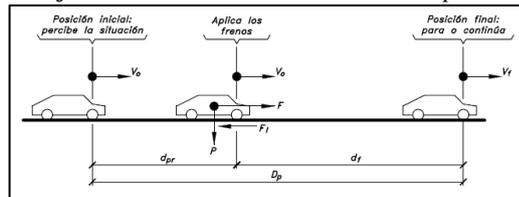
1.1.2.5.3. Visibilidad en carreteras

El usuario requiere tener un cierto nivel de seguridad y eficiencia en su movilización, es por eso que, se provee de ciertas distancias de visibilidad tomadas como longitudes continuas al ofrecer al conductor de un vehículo la posibilidad de una vista hacia delante lo más acertada posible, evitando alteraciones en el tránsito vehicular. Dicha longitud, debe ser suficiente para controlar la velocidad de operación de los vehículos al realizar maniobras en las carreteras.

a. Distancia de visibilidad de parada

Es aquella distancia necesaria para detener la marcha del vehículo antes de enfrentar un obstáculo fijo que bloquee su trayectoria, circulando a cierta velocidad específica.

Gráfico 34. Distancia de visibilidad de parada



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

$$D_p = 0,694V_d + \frac{V_d^2}{254(f_1 \pm p)} = 0,694V_e + \frac{V_e^2}{254(f_1 \pm p)}$$

Tabla 22. Distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R – I ó R – II	> 8000 TPDA	220	180	135	180	135	110
I	3000 – 8000 TPDA	180	160	110	160	110	70
II	1000 – 3000 TPDA	160	135	90	135	110	55
III	300 – 1000 TPDA	135	110	70	110	70	40
IV	100 – 300 TPDA	110	70	55	70	35	25
V	Menos de 100 TPDA	70	55	40	55	35	25

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

Tabla 23. Distancia de visibilidad mínima de parada de un vehículo

Velocidad de diseño – Vd (Kph)	Velocidad de circulación asumida – Vc (Kph)	Percepción + reacción para frenaje		Coeficiente de fricción longitudinal “f”	Distancia de frenaje “d2” gradiente cero (m)	Distancia de visibilidad para parada (D=D1+D2)	
		Tiempo (seg)	Distancia recorrida “d” (m)			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	20	2,5	13,89	0,47	3,36	17,25	20
25	24	2,5	16,67	0,44	5,12	21,78	25
30	28	2,5	19,44	0,42	7,29	26,74	30
35	33	2,5	22,92	0,40	10,64	33,56	35
40	37	2,5	25,69	0,39	13,85	39,54	40
45	42	2,5	29,17	0,37	18,53	47,70	50
50	46	2,5	31,94	0,36	22,85	54,79	55
60	55	2,5	38,19	0,35	34,46	72,65	70
70	63	2,5	43,75	0,33	47,09	90,84	90
80	71	2,5	49,31	0,32	62,00	111,30	110
90	79	2,5	54,86	0,31	79,25	134,11	135
100	86	2,5	59,72	0,30	96,34	156,06	160
110	92	2,5	63,89	0,30	112,51	176,40	180
120	100	2,5	71,53	0,29	145,88	217,41	220

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

Existen una serie de recomendaciones dadas por el Manual de la AASHTO acerca de las distancias mínimas de visibilidad de parada; para tramos de rasantes a nivel o pendiente cero, y rasantes superiores a un porcentaje de pendiente del 3% para descenso y ascenso realizando las correcciones a las distancias de frenado [8], [22].

b. Distancia de visibilidad de adelantamiento

Esta distancia se caracteriza por tener la longitud suficiente en la que un conductor pueda maniobrar el adelantamiento de su vehículo con respecto a otro de menor velocidad, que circula por el mismo carril y busque satisfacer condiciones de seguridad, haciendo visible dicha maniobra para el vehículo en sentido contrario. La distancia mínima de visibilidad de adelantamiento agrupa cuatro distancias, que se componen de: tiempo de percepción-reacción del conductor que va a efectuar la maniobra, tiempo desde que invade el carril opuesto hasta regresar a su propio carril, tiempo en que termina la maniobra y el vehículo que se dirige en sentido contrario, tiempo en recorrer el vehículo de sentido contrario [8], [10].

Tabla 24. Elementos que componen la distancia de visibilidad de adelantamiento en vías de dos carriles de dos sentidos

Componente de la maniobra de adelantamiento	Rango de la velocidad específica del elemento en el que se efectúa la maniobra, V_e (km/h)			
	48 - 64	64 - 80	80 - 96	96 - 112
	Velocidad del vehículo que adelanta, V (km/h)			
	56,00	70,00	84,00	99,00
Maniobra inicial:				
a = Aceleración promedio (Km/h/s)	2,24	2,29	2,35	2,40
t_1 = Tiempo (s)	3,60	4,00	4,30	4,50
D_1 = Distancia recorrida (m)	44,00	66,00	88,00	112,00
Ocupación del carril contrario:				
t_2 = Tiempo (s)	9,30	10,00	10,70	11,30
D_2 = Distancia recorrida (m)	145,00	196,00	251,00	313,00
Distancia de seguridad:				
D_3 = Distancia recorrida (m)	30,00	55,00	76,00	91,00
Vehículo en sentido opuesto:				
D_4 = Distancia recorrida (m)	30,00	55,00	76,00	91,00
Distancia total:				
$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$	316	448	583	725

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

Tabla 25. Mínimas distancias de visibilidad de adelantamiento de un vehículo

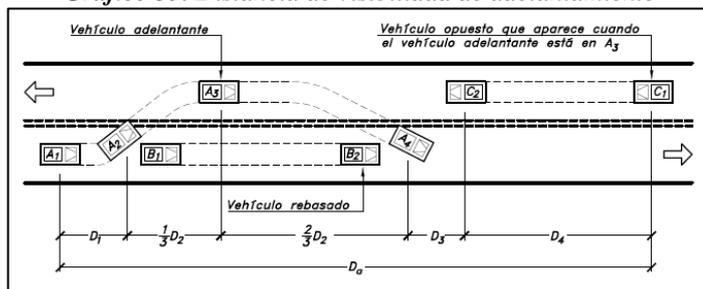
V_D (km/h)	Velocidades de los vehículos, (Km/h)		Distancia mínima de rebasamiento, metros	
	Rebasado	Rebasante	Calculada	Recomendada
25	24	40	---	(80)
30	28	44	---	(110)
35	33	49	---	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

“*”, valor con margen de seguridad por sobrepasar la velocidad de adelantamiento los 100 km/h.
“()”, valor para caminos vecinales.

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Gráfico 35. Distancia de visibilidad de adelantamiento



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

Tabla 26. Valores de diseño de distancias mínimas de visibilidad de adelantamiento en Ecuador

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R – I ó R – II	> 8000 TPDA	830	830	640	830	640	565
I	3000 – 8000 TPDA	830	690	565	690	565	415
II	1000 – 3000 TPDA	690	640	490	640	565	345
III	300 – 1000 TPDA	640	565	415	565	415	270
IV	100 – 300 TPDA	480	290	210	290	150	110
V	Menos de 100 TPDA	290	210	150	210	150	110

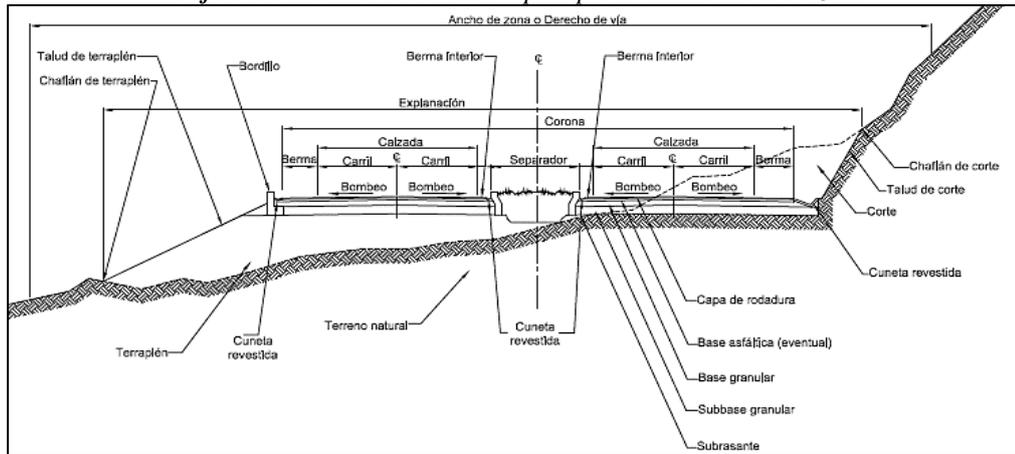
Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003 [3].

1.1.2.6. Diseño Geométrico Transversal

Se trata de definir una sección transversal de una determinada carretera, definida por un perfil del terreno en el que se aplica un corte vertical sobre una sección normal al eje de su alineamiento horizontal. En este alineamiento transversal se busca definir la ubicación y dimensiones de los elementos que componen dicha carretera, que deben estar relacionados con el terreno natural.

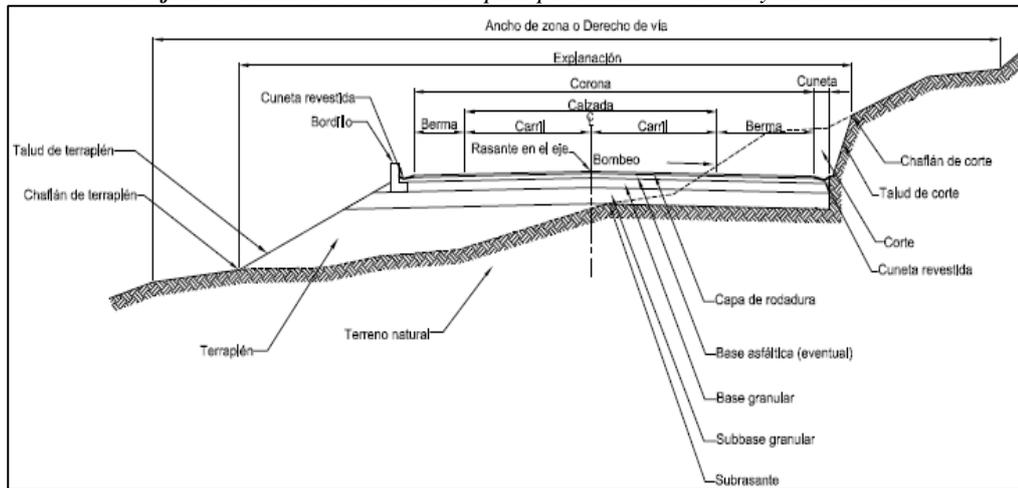
La adopción de cierta sección transversal típica va a depender del volumen del tráfico, del terreno y su velocidad de diseño más adecuada. Se toma en consideración factores de beneficios a los usuarios respecto a su seguridad, y a factores económicos que muchas de las veces determinan cierta sección transversal [8], [20].

Gráfico 36. Sección transversal típica para vías de doble calzada



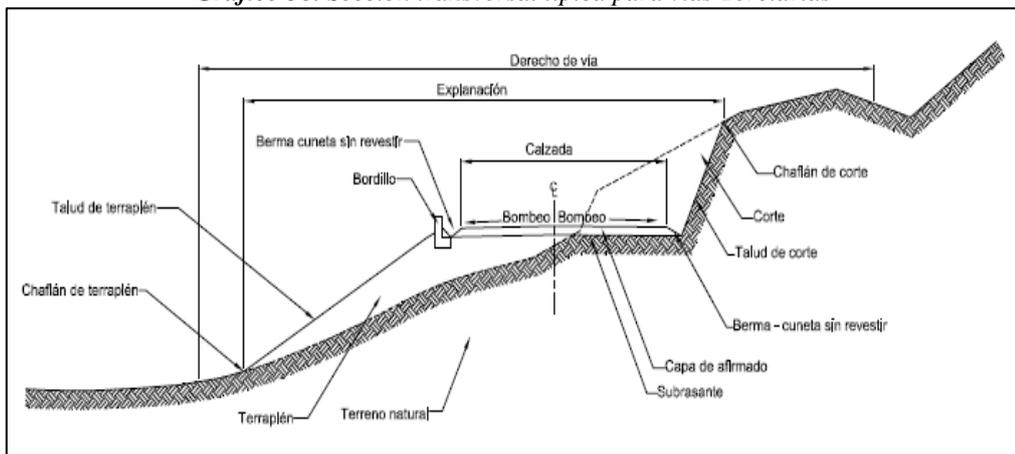
Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008 [19].

Gráfico 37. Sección transversal típica para vías Primarias y Secundarias



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008 [19].

Gráfico 38. Sección transversal típica para vías Terciarias



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008 [19].

1.1.2.6.1. Elementos

a. Calzada

La selección del ancho del pavimento se determina a partir de su volumen y composición del tráfico, este último que resulta de las dimensiones propias del vehículo de diseño; y que está correlacionada a las características del terreno. Se encuentra distribuida en uno o más carriles que permite uno o dos sentidos de circulación, que se define por una faja de ancho suficiente denominado carril para permitir la circulación libre de una fila de vehículos en un mismo sentido de tráfico. Comúnmente se establece un ancho de carril de 3,00; 3,50 y 3,65 [19].

Tabla 27. Anchos de calzada en Ecuador

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

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

b. Espaldones o Bermas

Las bermas son la porción de carretera entre el borde de la calzada y la cuneta, que queda definida por una faja longitudinal proporcionando una serie de funciones básicas: proporciona protección al pavimento y a sus capas inferiores, permite la provisión de estacionamiento temporal de vehículos evitando accidentes, mejor distancia de visibilidad en curvas horizontales, mejor capacidad de la carretera que facilita una velocidad uniforme.

Se debe proporcionar el mismo nivel e inclinación que en la superficie de rodadura en cuanto a bombeo y peralte, constituida por los mismos materiales de su capa de rodadura prevista [20].

Tabla 28. Valores de diseño para el ancho de espaldones en Ecuador

Clase de carretera	Ancho de espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	Llano	Ondulado	Montañoso	Llano	Ondulado	Montañoso
	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)
R – I ó R – II > 8000 TPDA	3,0*	3,0*	2,5*	3,0	3,0*	2,0*
I 3000 a 8000 TPDA	2,5*	2,5*	2,0*	2,5**	2,0**	1,5**
II 1000 a 3000 TPDA	2,5*	2,5*	1,5*	2,5	2,0	1,5
III 300 a 1000 TPDA	2,0**	1,5**	1,0*	1,5	1,0	0,5
IV 100 a 300 TPDA	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V Menos de 100 TPDA	No se considera un espaldón, ya que se incorpora una parte del soporte lateral en el ancho de superficie de rodadura					
* La cifra en paréntesis indica la medida del espaldón interior de cada calzada, y las siguientes son espaldones exteriores.						
** Se recomienda espaldones del mismo material para la capa de rodadura						

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPI), 2003 [3].

Para el caso de tramos rectos la calzada posee un bombeo, que se fija por una pendiente transversal del eje hacia los bordes facilitando el escurrimiento de las aguas lluvias en las bermas y cunetas. La pendiente transversal de dichas bermas debe cumplir generalmente un pendiente del 4%, pudiendo variar a su vez de 3% hasta 6% con relación a la superficie de rodadura que se acoja en la vía [3].

Tabla 29. Gradiente transversal para espaldones (porcentajes)

Clase de carretera	Tipo de superficie	Gradiente transversal (%)
R – I ó R – II > 8000 TPDA	Carpeta de concreto asfáltico	4,00
I 3000 a 8000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o carpeta	4,00
II 1000 a 3000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o superficie estabilizada	4,00
III 300 a 1000 TPDA	Superficie estabilizada, grava	4,00
IV 100 a 300 TPDA	D.T.S.B. O capa granular	4,00

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPI), 2003 [3].

c. Taludes

Son consideradas como superficies laterales inclinadas que limitan la explanación de una carretera, tanto en zonas de corte como las de terraplenes. La inclinación de los taludes se mide como la tangente del ángulo formado entre el plano de la superficie del terreno y la línea horizontal en cada sección de la vía.

Las inclinaciones de los taludes tanto en corte como en relleno se determinan por estudios geológicos y geotécnicos del lugar en estudio, que resultan muy importantes

en aspectos de seguridad, buena apariencia y que influyen en el costo de mantenimiento. Se debe tratar un enfoque económicamente permisible en los taludes que conlleve un diseño con la menor pendiente posible principalmente, además de, condicionarse por características geométricas de cierta vía y la incidencia de los suelos [3], [20].

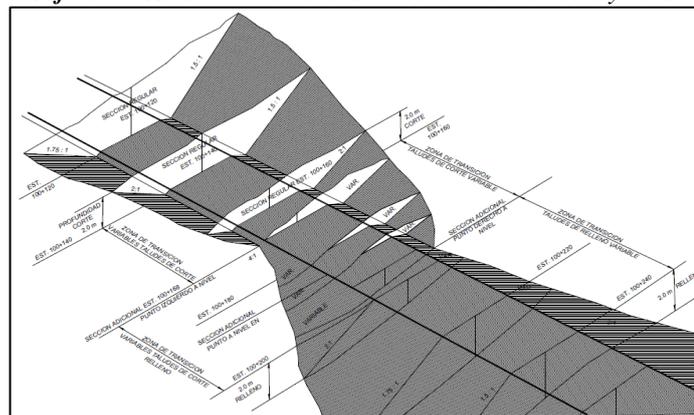
Generalmente se emplea taludes de: cortes 2 verticales por 1 horizontal, y terraplenes 2 verticales por 3 horizontales. En el caso de tener suelos de fundación con presencia de materia orgánica o muy compresibles, preferentemente se los debe retirar o tratar según el caso específico [8], [19].

Tabla 30. Valores de diseño recomendables de taludes en terrenos planos

Clase de carretera	Talud	
	Corte	Relleno
R – I ó R – II > 8000 TPDA	3: 1	4: 1
I 3000 a 8000 TPDA	3: 1	4: 1
II 1000 a 3000 TPDA	2: 1	3: 1
III 300 a 1000 TPDA	2: 1	2: 1
IV 100 a 300 TPDA	1,8 – 1: 1	1,5 – 2: 1
V Menos de 100 TPDA	1,8 – 1: 1	1,5 – 2: 1

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

Gráfico 39. Alabeo de taludes en transiciones de corte y relleno



Fuente: Manual de carreteras Diseño Geométrico, 2014 [20].

d. Ancho de zona o derecho de vía

Está determinada por la zona de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, obras complementarias, futuras ampliaciones, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico. Dicha zona no se la puede ocupar para uso privado, y son dependientes del tipo de vía [8].

Tabla 31. Derecho de vía

Categoría de la carretera	Ancho de zona (m)
Primaria de dos calzadas	> 30
Primaria de una calzada	24 – 30
Secundaria	20 – 24
Terciaria	12

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008 [19].

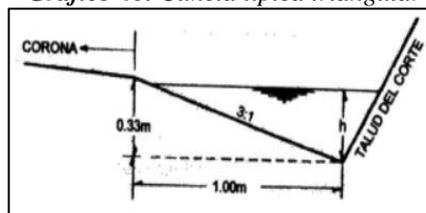
e. Cunetas

Son conductos abiertos construidos longitudinalmente que siguen la trayectoria a lo largo de la vía, que recogen y conducen escurrimientos superficiales y de infiltración con la finalidad de proteger a la estructura del pavimento. Pueden construirse cunetas con revestimiento en hormigón y sin revestimiento (en tierra), al responder a cálculos hidráulicos para establecer sus dimensiones.

Las secciones transversales de la cuneta pueden tener una geometría rectangular, trapezoidal, triangular o alguna otra que resulte capaz de dar seguridad vial; que a continuación, se dirigen hacia un drenaje natural u obra transversal para alejarla oportunamente fuera de la carretera.

Se establece pendientes mínimas absolutas del 0,2% para cunetas revestidas y del 0,5% para cunetas sin revestir [3], [20].

Gráfico 40. Cuneta típica triangular



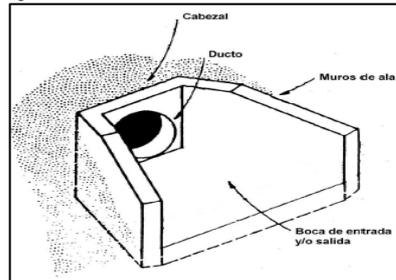
Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

f. Alcantarillas

Para [3], se considera a las alcantarillas como un sistema de drenaje que permita a la carretera desalojar el agua en exceso, ya sea pluvial o de corrientes superficiales al ser drenadas mediante una pendiente en sentido transversal. Las alcantarillas deben alcanzar un diseño en función de las características propias de la cuneta y el tipo de carretera en estudio.

Las alcantarillas al ser conductos cerrados se construyen transversalmente y por debajo del nivel de la subrasante de la carretera, esto con el fin de poder encauzar sus aguas hacia vertientes naturales. A su vez, se deben instalar siguiendo la alineación, pendiente y cotas de nivel del cauce de la corriente, para facilitar la circulación del agua sin interrupciones y con riesgos mínimos de erosión.

Gráfico 41. Elementos de las alcantarillas



Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

1.1.2.6.2. Movimiento de volúmenes de tierra y diagrama de masas

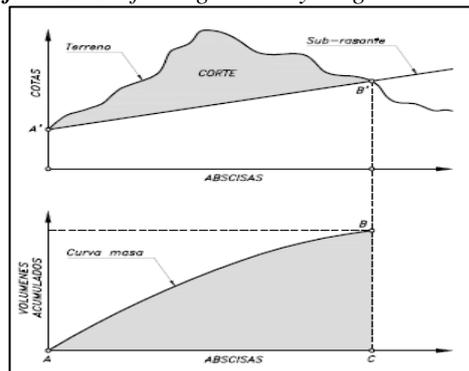
Al momento de diseñar el perfil longitudinal de cierta carretera, se busca algunas condiciones favorables para el proyecto como hacer coincidir los volúmenes de corte y terraplén, con una pequeña ventaja en corte. Esta ventaja nos ayuda en la etapa de construcción para que el material excavado de los cortes lo podamos reutilizar al momento de conformar los terraplenes, sin material excedente de capa vegetal que afecte el comportamiento de dichos suelos.

El logro de esta alternativa se ve afectado por factores del trazado de la vía, materiales obtenidos en los cortes, distancia de transporte del material; que, en el caso de no poder obtenerlos, resulta factible acogerse al material de préstamo excavado fuera de los chaflanes de la carretera.

La compensación que se desea alcanzar responde gráficamente al diagrama de masas, que busca graficar los volúmenes de tierra a mover y a las distancias a las que hay que transportarlo en cierto tramo de carretera en construcción.

Los puntos deben unirse mediante segmentos rectos o líneas continuas, que en el diagrama de masas tomaría volúmenes de corte (+) y terraplenes negativos (-).

Gráfico 42. Perfil longitudinal y diagrama de masas



Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras, 2013 [8].

A su vez, se debe considerar un factor de compensación en el movimiento de tierras; que, responde a tener un exceso de corte que sea necesario para conformar un terraplén compactado de cierto volumen. Dicho factor se lo practica alrededor de un 25% o un resultado que especifique el estudio de suelos, aplicable para cortes en banco de 1m^3 en terraplenes compactados de $0,75\text{m}^3$ [8], [9].

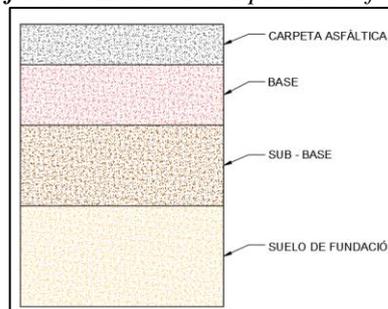
1.1.2.7. Diseño de Pavimentos

1.1.2.7.1. Tipos de pavimentos

a. Pavimentos Flexibles

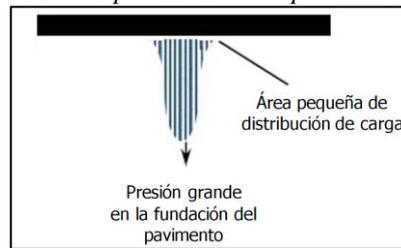
Son asociados a pavimentos adaptados a deformaciones del suelo sin parecer tensiones adicionales. Se consideran estructuras diseñadas con materiales bituminosos acompañado de materiales granulares, que se apoyan sobre dos capas no rígidas (base y sub - base) [18].

Gráfico 43. Estructura de pavimento flexible



Fuente: Autor.

Gráfico 44. Comportamiento del pavimento flexible

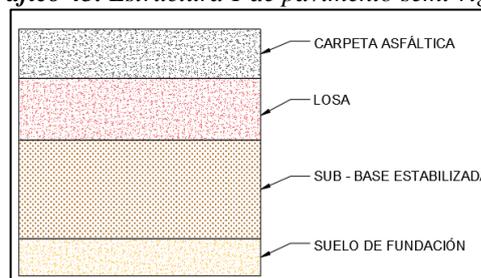


Fuente: Diseño de Pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

b. Pavimentos Semi – Rígidos

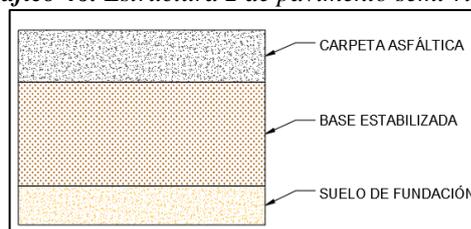
Está relacionado estrechamente con la estructura de un pavimento flexible, pero con una o más de sus capas rigidizada artificialmente tales como: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. Los aditivos que se emplea en este tipo de pavimentos modifican o corrigen las propiedades mecánicas de los materiales que no son adecuados para la construcción de la estructura del pavimento, siempre y cuando, su distancia requiera costos de construcción no elevados [24].

Gráfico 45. Estructura 1 de pavimento semi-rígido



Fuente: Autor.

Gráfico 46. Estructura 2 de pavimento semi-rígido



Fuente: Autor.

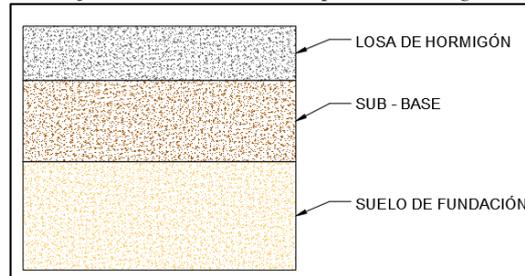
c. Pavimentos Rígidos

Son pavimentos que no se pueden adaptar a las deformaciones del suelo, generado por la poca resistencia que ofrecen a las tensiones por tracción. Se las ubica principalmente

en una capa de concreto hidráulico, ofreciendo una zona muy amplia para la distribución de esfuerzos debido a su elevado coeficiente de elasticidad [24].

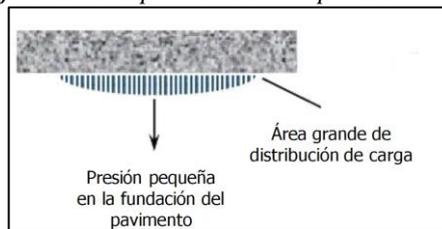
La capacidad que genera un pavimento rígido se ve influenciado por la losa de hormigón más que por la capacidad de la subrasante, que ejerce poca influencia en el diseño de la estructura del pavimento.

Gráfico 47. Estructura de pavimento rígido



Fuente: Autor.

Gráfico 48. Comportamiento del pavimento rígido

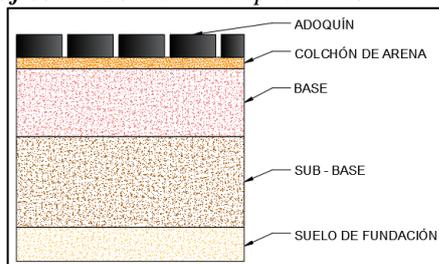


Fuente: Diseño de Pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

d. Pavimentos Articulado

Se constituyen por elementos prefabricados de espesor constante e iguales entre sí, comúnmente los adoquines. Según la magnitud de las cargas a las que se va a ver sometida se apoyará sobre una capa delgada de arena, conformada a su vez sobre una base granular o sobre la sub – rasante [24].

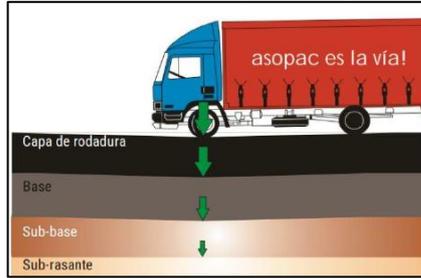
Gráfico 49. Estructura de pavimento articulado



Fuente: Autor.

1.1.2.7.2. Estructura del pavimento

Gráfico 50. Distribución de cargas en un pavimento flexible



Fuente: Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible [25].

a. Sub – rasante

Mediante esta capa se soporta todas las cargas que transmite la estructura de pavimento y le da sustentación a la misma. A esta capa se considera como la cimentación del pavimento, una vez terminado el movimiento de tierras con su compactación y dadas las pendientes especificadas. La calidad de la sub – rasante determinará el espesor del pavimento, empleando como parámetro de evaluación la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito[2], [24].

Gráfico 51. Escarificación, humectación y compactación de la subrasante



Fuente: Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible [25].

b. Sub – base

Es una capa de espesor definido que, toma en cuenta materiales con determinadas especificaciones colocadas sobre la capa de sub – rasante aprobada [12], al cumplir con las siguientes funciones:

- Capa de drenaje del pavimento
- Contrarresta los cambios de volumen, elasticidad y reduce la plasticidad que se caracteriza por perjudicar al material de la sub – rasante.
- Controla la capilaridad del agua originada en niveles freáticos infrayacentes cercanos.

Gráfico 52. *Extensión del material de Subbase*



Fuente: *Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible [25].*

c. Base

Esta capa considera la absorción de esfuerzos producidos por las cargas de los vehículos, repartiendo uniformemente dichos esfuerzos a la capa de sub – base y al terreno de fundación. Se pueden conformar con bases granulares, mezclas bituminosas, mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante [2]. Además, que satisface los siguientes requisitos:

- Reduce los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia capas inferiores.
- Resiste cambios de humedad y temperatura.
- No exhibe cambios de volumen.
- Reduce el espesor de la capa de rodadura.

Gráfico 53. *Conformación y compactación de la capa de Base*



Fuente: *Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible [25].*

d. Capa de rodadura

La capa de rodadura está asociada como protección de la capa de base al impermeabilizar su superficie, que evite filtraciones del agua lluvia y el desgaste de la misma base debido al tráfico repetitivo de los vehículos. Además brinda seguridad y confort para los usuarios con una superficie uniforme de rodamiento [18].

Gráfico 54. Riego de imprimación y compactación de Capa de Rodadura



Fuente: Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible [25].

Tabla 32. Clasificación de Superficies de Rodadura

Clase de carretera	Tipo de superficie	Gradiente transversal (porcentajes)
R – I ó R – II > 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5 – 2
I 3000 a 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5 – 2
II 1000 a 3000 TPDA	Grado estructural intermedio	2
III 300 a 1000 TPDA	Bajo grado estructural: Doble Tratamiento Superficial Bituminoso D.T.S.B.	2
IV 100 a 300 TPDA	Grava o D.T.S.B.	2,5 – 4
V Menos de 100 TPDA	Grava, Empedrado, Tierra	4
* Para caminos vecinales tipo 5 y 5E.		

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

1.1.2.8. Presupuesto

En la ejecución de cualquier tipo de proyecto de tipo ingenieril, resulta imprescindible el estudio de los recursos necesarios de una obra civil para elaborar un presupuesto, que refleje a través de los precios unitarios el costo total aproximado de cierta obra, siempre y cuando, resulte económicamente viable sin dejar de lado la seguridad y eficiencia de dicho proyecto.

El éxito de la elaboración y ejecución de un proyecto se basa en lograr la planificación y programación, como bases fundamentales para lograr un presupuesto detallado. Dicho logro se fija en el estudio de actividades que intervienen en el desarrollo del proyecto, duración de los trabajos y rentabilidad de sus procedimientos; además de, conformar una valorización anticipada en base a programas de trabajo con cómputos

métricos determinando actividades macros asociadas a dicha construcción, de manera ordenada y cronológica [18], [26].

Para establecer un presupuesto debe estar compuesto por cinco elementos: Costo Directo (CD) + Costo Indirecto (CI) + Costo de Administración Central (CAC) + Utilidad (U) + Impuestos (I).

El análisis de precios unitarios responde a criterios de: salarios, rendimientos, costos de equipo, costos de mano de obra, entre otros.

1.1.2.8.1. Costos Directos

Son costos que se fijan de la suma de materiales, mano de obra y equipos; que resultan aplicables a la ejecución misma de la obra en cada una de sus fases. Pueden clasificarse en costos directos de operación, costos directos comerciales, y costos directos de subcontratos.

1.1.2.8.2. Costos Indirectos

Pueden determinarse de los costos que no contemplan los costos directos, atribuibles a gastos generales que resultan necesarios para la ejecución de la obra, tomados generalmente como:

- Costos de oferta y de contratación.
- Costos iniciales.
- Costos de operación.
- Costos administrativos de campo.
- Costos por servicios especializados.
- Costos por afectaciones esperadas.
- Costos imprevistos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Rectificar la vía El Limón – El Deseo en el Tramo 20+000 a 21+000 y El Deseo – Punta Brava Tramo 21+000 a 24+000 perteneciente al cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía existente de El Limón – San Pedro Río Calope.
- Efectuar el estudio del Tráfico Actual de la vía (TPDA).
- Estudiar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. (Físicas: contenido de humedad, gravedad específica, granulometría y límites de Atterberg; Mecánicas: Proctor y CBR, ensayo de abrasión).
- Realizar el diseño hidráulico de las obras de arte mayor y menor.
- Efectuar el diseño de la capa de rodadura con pavimento flexible.
- Determinar el presupuesto referencial de la obra.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipos de investigación

▪ Investigación bibliográfica

El diseño geométrico de vías y su correspondiente dimensionamiento de las capas de la estructura de pavimento, hacen que sea necesario el uso de material técnico y normativo como lo son las normas de la MTOP, generadas para llevar a cabo un diseño seguro, económico y efectivo, a la hora de seleccionar cada uno de los parámetros de diseño en los que se apoya dicha norma. Además de, contar con material investigativo internacional que, a través de los años nos han ayudado a seleccionar los métodos de diseño más óptimos en carreteras con normativas como la AASHTO, ASTM, entre otros. Cada uno de los componentes de una vía en estudio contempla el uso de recomendaciones anteriormente probadas, en el que podamos obtener un proyecto con una vida útil adecuada, que conlleve la seguridad y comodidad de los usuarios principalmente.

▪ Investigación de campo

Este tipo de investigación busca proporcionar los requerimientos de partida del proyecto, a través de un levantamiento topográfico en el sitio de estudio, que nos ayude a obtener datos georreferenciados para idealizar el diseño de una vía. Así como, la toma de muestras de suelo que proporcionen información de las propiedades características en campo conforme a su color, olor y textura; como primeras idealizaciones y su oportuno reconocimiento del lugar para fijar una prefactibilidad del proyecto. Finalmente, con el estudio del tráfico que nos permita obtener el TPDA y analizar visualmente el estado completo de la carretera.

▪ Investigación de laboratorio

Se deben analizar las muestras tomadas en campo, a través de ensayos normativos que nos ayuden a obtener datos de diseño; que, siguen procedimientos específicos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la carretera con cada uno de sus espesores en la estructura de pavimento.

Tabla 33. Ensayos y normas en laboratorio

Ensayo	Norma
Toma de muestras alteradas	NTE INEN 686
Determinación del contenido de agua	NTE INEN 690
Determinación del límite líquido	NTE INEN 691
Determinación del límite plástico	NTE INEN 692
Análisis granulométrico	NTE INEN 696 ASTM D 422-63 AASHTO T88-70
Próctor modificado	AASHTO T-180 ASTM D1557
CBR	ASTM D1883
Diseño de pavimento flexible	AASHTO 93

Fuente: Autor.

2.2. Materiales y Equipo

Se requiere una serie de materiales y equipos para obtener los datos necesarios acerca del proyecto en estudio. Los equipos de los que se hacen uso para el levantamiento topográfico fueron de exclusividad de un grupo de estudiantes, debido a los acontecimientos sucedidos por emergencia sanitaria, en cambio, para la ejecución de los ensayos de laboratorio fueron proporcionados por los Laboratorios de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Se toma en consideración para investigación hecha en campo y en laboratorio, el uso de:

Tabla 34. Materiales y equipos en los ensayos de laboratorio y en campo

Ensayo	Materiales	Equipo
Georreferenciación	- Puntos de madera - Estacas de madera - Pintura en aerosol - Pintura en esmalte - Costales - Barra - Martillo - Libreta de campo	- GPS - Cinta métrica (50 metros) - Jalones - Teléfono móvil
Toma de muestras alteradas	- Barra - Pico - Pala - Muestra de suelo aprox. 50kg. - Fundas plásticas, costales	- Flexómetro

	- Libreta de campo	
Límite líquido	- Muestra de suelo que pase por el tamiz N°40, aprox. 250gr. - Libreta	- Copa de Casagrande - Acanalador - Fuente de mezclado - Espátula - Recipientes metálicos - Balanza digital - Horno
Límite plástico	- Muestra de suelo que pase por el tamiz N°40, aprox. 250gr. - Libreta	- Fuente de mezclado - Espátula - Placa de rolado - Recipientes metálicos - Balanza digital - Horno
Análisis granulométrico	- Muestra de suelo aprox. 500gr. - Bandeja - Libreta	- Tamices - Tamizadora eléctrica - Balanza digital
Próctor modificado	- Muestra de suelo aprox. 30kg. - Bandejas - Playo - Flexómetro - Agua - Hojas de papel - Libreta	- Moldes cilíndricos metálicos - Retorta - Calibrador pie de rey - Palustre - Probeta - Martillo compactador - Enrasador - Balanza digital y mecánica - Recipientes metálicos - Horno
CBR	- Muestra de suelo aprox. 18kg. - Bandejas - Playo - Flexómetro - Agua - Hojas de papel - Libreta	- Moldes cilíndricos metálicos - Retorta - Calibrador pie de rey - Palustre - Probeta - Martillo compactador - Enrasador - Balanza digital y mecánica - Recipientes metálicos - Horno - Máquina automática multispeed

Fuente: Autor.

Gráfico 56. División política de la provincia de Cotopaxi



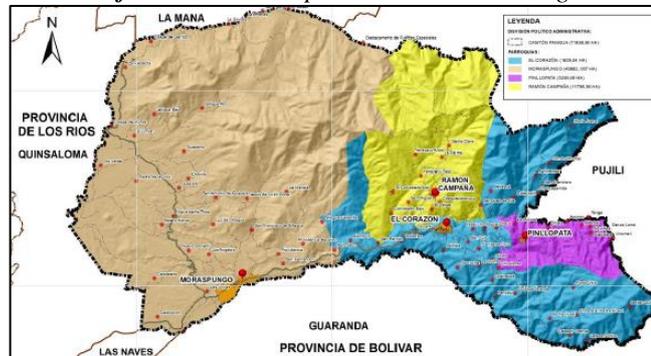
Fuente: País Bonito, 2020.

2.3.3. Ubicación micro del proyecto

El Cantón Pangua se sitúa con una extensión total aproximada de 71.956,90 hectáreas y alrededor de 24.612 habitantes. Sus límites son: al Norte con La Maná, Pílaló, Pujilí; al Sur con el río Piñanatug que divide a las provincias de Cotopaxi y Bolívar; al Este con Angamarca, Pujilí; al Oeste con Quinsaloma, Ventanas, Quevedo. El Cantón en mención está dividido por una parroquia urbana: El Corazón; y tres parroquias rurales: Moraspungo, Ramón Campaña y Pinllopata.

La vía en estudio está entrelazada con las comunidades de El Limón – El Deseo – Punta Brava, que corresponde a la parroquia rural de Moraspungo del cantón Pangua, con una extensión de 40.682,01 hectáreas en dicha parroquia con alrededor de 12.376 habitantes. Sus límites son: al Norte La Maná; al Sur con el río Piñanatug que divide a las provincias de Cotopaxi y Bolívar; al Este con la parroquia rural de El Corazón y Ramón Campaña; al Oeste con Quinsaloma en la provincia de Los Ríos.

Gráfico 57. División política del cantón Pangua



Fuente: Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible [4].

2.3.4. Localización geográfica del proyecto

Ubicado en la provincia de Cotopaxi del Cantón Pangua, con un tramo desde el km 20+000 al km 24+000.

Tabla 35. Localización de inicio y fin del tramo del proyecto

Abscisa	Norte	Este	Elevación (m)
20+000	9 890 767,357	700 029,481	413,792
24+000	9 890 154,628	697 334,233	318,702

Fuente: Autor.

Gráfico 58. Ubicación Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000



Fuente: Autor.

2.4. Plan de Recolección de Información

Se puede establecer una recolección de información en campo al conversar con los moradores de la carretera en estudio, para determinar las condiciones físicas y meteorológicas de la vía a través del tiempo, que conlleven a un diseño óptimo de la vía salvaguardando siempre la integridad de sus ocupantes al transitar por la misma.

La población busca mejorar su economía y calidad de vida a través de proyectos de infraestructura civil como el que se ejecuta, en el que se proporciona información acerca de sus habitantes dados por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón

Pangua y sus correspondientes medios de transporte, para estimar una proporción de tráfico que hará uso de dicha carretera.

Con el fin de cumplir los objetivos planteados se propone un diseño geométrico de la vía El Limón – El Deseo – Punta Brava de sus 4 kilómetros; dados por un levantamiento topográfico utilizando la Estación Total Trimble y el uso de puntos fijos (BM) por kilómetro, que servirán en el replanteo de dicho proyecto. La norma MTOP, que nos guiará en el desarrollo del proyecto con sus recomendaciones en cada uno de los elementos del diseño, ya sea: horizontal, vertical y transversal. Así también, muestras tomadas cada 500 metros que servirán para definir los espesores de la estructura de pavimento, analizadas en laboratorio para determinar sus capacidades y propiedades físicas y mecánicas.

2.5. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

2.5.1. Procesamiento de Información

- Efectuar una visita de campo que permita analizar el estado actual de la vía, así como, sus condiciones meteorológicas e identificación de propiedades características visuales rápidas.
- Inquirir en información bibliográfica acerca del diseño de vías, que contemplen recomendaciones para su diseño.
- Ejecutar un levantamiento topográfico georreferenciado detallado, que contemple la ubicación de puntos con estacas de madera sobre anchos de vía, pasos de agua, casas, entre otros; y estudiar el tráfico que se genera a través del recorrido de la carretera, por 7 días para fijar un TPD de diseño.
- Organizar los datos y graficarlos en un software computacional para analizar los resultados de diseño según MTOP.
- Obtener datos de laboratorio para clasificar los espesores de la estructura de pavimento, contemplados por el diseño de la AASHTO-93.
- Representar un modelo digital que contemple toda la información para el diseño de la vía del cantón Pangua.

- Fijar los costos del proyecto que ayuden a considerar los rubros necesarios para el desarrollo del proyecto, en parámetros de: materiales, mano de obra, equipos y maquinaria.

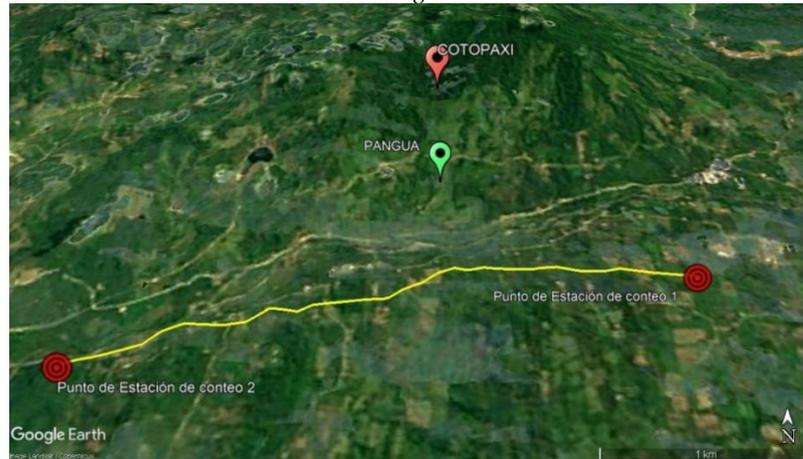
2.5.2. Análisis de Resultados

- Crear un informe de los datos obtenidos en el estudio de las muestras de suelo en laboratorio, que muestren las propiedades físicas y mecánicas del suelo analizado, y su capacidad portante.
- Identificar las consideraciones de diseño para un desempeño óptimo y seguro de la carretera según MTOP.
- Procesar un modelo computacional en Civil 3D que establezca la topografía del terreno con sus velocidades de diseño, para determinar los volúmenes de corte y relleno que se deban ejecutar según su diagrama de masas.
- Formar un presupuesto referencial, cronograma, análisis de precios unitarios, especificaciones, que permitan revisar la prefactibilidad de dicho proyecto.

2.5.2.1. Estudio de Tráfico

Este estudio contempla el conteo vehicular con datos reales, que se han ejecutado por medio de un método manual. Se efectuó un conteo manual de 7 días de la semana, desde el día sábado 20 de noviembre de 2021 hasta el día 26 de noviembre de 2021, en intervalos de 15 minutos para un periodo diario de 12 horas. Se asocia a cada tipo de vehículo con su descripción correspondiente, para esto tenemos tres tipos de vehículos: livianos, buses y pesados (2D, 2DA, 2DB, 3A, 4C, 3S2). Se tomó un punto de conteo para el tramo 6 y 7 correspondientes a los kilómetros 20+000 al 28+000 del final del macroproyecto, perteneciente a la “Y” que conecta El Deseo con la vía a La Maná, así:

Gráfico 59. Ubicación de puntos de conteo vehicular para el tramo El Deseo - Punta Brava, cantón Pangua



Fuente: Autor.

2.5.2.1.1. Cálculo del TPDA

Para el cálculo del TPDA se toma el día con mayor flujo vehicular, que corresponde al día domingo 21 de noviembre de 2021, asociada a una hora pico entre 15:45 y 16:45 de del tramo en estudio.

Tabla 36. Valores de tráfico vehicular en su correspondiente hora pico

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO											
PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."											
Sector:	El Deseo - Punta Brava										
Fecha:	21/11/2021										
Sentido:	Ambos										
HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
15h45-16h00	12	0	0	0	0	1	0	0	1	13	46
16h00-16h15	9	2	0	3	0	0	0	0	3	14	50
16h15-16h30	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	46
16h30-16h45	16	0	2	1	0	0	0	0	3	19	54
Total	45	2	2	4	0	1	0	0	7	54	
%	83,33	3,70	3,70	7,41	0	1,85	0	0	12,96	100%	

Fuente: Autor.

Se obtiene un total de vehículos contabilizados de 54, equivalentes a un 100% conforme a la tabla expuesta. Del total de la muestra se distribuyen 45 vehículos livianos con un 83,33%, para buses tenemos 2 vehículos con un 3,70%, y para pesados tenemos 7 con un 12,96%.

a. Factor de Hora Pico

$$FHP = \frac{\text{Promedio total de vehículos}}{15' \text{ más altos}}$$

$$FHP = \frac{13 + 14 + 8 + 19}{4}$$

$$FHP = \frac{4}{15}$$

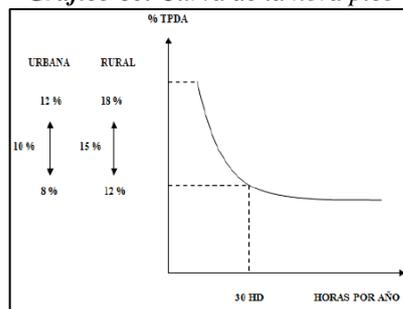
$$FHP = 0,71$$

Se asume como factor de hora pico el valor de 1 para el presente proyecto, que direcciona un tráfico uniforme para la vía en consideración.

b. TPDA a partir del método de la trigésima hora de diseño

El volumen de tráfico en la hora pico se representa por un rango de porcentajes en vías urbanas y rurales, de acuerdo a la normativa del MOP con la figura que corresponde al porcentaje de la trigésima hora.

Gráfico 60. Curva de la hora pico



Fuente: Diseño geométrico de la carretera García Moreno, 2017 [2].

Se asume una relación del 15%, debido a que, este caso corresponde a una vía rural y estará en función del factor de hora pico asumido anteriormente como 1.

$$TPDA_{\text{actual}} = \frac{VHP * FHP}{15\%}$$

- Vehículos livianos

$$TPDA_{actual} = \frac{45 * 1}{0,15} \Rightarrow TPDA_{actual} = 300vehiculos/dia$$

- Buses

$$TPDA_{actual} = \frac{2 * 1}{0,15} \Rightarrow TPDA_{actual} = 13vehiculos/dia$$

- 2D

$$TPDA_{actual} = \frac{2 * 1}{0,15} \Rightarrow TPDA_{actual} = 13vehiculos/dia$$

- 2DA

$$TPDA_{actual} = \frac{4 * 1}{0,15} \Rightarrow TPDA_{actual} = 27vehiculos/dia$$

- 2DB

$$TPDA_{actual} = \frac{0 * 1}{0,15} \Rightarrow TPDA_{actual} = 0vehiculos/dia$$

- 3A

$$TPDA_{actual} = \frac{1 * 1}{0,15} \Rightarrow TPDA_{actual} = 7vehiculos/dia$$

- V2DB

$$TPDA_{actual} = \frac{0 * 1}{0,15} \Rightarrow TPDA_{actual} = 0vehiculos/dia$$

- V3A

$$TPDA_{actual} = \frac{0 * 1}{0,15} \Rightarrow TPDA_{actual} = 0vehiculos/dia$$

Tabla 37. Tráfico promedio diario anual. TPDA actual

Tipo de vehículo	Total de vehículos	TPDA _{actual}
Livianos	45	300
Buses	2	13
2D	2	13
2DA	4	27
2DB	0	0
3A	1	7
V2DB	0	0
V3A	0	0
Total:		360vehiculos/dia

Fuente: Autor.

c. TPDA para el primer año

$$TPDA (1^\circ \text{ año}) = TPDA_{\text{actual}} * (1 + i)^n$$

Donde:

i, índice de crecimiento % (2020-2025)

n, número de años proyectados

Tabla 38. Valores TPDA para el primer año

Tipo de vehículo	TPDA _{actual}	Índice de crecimiento i(%)	Período (n)	TPDA 1° año
Livianos	300	3,57	1	310
Buses	13	1,78	1	13
2D	13	1,74	1	13
2DA	27	1,74	1	27
2DB	0	1,74	1	0
3A	7	1,74	1	7
V2DB	0	1,74	1	0
V3A	0	1,74	1	0
Total TPDA (1° año):				370vehiculos/dia

Fuente: Autor.

d. Tráfico generado

$$Tg = 20\% * TPDA(1^\circ \text{ año})$$

- Vehículos livianos

$$Tg = 20\% * (310) \Rightarrow Tg = 62\text{vehiculos/dia}$$

- Buses

$$Tg = 20\% * (13) \Rightarrow Tg = 3\text{vehiculos/dia}$$

- 2D

$$Tg = 20\% * (13) \Rightarrow Tg = 3\text{vehiculos/dia}$$

- 2DA

$$Tg = 20\% * (27) \Rightarrow Tg = 5\text{vehiculos/dia}$$

- 2DB

$$Tg = 20\% * (0) \Rightarrow Tg = 0\text{vehiculos/dia}$$

- 3A

$$Tg = 20\% * (7) \Rightarrow Tg = 1\text{vehiculos/dia}$$

- V2DB

$$Tg = 20\% * (0) \Rightarrow Tg = 0\text{vehiculos/dia}$$

- V3A

$$Tg = 20\% * (0) \Rightarrow Tg = 0 \text{ vehiculos/dia}$$

Tabla 39. Valores de tráfico generado

Tipo de vehículo	TPDA (1° año)	Tráfico generado (Tg)
Livianos	310	62
Buses	13	3
2D	13	3
2DA	27	5
2DB	0	0
3A	7	1
V2DB	0	0
V3A	0	0
Total:		74 vehiculos/dia

Fuente: Autor.

e. Tráfico atraído

$$Ta = 10\% * TPDA_{\text{actual}}$$

- Vehículos livianos

$$Ta = 10\% * (310) \Rightarrow Tg = 31 \text{ vehiculos/dia}$$

- Buses

$$Ta = 10\% * (13) \Rightarrow Tg = 1 \text{ vehiculos/dia}$$

- 2D

$$Ta = 10\% * (13) \Rightarrow Tg = 1 \text{ vehiculos/dia}$$

- 2DA

$$Ta = 10\% * (27) \Rightarrow Tg = 3 \text{ vehiculos/dia}$$

- 2DB

$$Ta = 10\% * (0) \Rightarrow Tg = 0 \text{ vehiculos/dia}$$

- 3A

$$Ta = 10\% * (7) \Rightarrow Tg = 1 \text{ vehiculos/dia}$$

- V2DB

$$Ta = 10\% * (0) \Rightarrow Tg = 0 \text{ vehiculos/dia}$$

- V3A

$$Ta = 10\% * (0) \Rightarrow Tg = 0 \text{ vehiculos/dia}$$

Tabla 40. Valores de tráfico atraído

Tipo de vehículo	TPDA_{actual}	Tráfico atraído (Ta)
Livianos	300	31
Buses	13	1
2D	13	1
2DA	27	3
2DB	0	0
3A	7	1
V2DB	0	0
V3A	0	0
Total:		37vehiculos/dia

Fuente: Autor.

f. Tráfico desarrollado

$$Td = 5\% * TPDA_{actual}$$

- Vehículos livianos

$$Td = 5\% * (310) \Rightarrow Tg = 16vehiculos/dia$$

- Buses

$$Td = 5\% * (13) \Rightarrow Tg = 1vehiculos/dia$$

- 2D

$$Td = 5\% * (13) \Rightarrow Tg = 1vehiculos/dia$$

- 2DA

$$Td = 5\% * (27) \Rightarrow Tg = 2vehiculos/dia$$

- 2DB

$$Td = 5\% * (0) \Rightarrow Tg = 0vehiculos/dia$$

- 3A

$$Td = 5\% * (7) \Rightarrow Tg = 1vehiculos/dia$$

- V2DB

$$Td = 5\% * (0) \Rightarrow Tg = 0vehiculos/dia$$

- V3A

$$Td = 5\% * (0) \Rightarrow Tg = 0vehiculos/dia$$

Tabla 41. Valores de tráfico desarrollado

Tipo de vehículo	TPDA _{actual}	Tráfico desarrollado (Td)
Livianos	300	16
Buses	13	1
2D	13	1
2DA	27	2
2DB	0	0
3A	7	1
V2DB	0	0
V3A	0	0
Total:		21vehiculos/dia

Fuente: Autor.

g. Tráfico actual

$$Tac = TPDA_{actual} + Tg + Ta + Td$$

Donde:

Tac, tráfico actual

TPDA, tráfico promedio diario anual

Tg, tráfico generado

Ta, tráfico atraído

Td, tráfico desarrollado

- Vehículos livianos

$$Tac = 300 + 62 + 31 + 16 \Rightarrow Tac = 409vehiculos/dia$$

- Buses

$$Tac = 13 + 3 + 1 + 1 \Rightarrow Tac = 18vehiculos/dia$$

- 2D

$$Tac = 13 + 3 + 1 + 1 \Rightarrow Tac = 18vehiculos/dia$$

- 2DA

$$Tac = 27 + 5 + 3 + 2 \Rightarrow Tac = 37vehiculos/dia$$

- 2DB

$$Tac = 0 + 0 + 0 + 0 \Rightarrow Tac = 0vehiculos/dia$$

- 3A

$$Tac = 7 + 1 + 1 + 1 \Rightarrow Tac = 10vehiculos/dia$$

- V2DB

$$Tac = 0 + 0 + 0 + 0 \Rightarrow Tac = 0vehiculos/dia$$

- V3A

$$T_{ac} = 0 + 0 + 0 + 0 \Rightarrow T_{ac} = 0 \text{ vehiculos/dia}$$

Tabla 42. Valores de tráfico actual

Tipo de vehículo	TPDA _{actual}	Tráfico Actual	Tráfico Actual (%)
Livianos	300	409	83,13
Buses	13	18	3,66
2D	13	18	3,66
2DA	27	37	7,52
2DB	0	0	0
3A	7	10	2,03
V2DB	0	0	0
V3A	0	0	0
Total:		492vehiculos/dia	100%

Fuente: Autor.

h. Tráfico futuro

$$T_f = T_{ac}(1 + i)^n \Rightarrow n = 20 \text{ años}$$

Donde:

i, índice de crecimiento

n, número de años proyectados

- Vehículos livianos

$$T_f = 409(1 + 3,25\%)^{20} \Rightarrow T_f = 776 \text{ vehiculos/dia}$$

- Buses

$$T_f = 18(1 + 1,62\%)^{20} \Rightarrow T_f = 25 \text{ vehiculos/dia}$$

- 2D

$$T_f = 18(1 + 1,58\%)^{20} \Rightarrow T_f = 25 \text{ vehiculos/dia}$$

- 2DA

$$T_f = 37(1 + 1,58\%)^{20} \Rightarrow T_f = 51 \text{ vehiculos/dia}$$

- 2DB

$$T_f = 0(1 + 1,58\%)^{20} \Rightarrow T_f = 0 \text{ vehiculos/dia}$$

- 3A

$$T_f = 10(1 + 1,58\%)^{20} \Rightarrow T_f = 14 \text{ vehiculos/dia}$$

- V2DB

$$T_f = 0(1 + 1,58\%)^{20} \Rightarrow T_f = 0 \text{ vehiculos/dia}$$

- V3A

$$Tf = 0(1 + 1,58\%)^{20} \Rightarrow Tf = 0 \text{ vehiculos/dia}$$

Tabla 43. Valores de tráfico futuro

Tipo de vehículo	TPDA_{actual}	Tráfico Futuro	Tráfico Actual (%)
Livianos	300	776	87,09
Buses	13	25	2,81
2D	13	25	2,81
2DA	27	51	5,72
2DB	0	0	0
3A	7	14	1,57
V2DB	0	0	0
V3A	0	0	0
Total:		891vehiculos/dia	100%

Fuente: Autor.

Conforme a la **Tabla 2**. Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado, con un TPDA proyectado a 20 años y un total de 891 vehículos/día se clasifica a la vía en estudio como de “**Clase III - Colectora**”.

2.5.2.2. Ensayo de Suelos

a. Contenido de humedad natural

- Tomar una muestra de suelo suficiente de material representativo del suelo, tomada de las calicatas que se excavó a cada 500 metros.
- Fijar el peso de los recipientes metálicos cuidando que estén secos y limpios, para colocar una porción del suelo húmedo extraído a un poco más de la mitad de dicho recipiente.
- Registrar la masa del suelo húmedo más el recipiente en la balanza digital, que nos genera un error de 0,1g.
- Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado, que mantenga una temperatura aproximada de 105°C.
- Retirar el recipiente con la muestra seca después de alrededor de 16 a 24 horas, para determinar la masa del recipiente con la muestra seca en la balanza digital.
- Limpiar todos los equipos utilizados de manera eficiente, que eviten un error en futuros ensayos por el daño de sus componentes.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

$$W_r = 56,52 \text{ g. (peso recipiente)}$$

$W_{shr} = 221,55 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente)}$
 $W_{ssr} = 155,64 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente)}$

$$\begin{aligned} W_w &= W_{shr} - W_r & W_s &= W_{ssr} - W_r \\ W_w &= 221,55 \text{ g.} - 56,52 \text{ g.} & W_s &= 155,64 \text{ g.} - 56,52 \text{ g.} \\ W_w &= 65,91 \text{ g. (peso del agua)} & W_s &= 99,12 \text{ g. (peso suelo seco)} \end{aligned}$$

$$\omega\% = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

$$\omega\% = \frac{65,91 \text{ g.}}{99,12 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\% = 66,50 \text{ g. (contenido de humedad)}$$

b. Granulometría

- Secar al ambiente la muestra tomada en cada calicata, esparcir de forma uniforme para obtener un secado semejante y fragmentar los pedazos generados por acción de la humedad del terreno.
- Según normativa INEN 696 se pesa al menos 300 gramos de muestra para realizar el ensayo de granulometría. En dicho apartado de la norma INEN, debemos tomar en consideración la norma NTE INEN 697, para ensayar las granulometrías de los suelos más finos que el tamiz de $75\mu\text{m}$ (No. 200).
- Seleccionar según NTE INEN 697 el método de ensayo mediante lavado del árido con el procedimiento A, con el uso de agua potable. Tomar una muestra representativa de al menos 300 gramos en un recipiente metálico para ensayar su granulometría, vista en la balanza digital.
- Cubrir con agua el recipiente metálico dejando reposar por un periodo corto de tiempo.
- Ubicar la muestra de suelo sobre la malla N°200 y tamizar mediante chorros de agua varias veces, hasta que se sedimenten las partículas menos a la malla N°200.
- Lavar la muestra hasta que el chorro de agua que sale por el tamiz sea transparente, para ubicar nuevamente la misma en el recipiente metálico.
- Dejar secar en el horno a una temperatura aproximada de 110°C , con una duración de alrededor de 16 a 24 horas.
- Hacer un arreglo de tamices ubicados en orden descendente, así: #4, #8, #10, #16, #30, #40, #50, #60, #100, #200, bandeja; y colocar la muestra de suelo seca sobre el primer tamiz de forma paulatina.

- Agitar al arreglo de tamices durante un periodo suficiente que no sea superior a 10 minutos en una tamizadora mecánica, puesto que, originaría la degradación del material.
- Pesar cada porción retenida en cada tamiz, mediante una balanza digital con un recipiente metálico y así obtener sus datos.
- Limpiar todos los equipos utilizados de manera eficiente, que eviten un error en futuros ensayos por el daño de sus componentes.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

M = 406,00 g. (muestra de suelo)

$W_{\#4} = 3,60$ g. (peso retenido en tamiz N°4) $W_{\#40} = 2,40$ g. (peso retenido en tamiz N°40)

$W_{\#8} = 3,00$ g. (peso retenido en tamiz N°8) $W_{\#50} = 4,60$ g. (peso retenido en tamiz N°50)

$W_{\#10} = 0,80$ g. (peso retenido en tamiz N°10) $W_{\#60} = 3,40$ g. (peso retenido en tamiz N°60)

$W_{\#16} = 2,00$ g. (peso retenido en tamiz N°16) $W_{\#100} = 23,80$ g. (peso retenido en tamiz N°100)

$W_{\#30} = 3,20$ g. (peso retenido en tamiz N°30) $W_{\#200} = 31,60$ g. (peso retenido en tamiz N°200)

$$P_{al} = \frac{M}{1 + \frac{\omega\%}{100\%}}$$

$$P_{dl} = \text{ret/acum}_{\#200}$$

$$P_{dl} = 78,40 \text{ g. (peso después del lavado)}$$

$$P_{al} = \frac{406,00 \text{ g.}}{1 + \frac{66,50}{100}}$$

$$P_{al} = 243,85 \text{ g. (peso antes del lavado)}$$

Pesos retenidos acumulados:

N°4 ⇒	$W_{\#4} = 3,60$
N°8 ⇒	$N°4 + W_{\#8} = 3,60 + 3,00$
N°10 ⇒	$N°8 + W_{\#10} = 6,60 + 0,80$
N°16 ⇒	$N°10 + W_{\#16} = 7,40 + 2,00$
N°30 ⇒	$N°16 + W_{\#30} = 9,40 + 3,20$
N°40 ⇒	$N°30 + W_{\#40} = 12,60 + 2,40$
N°50 ⇒	$N°40 + W_{\#50} = 15,00 + 4,60$
N°60 ⇒	$N°50 + W_{\#60} = 19,60 + 3,40$
N°100 ⇒	$N°60 + W_{\#100} = 23,00 + 23,80$
N°200 ⇒	$N°100 + W_{\#200} = 46,80 + 31,60$
Pasa N°200 ⇒	TOTAL – N°200 = 243,85 – 78,40
TOTAL ⇒	$P_{al} = 243,85$

N°4 = 3,60 g.
N°8 = 6,60 g.
N°10 = 7,40 g.
N°16 = 9,40 g.
N°30 = 12,60 g.
N°40 = 15,00 g.
N°50 = 19,60 g.
N°60 = 23,00 g.
N°100 = 46,80 g.
N°200 = 78,40 g.
Pasa N°200 = 165,45 g.
TOTAL = 243,85 g.

Porcentaje retenido:

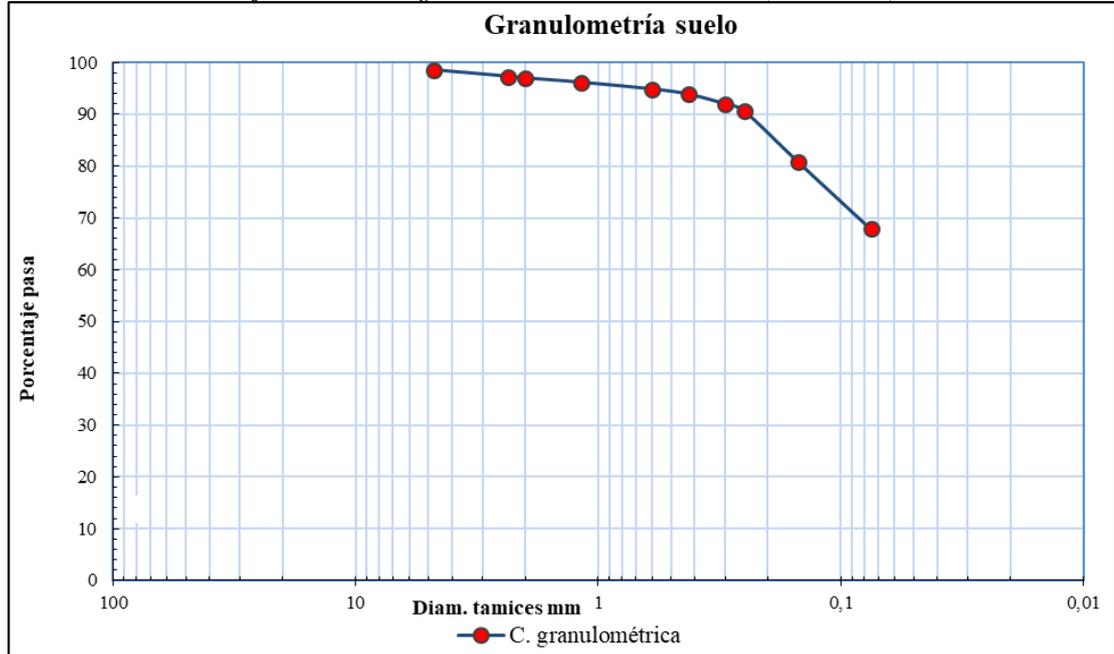
N°4 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{3,60}{243,85} * 100$	N°4 = 1,48 %
N°8 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{6,60}{243,85} * 100$	N°8 = 2,71 %
N°10 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{7,40}{243,85} * 100$	N°10 = 3,03 %
N°16 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{9,40}{243,85} * 100$	N°16 = 3,85 %
N°30 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{12,60}{243,85} * 100$	N°30 = 5,17 %
N°40 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{15,00}{243,85} * 100$	N°40 = 6,15 %
N°50 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{19,60}{243,85} * 100$	N°50 = 8,04 %
N°60 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{23,00}{243,85} * 100$	N°60 = 9,43 %
N°100 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{46,80}{243,85} * 100$	N°100 = 19,19 %
N°200 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{78,40}{243,85} * 100$	N°200 = 32,15 %
Pasa N°200 ⇒	$\frac{\text{ret/acum}_{\#200}}{\text{Pal}} * 100 = \frac{165,45}{243,85} * 100$	Pasa N°200 = 67,85 %

Porcentaje que pasa:

N°4 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#4} = 100 - 1,48$	N°4 = 98,52 %
N°8 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#8} = 100 - 2,71$	N°8 = 97,29 %
N°10 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#10} = 100 - 3,03$	N°10 = 96,97 %
N°16 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#16} = 100 - 3,85$	N°16 = 96,15 %
N°30 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#30} = 100 - 5,17$	N°30 = 94,83 %
N°40 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#40} = 100 - 6,15$	N°40 = 93,85 %
N°50 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#50} = 100 - 8,04$	N°50 = 91,96 %
N°60 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#60} = 100 - 9,43$	N°60 = 90,57 %
N°100 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#100} = 100 - 19,19$	N°100 = 80,81 %
N°200 ⇒	$100 - \% \text{ret}_{\#200} = 100 - 32,15$	N°200 = 67,85 %

Gráfico de distribución granulométrica:

Gráfico 61. Curva granulométrica de la muestra 3 (Km 1+000).



Fuente: Autor.

$$D_{60} = 0$$

$$D_{30} = 0$$

$$D_{10} = 0$$

c. Límite Líquido

- Tomar una muestra de suelo de aproximadamente 250 gramos, anteriormente secada al ambiente, que pase por el tamiz N°40 (425 μ m).
- Colocar la porción de suelo en el mortero o fuente de mezclado y aplicar una pequeña cantidad de agua, mezclada por un tiempo adecuado para formar una pasta uniforme con la espátula.
- Poner una porción de la pasta generada en la copa de Casagrande, sobre la parte que descansa en la base, que se extienda rápido y de manera cuidadosa con la misma espátula sin dejar burbujas de aire atrapadas en la mezcla.
- Aplanar el suelo con la espátula hasta que quede nivelada paralelamente a la base, que como recomendación se debe fijar una profundidad de alrededor de 10mm en la sección de espesor máximo. Además, la mezcla sobrante se debe retirar y ubicar nuevamente en el mortero o fuente de mezclado.
- Formar un canal en la muestra con el acanalador, de atrás hacia adelante o viceversa teniendo cuidado de no despegar la muestra de la copa de Casagrande, en forma perpendicular a la articulación de dicha copa y tomando en cuenta que el acanalador se mantenga en la superficie de la misma copa.

- Se permite formar el canal hasta seis veces con el acanalador, de manera que no quede la muestra desprendida de los lados del canal o se deslice la muestra a dicho espacio. El acanalador debe tocar el fondo de la copa para terminar su recorrido.
- Verificar que la superficie inferior de la copa y la superficie de la base del dispositivo mecánico adherido a dicha copa, estén totalmente limpios y libres de agua, para girar el manubrio a 2 revoluciones por segundo.
- Contar los golpes que se necesita para que las dos mitades de la mezcla de suelo vuelvan a ponerse en contacto en el fondo del canal, a una distancia continua de 0mm aproximadamente.
- Se debe determinar un rango de golpes para cerrar el canal de 45 a 5 golpes, considerando que dos ensayos deben estar bajo los 25 golpes y uno sobre los 25 golpes. Este rango de golpes debe prevalecer con el incremento o decremento de la cantidad de agua, mediante amasado de la muestra al tornarse más fluida.
- Una vez determinado el número de golpes, tomar una porción de suelo con la espátula donde se juntan los bordes del canal de aproximadamente 10 gramos; así, para colocar dicha porción en un recipiente metálico, que se lleva posteriormente al horno para determinar su contenido de humedad.
- Devolver la mezcla sobrante de suelo al mortero o fuente de mezclado para repetir las operaciones descritas en los nueve pasos anteriores, con diferentes cantidades de agua; al mismo momento que se debe limpiar y secar la copa con el acanalador para la ejecución de un correcto ensayo.
- Limpiar todos los equipos utilizados de manera eficiente, que eviten un error en futuros ensayos por el daño de sus componentes.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

Primer ensayo. –

Nº golpes = 44

$W_{r37} = 11,06$ g. (peso recipiente 37)

$W_{r60} = 11,49$ g. (peso recipiente 60)

$W_{shr37} = 25,64$ g. (peso suelo húmedo más recipiente 37)

$W_{shr60} = 23,10$ g. (peso suelo húmedo más recipiente 60)

$W_{ssr37} = 20,92$ g. (peso suelo seco más recipiente 37)

$W_{ssr60} = 19,10$ g. (peso suelo seco más recipiente 60)

$$W_{w37} = W_{shr37} - W_{r37}$$

$$W_{s37} = W_{ssr37} - W_{r37}$$

$$W_{w37} = 25,64 \text{ g.} - 11,06 \text{ g.}$$

$$W_{s37} = 20,92 \text{ g.} - 11,06 \text{ g.}$$

$$W_{w37} = 4,72 \text{ g. (peso del agua)} \quad W_{s37} = 9,86 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{37} = \frac{W_{w37}}{W_{s37}} * 100\%$$

$$\omega\%_{37} = \frac{4,72 \text{ g.}}{9,86 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{37} = 47,87 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 37)}$$

$$W_{w60} = W_{shr60} - W_{r60}$$

$$W_{s60} = W_{ssr60} - W_{r60}$$

$$W_{w60} = 23,10 \text{ g.} - 11,49 \text{ g.}$$

$$W_{s60} = 19,10 \text{ g.} - 11,49 \text{ g.}$$

$$W_{w60} = 4,00 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s60} = 7,61 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{60} = \frac{W_{w60}}{W_{s60}} * 100\%$$

$$\omega\%_{60} = \frac{4,00 \text{ g.}}{7,61 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{60} = 52,56 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 60)}$$

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{37} + \omega\%_{60}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{47,87\% + 52,56\%}{2}$$

$$\omega\% = 50,22 \%. \text{ (contenido de humedad promedio)}$$

Segundo ensayo. –

Nº golpes = 21

$W_{r8A} = 10,98 \text{ g. (peso recipiente 8A)}$

$W_{r79} = 11,28 \text{ g. (peso recipiente 79)}$

$W_{shr8A} = 22,33 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 8A)}$

$W_{shr79} = 21,16 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 79)}$

$W_{ssr8A} = 18,43 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 8A)}$

$W_{ssr79} = 17,81 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 79)}$

$$W_{w8A} = W_{shr8A} - W_{r8A}$$

$$W_{s8A} = W_{ssr8A} - W_{r8A}$$

$$W_{w8A} = 22,33 \text{ g.} - 10,98 \text{ g.}$$

$$W_{s8A} = 18,43 \text{ g.} - 10,98 \text{ g.}$$

$$W_{w8A} = 3,90 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s8A} = 7,45 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{8A} = \frac{W_{w8A}}{W_{s8A}} * 100\%$$

$$\omega\%_{8A} = \frac{3,90 \text{ g.}}{7,45 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{8A} = 52,35 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 8A)}$$

$$W_{w79} = W_{shr79} - W_{r79}$$

$$W_{s79} = W_{ssr79} - W_{r79}$$

$$W_{w79} = 21,16 \text{ g.} - 11,28 \text{ g.}$$

$$W_{s79} = 17,81 \text{ g.} - 11,28 \text{ g.}$$

$$W_{w79} = 3,35 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s79} = 6,53 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{79} = \frac{W_{w79}}{W_{s79}} * 100\%$$

$$\omega\%_{79} = \frac{3,35 \text{ g.}}{6,53 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{79} = 51,30 \%$. (contenido de humedad recipiente 79)

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{8A} + \omega\%_{79}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{52,35\% + 51,30\%}{2}$$

$\omega\% = 51,83 \%$. (contenido de humedad promedio)

Tercer ensayo. –

Nº golpes = 14

$W_{r9} = 11,34 \text{ g.}$ (peso recipiente 09AI)

$W_{r3} = 10,94 \text{ g.}$ (peso recipiente 03AI)

$W_{shr9} = 26,89 \text{ g.}$ (peso suelo húmedo más recipiente 09AI)

$W_{shr3} = 25,64 \text{ g.}$ (peso suelo húmedo más recipiente 03AI)

$W_{ssr9} = 21,16 \text{ g.}$ (peso suelo seco más recipiente 09AI)

$W_{ssr3} = 20,68 \text{ g.}$ (peso suelo seco más recipiente 03AI)

$$W_{w9} = W_{shr9} - W_{r9}$$

$$W_{s9} = W_{ssr9} - W_{r9}$$

$$W_{w9} = 26,89 \text{ g.} - 11,34 \text{ g.}$$

$$W_{s9} = 21,16 \text{ g.} - 11,34 \text{ g.}$$

$$W_{w9} = 5,73 \text{ g.}$$
 (peso del agua)

$$W_{s9} = 9,82 \text{ g.}$$
 (peso suelo seco)

$$\omega\%_9 = \frac{W_{w9}}{W_{s9}} * 100\%$$

$$\omega\%_9 = \frac{5,73 \text{ g.}}{9,82 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_9 = 58,38 \%$. (contenido de humedad recipiente 09AI)

$$W_{w3} = W_{shr3} - W_{r3}$$

$$W_{s3} = W_{ssr3} - W_{r3}$$

$$W_{w3} = 25,64 \text{ g.} - 10,94 \text{ g.}$$

$$W_{s3} = 20,68 \text{ g.} - 10,94 \text{ g.}$$

$$W_{w3} = 4,96 \text{ g.}$$
 (peso del agua)

$$W_{s3} = 9,74 \text{ g.}$$
 (peso suelo seco)

$$\omega\%_3 = \frac{W_{w60}}{W_{s60}} * 100\%$$

$$\omega\%_3 = \frac{4,96 \text{ g.}}{9,74 \text{ g.}} * 100\%$$

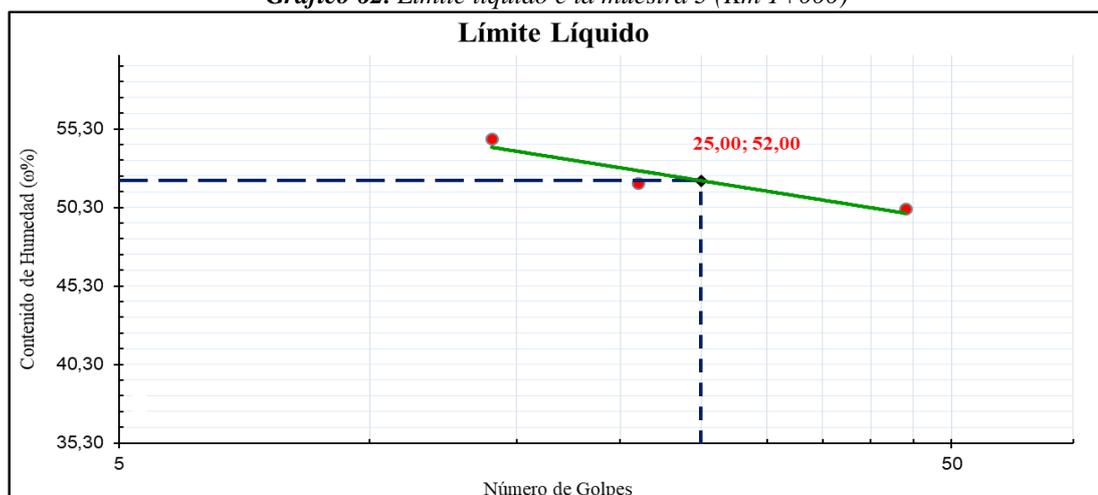
$\omega\%_3 = 50,92 \%$. (contenido de humedad recipiente 60)

$$\omega\% = \frac{\omega\%_9 + \omega\%_3}{2}$$

$$\omega\% = \frac{58,38\% + 50,92\%}{2}$$

$\omega\% = 54,65 \%$. (contenido de humedad promedio)

Gráfico 62. Límite líquido e la muestra 3 (Km 1+000)



Fuente: Autor.

Se grafica los puntos obtenidos del contenido de humedad para cada número de golpes (Contenido de humedad vs. Número de golpes), que incluye una línea de tendencia logarítmica entre dichos puntos. Una vez hecho esto, se traza una línea recta a los 25 número de golpes que interseque con la línea de tendencia generada anteriormente, para tomar el dato de contenido de humedad de la muestra de suelo que representará el Límite Líquido:

$$LL = 52,00\%$$

d. Límite plástico

- Obtener una muestra de alrededor de 100 gramos, secada previamente al ambiente, y que pueda pasar por el tamiz N°40 (425 μm).
- Añadir una cantidad pequeña de agua hasta formar una pasta, mezclada con una espátula en el mortero o fuente de mezclado hasta obtener una mezcla homogénea y plástica. Esta mezcla debe ser moldeable con los dedos para formar una bola.
- Tomar una cantidad de alrededor de 10 gramos del total de la mezcla, moldearla con los dedos hasta que se forme una bola para luego amasarla y rolarla entre las palmas de las manos. Esta acción de amasado y rolado se la efectuará hasta que el rollo empiece a presentar en la superficie pequeñas fisuras.
- Rotar la bola entre puntas de dedos de la mano y la placa de vidrio o de mármol para mayor practicidad, que aplique una presión suficiente para formar un rollito de 3mm de diámetro aproximadamente, en un rango de 5 a 15 movimientos completos de adelante hacia atrás.

- Si se presenta desmenuzamiento en el rolado de los rollos antes de llegar a los 3mm, se añade agua a toda la masa de suelo para volver a mezclarlo, amasarlo y volver a rolarlo.
- Una vez que el rollo de suelo alcance sus 3mm aproximadamente y se genere un desmenuzamiento de sus partes, se podrá decir que se ha alcanzado el límite plástico.
- Acumular las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente metálico para colocarlo en el horno por alrededor de 16 a 24 horas.
- Tomar el contenido de humedad de las muestras analizadas, que se determinará en 3 ensayos distintos para obtener un contenido de humedad promedio asociado al límite plástico que posee dicha muestra de suelo.
- Limpiar todos los equipos utilizados de manera eficiente, que eviten un error en futuros ensayos por el daño de sus componentes.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

Primer ensayo. –

$$W_{r57} = 4,33 \text{ g. (peso recipiente 57)}$$

$$W_{shr57} = 5,36 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 57)}$$

$$W_{ssr57} = 5,03 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 57)}$$

$$W_{w57} = W_{shr57} - W_{r57}$$

$$W_{s57} = W_{ssr57} - W_{r57}$$

$$W_{w57} = 5,36 \text{ g.} - 4,33 \text{ g.}$$

$$W_{s57} = 5,03 \text{ g.} - 4,33 \text{ g.}$$

$$W_{w57} = 0,33 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s57} = 0,70 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{57} = \frac{W_{w57}}{W_{s57}} * 100\%$$

$$\omega\%_{57} = \frac{0,33 \text{ g.}}{0,70 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{57} = 47,14 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 57)}$$

Segundo ensayo. –

$$W_{r58} = 4,21 \text{ g. (peso recipiente 58)}$$

$$W_{shr58} = 5,09 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 58)}$$

$$W_{ssr58} = 4,85 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 58)}$$

$$W_{w58} = W_{shr58} - W_{r58}$$

$$W_{s58} = W_{ssr58} - W_{r58}$$

$$W_{w58} = 5,09 \text{ g.} - 4,21 \text{ g.}$$

$$W_{s58} = 4,85 \text{ g.} - 4,21 \text{ g.}$$

$$W_{w58} = 0,24 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s58} = 0,64 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{58} = \frac{W_{w58}}{W_{s58}} * 100\%$$

$$\omega\%_{58} = \frac{0,024 \text{ g.}}{0,64 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{58} = 37,50 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 58)}$$

Tercer ensayo. –

$$W_{r76} = 4,17 \text{ g. (peso recipiente 76)}$$

$$W_{shr76} = 5,03 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 76)}$$

$$W_{ssr76} = 4,78 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 76)}$$

$$W_{w76} = W_{shr76} - W_{r76}$$

$$W_{s76} = W_{ssr76} - W_{r76}$$

$$W_{w76} = 5,03 \text{ g.} - 4,17 \text{ g.}$$

$$W_{s76} = 4,78 \text{ g.} - 4,17 \text{ g.}$$

$$W_{w76} = 0,25 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s76} = 0,61 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{76} = \frac{W_{w76}}{W_{s76}} * 100\%$$

$$\omega\%_{76} = \frac{0,25 \text{ g.}}{0,61 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{76} = 40,98 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 76)}$$

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{57} + \omega\%_{58} + \omega\%_{76}}{3}$$

$$\omega\% = \frac{47,14\% + 37,50\% + 40,98\%}{3}$$

$$\omega\% = 41,88 \%. \text{ (contenido de humedad promedio)}$$

El contenido de humedad promedio de las tres muestras analizadas en cada rollo, representará para la muestra de suelo el Límite Plástico:

$$\mathbf{LP = 41,88\%}$$

e. Índice de plasticidad

- Una vez calculados los límites líquido y plástico, éste resulta de la diferencia de los dos límites.
- Puede estar bajo dos condiciones: NP (No Plástico), cuando no se puede determinar el límite plástico; Cero, cuando el límite plástico se da igual o mayor al límite líquido.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

$$LL = 52,00\%$$

$$LP = 41,88\%$$

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 52,00\% - 41,88\%$$

$$\mathbf{IP = 10,12\%}$$

f. Índice de grupo

- De acuerdo a la AASHTO se toma parámetros de índice de grupo para medir la calidad del suelo, que se establece a partir de los límites de plasticidad y el porcentaje de suelo que pase el tamiz N°200.
- Se basa en la incorporación de 4 parámetros que son:
 - a, porcentaje en exceso sobre 35% de suelo que pasa por el tamiz N°200 sin pasar el 75%, tomado como número entero entre 0 y 40
 - b, porcentaje en exceso sobre 15% de suelo que pasa por el tamiz N°200 sin pasar el 55%, tomado como número entero entre 0 y 40
 - c, exceso de LL sobre 40 y no superior a 60, tomado como número entero entre 0 y 20.
 - d, exceso de IP sobre 10 y no superior a 30, tomado como número entero (positivo) entre 0 y 20.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

% Pasa Tamiz N°200 = 67,85

LL = 52,00%

IP = 10,12%

b = 40

a = %Pasa Tamiz N°200 – %mínimo

a = 67,85 – 35

a = 32,85

Se toma a b como 40, porque el porcentaje en exceso para este parámetro no deberá ser mayor al 55% del porcentaje que pasa el tamiz N°200 adoptando el mayor valor.

c = %LL – %mínimo

c = 52,00 – 40

c = 12

d = %IP – %mínimo

d = 10,12 – 10

d = 0,12

$IG = 0,2a + 0,005ac + 0,01bd$

$IG = 0,2(32,85) + 0,005(32,85)(12) + 0,01(40)(0,12)$

$IG = 6,57 + 1,971 + 0,048$

$IG = 8,59$

Calidad del suelo: Bueno a Regular

Tabla 44. Índice de grupo asociado a la calidad del suelo

Índice de grupo	Calidad del suelo
0	Excelente
0-4	Excelente a Muy bueno
4-8	Muy bueno a Bueno
8-12	Bueno a Regular
12-16	Regular a Malo
16-20	Malo a Inaceptable

Fuente: Mecánica de suelos, 2018 [14].

g. Clasificación AASHTO

De acuerdo a la **Tabla 7**. Clasificación de suelos de la AASHTO, con los siguientes datos:

- % Pasa Tamiz 200 $\Rightarrow \geq 35$
- Materiales \Rightarrow Limo – arcillosos
- % Pasa Tamiz 200 $\Rightarrow \geq 36$
- % LL $\Rightarrow \geq 41$
- % IP $\Rightarrow \leq 10$
- Índice de grupo $\Rightarrow \leq 12$
- Tipología \Rightarrow **Suelos limosos**
- Grupo \Rightarrow **A – 5**
- Calidad de subrasante \Rightarrow **Aceptable a Mala**

h. Clasificación SUCS

De acuerdo a la **Tabla 8**. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS en campo, con los siguientes datos:

- % Pasa Tamiz 200 $\Rightarrow \geq 40$
- % LL $\Rightarrow > 50$
- Resistencia en estado seco \Rightarrow Ligera a media
- Distancia \Rightarrow Lenta a nula
- Tenacidad \Rightarrow Ligera a media
- **MH \Rightarrow Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, suelos limosos**

De acuerdo al **Gráfico 10**. Carta de Plasticidad del SUCS para suelos de grano fino, se tiene los siguientes datos:

- Eje X \Rightarrow LL = 52%
- Eje Y \Rightarrow IP = 10,12%
- Punto de Intersección \Rightarrow Bajo Línea A
- Suelo \Rightarrow **MH (Limo inorgánico de alta plasticidad)**

i. Próctor Modificado

- Secar la muestra de suelo al ambiente y fragmentar los sólidos que quedan producto de la mezcla del suelo con la humedad del terreno, con una cantidad de aproximadamente 30 kilogramos.
- Tamizar la muestra seca, con todo el material que pase por el tamiz N°40 en una bandeja metálica grande.
- Ubicar un recipiente de tamaño medio en la balanza digital y encerar, para pesar una cantidad de 6000 gramos aproximadamente del material que pasa por el tamiz N°40 con la ayuda de un palustre.
- Colocar la retorta y el anillo superior al molde cilíndrico metálico con la ayuda de un playo para fijar de manera correcta los pernos del mismo. De aquí también, medir el diámetro del molde con ayuda de un calibrador pie de rey, y a su vez tomar la altura con un flexómetro desde la base de la retorta hasta el borde de dicho molde.
- Limpiar con un cepillo metálico los residuos de suciedad y oxidación del molde metálico, que permitan colocar una hoja de papel sobre la retorta para evitar que el suelo se adhiera a dicha superficie.
- Tomar alrededor de 300 cm³ ó 300 mL de agua en la probeta, y verter en la bandeja grande metálica para que se mezcle con la muestra de suelo revolviéndolo hasta formar una mezcla uniforme.
- Conforme a la normativa de ensayo AASHTO T-180, se ha escogido el tipo de ensayo *Próctor Modificado Método B*, con lo que tenemos que seguir la información recomendada de acuerdo a la **Tabla 5**. Características del Ensayo Proctor Modificado (Método B).
- Cuartear la muestra en 5 partes iguales y tomar la primera parte para colocarla con ayuda del palustre en el molde cilíndrico.
- Fijar el molde con nuestros pies para evitar cualquier movimiento, a continuación, tomar el martillo cilíndrico y dejarlo caer por 56 veces alrededor del interior del molde.
- Repetir los dos procesos anteriores para la segunda, tercera, cuarta y quinta capa.
- Limpiar el exceso de material que queda sobre el borde del anillo superior del molde, y retirar dicho anillo con ayuda del playo.

- Enrasar la muestra de suelo para que quede nivelada con el molde con una superficie uniforme, que evite dejar orificios en la muestra.
- Limpiar el exceso de material con una brocha que está dispuesto alrededor de la parte externa del molde, para fijar su peso en la balanza mecánica.
- Desarmar el molde cilíndrico con ayuda del playo y dejar a un lado la retorta, para retirar la hoja de papel que se queda impregnada en la parte inferior de la muestra de suelo.
- Tener dos recipientes metálicos limpios y secos para determinar el contenido de humedad. Primeramente, tomar una porción de suelo de la parte superior del molde y, por consiguiente, tomar otra porción de suelo de la parte inferior del molde para ubicar los recipientes en el horno por un tiempo aproximado de 16 a 24 horas.
- Repetir los trece pasos anteriormente detallados, pero con la diferencia de proporcionar diferentes incrementos de agua al doble de su porcentaje, ejem: 300cm³ (5%), 600cm³ (10%), 900cm³ (15%), 1200cm³ (20%), 1500cm³ (25%). Se debe realizar al menos cinco distintos ensayos hasta que el peso de la muestra más el molde cilíndrico comiencen a decrecer.
- Pesarse en la balanza digital y anotar todos los datos de los recipientes metálicos para determinar su contenido de humedad.
- Limpiar todos los equipos utilizados de manera eficiente, que eviten un error en futuros ensayos por el daño de sus componentes.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

Primer ensayo. –

$$P_{\text{molde}} = 14593,0 \text{ g.}$$

$$D_{\text{molde}} = 15,14 \text{ cm}$$

$$h_{\text{molde}} = 12,80 \text{ cm}$$

$$M_1 = 17676,0 \text{ g. (peso muestra 1 – 0cm}^3\text{)}$$

$$W_{r87} = 30,76 \text{ g. (peso recipiente 87)}$$

$$W_{\text{shr}87} = 134,87 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 87)}$$

$$W_{\text{ssr}87} = 119,64 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 87)}$$

$$W_{r88} = 30,76 \text{ g. (peso recipiente 88)}$$

$$W_{\text{shr}88} = 134,87 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 88)}$$

$$W_{\text{ssr}88} = 119,64 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 88)}$$

$$A_{\text{molde}} = \frac{\pi * D_{\text{molde}}^2}{4}$$

$$A_{\text{molde}} = \frac{\pi * (15,14\text{cm})^2}{4}$$

$$V_{\text{molde}} = A_{\text{molde}} * h_{\text{molde}}$$

$$V_{\text{molde}} = 180,03\text{cm}^2 * 12,80\text{cm}$$

$$V_{\text{molde}} = 2304,37\text{cm}^3$$

$$A_{\text{molde}} = 180,03 \text{ cm}^2$$

$$P_{\text{sh1}} = M_1 - P_{\text{molde}}$$

$$P_{\text{sh1}} = 17676,0 \text{ g.} - 14593,0 \text{ g.}$$

$$P_{\text{sh1}} = 3083,0 \text{ g. (peso s. húmedo)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{\text{sh1}}}{V_{\text{molde}}}$$

$$\gamma_t = \frac{3083,0 \text{ g.}}{2304,37 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,338 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$W_{w87} = W_{\text{shr87}} - W_{r87}$$

$$W_{w87} = 134,87 \text{ g.} - 30,76 \text{ g.}$$

$$W_{w87} = 15,23 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s87} = W_{\text{ssr87}} - W_{r87}$$

$$W_{s87} = 119,64 \text{ g.} - 30,76 \text{ g.}$$

$$W_{s87} = 88,88 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{87} = \frac{W_{w87}}{W_{s87}} * 100\%$$

$$\omega\%_{87} = \frac{15,23 \text{ g.}}{88,88 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{87} = 17,14 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 87)}$$

$$W_{w88} = W_{\text{shr88}} - W_{r88}$$

$$W_{w88} = 134,87 \text{ g.} - 30,76 \text{ g.}$$

$$W_{w88} = 15,23 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s88} = W_{\text{ssr88}} - W_{r88}$$

$$W_{s88} = 119,64 \text{ g.} - 30,76 \text{ g.}$$

$$W_{s88} = 88,88 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{88} = \frac{W_{w88}}{W_{s88}} * 100\%$$

$$\omega\%_{88} = \frac{15,23 \text{ g.}}{88,88 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{88} = 17,14 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 88)}$$

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{87} + \omega\%_{88}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{17,14\% + 17,14\%}{2}$$

$$\omega\% = 17,14 \%. \text{ (contenido de humedad promedio)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_d = \frac{1,338}{1 + \frac{17,14}{100}}$$

$$\gamma_d = 1,142 \text{ (densidad seca)}$$

Datos:

Segundo ensayo. –

$$M_2 = 18078,0 \text{ g. (peso muestra 2 – } 240 \text{ cm}^3)$$

$$W_{rP2} = 30,48 \text{ g. (peso recipiente P2)}$$

$$W_{\text{shrP2}} = 133,39 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente P2)}$$

$$W_{\text{ssrP2}} = 116,24 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente P2)}$$

$$W_{r90} = 30,69 \text{ g. (peso recipiente 90)}$$

$$W_{\text{shr90}} = 89,81 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 90)}$$

$$W_{\text{ssr90}} = 79,74 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 90)}$$

$$P_{sh2} = M_2 - P_{molde}$$

$$P_{sh2} = 18078,0 \text{ g.} - 14593,0 \text{ g.}$$

$$P_{sh2} = 3485,0 \text{ g. (peso s. húmedo)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh2}}{V_{molde}}$$

$$\gamma_t = \frac{3485,0 \text{ g.}}{2304,37 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,512 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$W_{wP2} = W_{shrP2} - W_{rP2}$$

$$W_{wP2} = 133,39 \text{ g.} - 30,48 \text{ g.}$$

$$W_{wP2} = 17,15 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$\omega\%_{P2} = \frac{W_{wP2}}{W_{sP2}} * 100\%$$

$$\omega\%_{P2} = \frac{17,15 \text{ g.}}{85,76 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{P2} = 20,00 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente P2)}$$

$$W_{w90} = W_{shr90} - W_{r90}$$

$$W_{w90} = 89,81 \text{ g.} - 30,69 \text{ g.}$$

$$W_{w90} = 10,07 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$\omega\%_{90} = \frac{W_{w90}}{W_{s90}} * 100\%$$

$$\omega\%_{90} = \frac{10,07 \text{ g.}}{49,05 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{90} = 20,53 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 90)}$$

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{P2} + \omega\%_{90}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{20,00\% + 20,53\%}{2}$$

$$\omega\% = 20,26 \%. \text{ (contenido de humedad promedio)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_d = \frac{1,512}{1 + \frac{20,26}{100}}$$

$$\gamma_d = 1,258 \text{ (densidad seca)}$$

Datos:

Tercer ensayo. –

$$M_3 = 18417,0 \text{ g. (peso muestra 3 – } 480\text{cm}^3\text{)}$$

$$W_{r6} = 34,32 \text{ g. (peso recipiente 6)}$$

$$W_{shr6} = 111,62 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 6)}$$

$$W_{ssr6} = 96,16 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 6)}$$

$$W_{r7} = 24,76 \text{ g. (peso recipiente 7)}$$

$$W_{shr7} = 107,37 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 7)}$$

$$W_{ssr7} = 90,88 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 7)}$$

$$P_{sh3} = M_3 - P_{molde}$$

$$P_{sh3} = 18417,0 \text{ g.} - 14593,0 \text{ g.}$$

$$P_{sh3} = 3824,0 \text{ g. (peso s. húmedo)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh3}}{V_{molde}}$$

$$\gamma_t = \frac{3824,0 \text{ g.}}{2304,37 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,659 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$W_{w6} = W_{shr6} - W_{r6}$$

$$W_{w6} = 111,62 \text{ g.} - 34,32 \text{ g.}$$

$$W_{w6} = 15,46 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s6} = W_{ssr6} - W_{r6}$$

$$W_{s6} = 96,16 \text{ g.} - 34,32 \text{ g.}$$

$$W_{s6} = 61,84 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_6 = \frac{W_{w6}}{W_{s6}} * 100\%$$

$$\omega\%_6 = \frac{15,46 \text{ g.}}{61,84 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_6 = 25,00 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 6)}$$

$$W_{w7} = W_{shr7} - W_{r7}$$

$$W_{w7} = 107,37 \text{ g.} - 24,76 \text{ g.}$$

$$W_{w7} = 16,49 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s7} = W_{ssr7} - W_{r7}$$

$$W_{s7} = 90,88 \text{ g.} - 24,76 \text{ g.}$$

$$W_{s7} = 66,12 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_7 = \frac{W_{w7}}{W_{s7}} * 100\%$$

$$\omega\%_7 = \frac{16,49 \text{ g.}}{66,12 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_7 = 24,94 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 7)}$$

$$\omega\% = \frac{\omega\%_6 + \omega\%_7}{2}$$

$$\omega\% = \frac{25,00\% + 24,94\%}{2}$$

$$\omega\% = 24,97 \%. \text{ (contenido de humedad promedio)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_d = \frac{1,659}{1 + \frac{24,97}{100}}$$

$$\gamma_d = 1,328 \text{ (densidad seca)}$$

Datos:

Cuarto ensayo. –

$$M_4 = 18681,0 \text{ g. (peso muestra 4 – } 720\text{cm}^3\text{)}$$

$$W_{r8} = 28,78 \text{ g. (peso recipiente 8)}$$

$$W_{shr8} = 104,13 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 8)}$$

$$W_{ssr8} = 86,59 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 8)}$$

$$W_{r64} = 30,73 \text{ g. (peso recipiente 64)}$$

$$W_{shr64} = 100,39 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 64)}$$

$$W_{ssr64} = 84,44 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 64)}$$

$$P_{sh4} = M_4 - P_{molde}$$

$$P_{sh4} = 18681,0 \text{ g.} - 14593,0 \text{ g.}$$

$$P_{sh4} = 4088 \text{ g. (peso s. húmedo)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh4}}{V_{molde}}$$

$$\gamma_t = \frac{4088,0 \text{ g.}}{2304,37 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,774 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$W_{w8} = W_{shr8} - W_{r8} \qquad W_{s8} = W_{ssr8} - W_{r8}$$

$$W_{w8} = 104,13 \text{ g.} - 28,78 \text{ g.} \qquad W_{s8} = 86,59 \text{ g.} - 28,78 \text{ g.}$$

$$W_{w8} = 17,54 \text{ g. (peso del agua)} \qquad W_{s8} = 57,81 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_8 = \frac{W_{w8}}{W_{s8}} * 100\%$$

$$\omega\%_8 = \frac{17,54 \text{ g.}}{57,81 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_8 = 30,34 \%$. (contenido de humedad recipiente 8)

$$W_{w64} = W_{shr64} - W_{r64} \qquad W_{s64} = W_{ssr64} - W_{r64}$$

$$W_{w64} = 100,39 \text{ g.} - 30,73 \text{ g.} \qquad W_{s64} = 84,44 \text{ g.} - 30,73 \text{ g.}$$

$$W_{w64} = 15,95 \text{ g. (peso del agua)} \qquad W_{s64} = 53,71 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{64} = \frac{W_{w64}}{W_{s64}} * 100\%$$

$$\omega\%_{64} = \frac{15,95 \text{ g.}}{53,71 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{64} = 29,70 \%$. (contenido de humedad recipiente 64)

$$\omega\% = \frac{\omega\%_8 + \omega\%_{64}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{30,34\% + 29,70\%}{2}$$

$\omega\% = 30,02 \%$. (contenido de humedad promedio)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_d = \frac{1,774}{1 + \frac{30,02}{100}}$$

$$\gamma_d = 1,364 \text{ (densidad seca)}$$

Datos:

Quinto ensayo. –

$$M_5 = 18663,0 \text{ g. (peso muestra 5 – } 960\text{cm}^3\text{)}$$

$$W_{r89} = 28,97 \text{ g. (peso recipiente 89)}$$

$$W_{shr89} = 94,15 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 89)}$$

$$W_{ssr89} = 77,78 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 89)}$$

$$W_{r25} = 24,29 \text{ g. (peso recipiente 25)}$$

$$W_{shr25} = 97,45 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 25)}$$

$$W_{ssr25} = 78,81 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 25)}$$

$$P_{sh5} = M_5 - P_{molde}$$

$$P_{sh5} = 18663,0 \text{ g.} - 14593,0 \text{ g.}$$

$$P_{sh5} = 4070 \text{ g. (peso s. húmedo)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh5}}{V_{molde}}$$

$$\gamma_t = \frac{4070,0 \text{ g.}}{2304,37 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,766 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$W_{w89} = W_{shr89} - W_{r89}$$

$$W_{w89} = 94,15 \text{ g.} - 28,97 \text{ g.}$$

$$W_{s89} = W_{ssr89} - W_{r89}$$

$$W_{s89} = 77,78 \text{ g.} - 28,97 \text{ g.}$$

$$W_{w89} = 16,37 \text{ g. (peso del agua)} \quad W_{s89} = 48,81 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{89} = \frac{W_{w89}}{W_{s89}} * 100\%$$

$$\omega\%_{89} = \frac{16,37 \text{ g.}}{48,81 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{89} = 33,54 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 89)}$$

$$W_{w25} = W_{shr25} - W_{r25}$$

$$W_{s25} = W_{ssr25} - W_{r25}$$

$$W_{w25} = 97,45 \text{ g.} - 24,29 \text{ g.}$$

$$W_{s25} = 78,81 \text{ g.} - 24,29 \text{ g.}$$

$$W_{w25} = 18,64 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s25} = 54,52 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{25} = \frac{W_{w25}}{W_{s25}} * 100\%$$

$$\omega\%_{25} = \frac{18,64 \text{ g.}}{54,52 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{25} = 34,19 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 25)}$$

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{89} + \omega\%_{25}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{33,54\% + 34,19\%}{2}$$

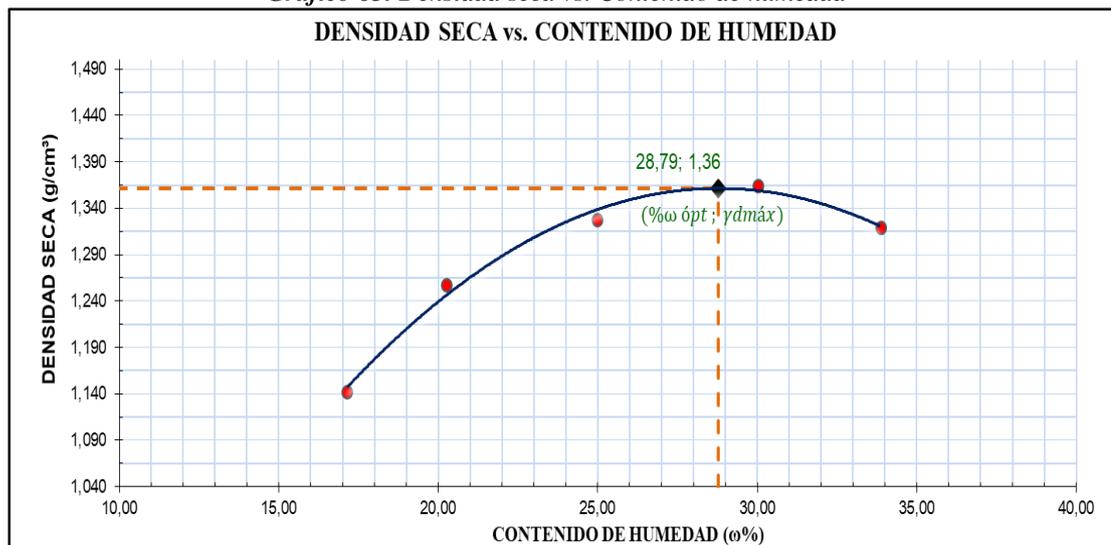
$$\omega\% = 33,86 \%. \text{ (contenido de humedad promedio)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_d = \frac{1,766}{1 + \frac{33,86}{100}}$$

$$\gamma_d = 1,319 \text{ (densidad seca)}$$

Gráfico 63. Densidad seca vs. Contenido de humedad



Fuente: Autor.

Nota: Se coloca en una gráfica los puntos de cada ensayo para Contenido de humedad promedio vs. Densidad seca, que estarán sujetos a una línea de tendencia “Polinómica grado

2". Una vez determinado esto, se traza una línea recta que interseque al punto máximo de la línea de tendencia de la curva, para que, podamos obtener una densidad seca y contenido de humedad óptimo, así:

$$\omega\%_{\text{óptima}} = 28,79\%$$

$$\gamma_d = 1,361$$

j. CBR

- Secar la muestra de suelo al ambiente y fragmentar los sólidos que quedan producto de la mezcla del suelo con la humedad del terreno, con una cantidad de aproximadamente 18 kilogramos.
- Tamizar la muestra seca, con todo el material que pase por el tamiz N°40 en una bandeja metálica grande.
- Tomar tres moldes cilíndricos metálicos para el ensayo de CBR, que deben estar limpios de residuos de suciedad y oxidación utilizando un cepillo metálico, adicionalmente ajustar cada uno de los moldes con ayuda de un playo. De manera inmediata, tomar la medida del diámetro de los tres moldes con ayuda de un calibrador pie de rey y, por consiguiente, tomar la altura con un flexómetro desde la base del molde hasta el borde del mismo.
- Medir a su vez el diámetro de las retortas y su altura con los equipos dispuestos anteriormente. Además de, colocar cada una de las retortas con una hoja de papel que evite que el suelo se quede adherido a dicha superficie, en los moldes correspondientes y fijar su anillo superior ajustando los pernos con la ayuda de un playo.
- Ubicar un recipiente de tamaño medio en la balanza digital y encerar, para pesar una cantidad de 6000 gramos aproximadamente del material que pasa por el tamiz N°40 con la ayuda de un palustre.
- Del ensayo anterior "*Próctor Modificado Método B*", se debe medir en la probeta el porcentaje óptimo de contenido de agua que va a ser añadido a la muestra de suelo a partir de la curva *Contenido de humedad vs. Densidad seca*. Se realiza un cálculo básico para determinar los cm³ de agua en 6000 gramos de muestra que van a ser añadidos, así:

Datos:

$M_s = 6000$ g. (muestra de suelo)

$\omega\% = 17,14\%$ (contenido de humedad natural)

$\omega\%_{\text{óptima}} = 28,79\%$ (contenido de humedad óptimo)

$$\text{Hum} = M_s * \frac{\omega\%_{\text{óptima}} - \omega\%}{100}$$
$$\text{Hum} = 6000\text{gr.} * \frac{28,79 - 17,14}{100}$$

$\text{Hum} = 699\text{cm}^3 = 699\text{mL}$ (agua añadida a la muestra de suelo)

- Verter el agua de la probeta en la muestra de suelo con la cantidad calculada en el paso anterior, que se ubica en la bandeja metálica para que se mezcle con dicha muestra revolviéndola hasta formar una mezcla uniforme.
- Realizamos la misma acción que en el paso preliminar, para las dos muestras de suelo restantes de 6000 gramos en cada bandeja metálica.
- Se debe prever el seguimiento de la información recomendada de acuerdo a la **Tabla 5**. Características del Ensayo Proctor Modificado (Método B), para el número de capas en los moldes cilíndricos.
- Cuartear la muestra de la bandeja metálica en 5 partes iguales y tomar la primera parte para colocarla con ayuda del palustre en el primer molde cilíndrico.
- Fijar el molde con nuestros pies para evitar cualquier movimiento, a continuación, tomar el martillo cilíndrico y dejarlo caer por 11 veces alrededor del interior del primer molde. Repetir la acción del número de golpes para la segunda, tercera, cuarta y quinta capa
- Limpiar el exceso de material que queda sobre el borde del anillo superior del molde, y retirar dicho anillo con ayuda del playo. Para este punto se toma dos recipientes metálicos, uno tomado con la porción de suelo sobrante del anillo superior del molde y otra porción de suelo del restante situado en la bandeja metálica para determinar sus contenidos de humedad antes del remojo.
- Enrasar la muestra de suelo para que quede nivelada con el molde con una superficie uniforme, que evite dejar orificios en la muestra.
- Limpiar el exceso de material con una brocha que está dispuesto alrededor de la parte externa del molde, para desmoldarlo y retirar la retorta. Por consiguiente, se gira el molde con mucho cuidado de disgregar la muestra de suelo compactada y se fija en la placa base perforada metálica, que se deberá sujetar de manera segura mediante los pernos para evitar desplazamientos.
- Fijar su peso en la balanza mecánica y anotar sus datos en la libreta de apoyo.

- Repetir los seis pasos anteriormente detallados, pero con la diferencia en el número de golpes; se asocia al segundo molde y tercer molde con 27 golpes y 56 golpes, respectivamente.
- Colocar los sobrepesos abiertos conjuntamente con el plato perforado de CBR para la realización del ensayo en cada uno de los moldes, sobre la muestra de suelo y dentro del molde compactador CBR.
- Dejar los tres moldes en la cámara de curado que, necesariamente deben estar totalmente sumergidos en el agua. Además, se proveerá a cada molde con el respectivo dial (trípode metálico para CBR) que debe estar ubicado en el borde superior metálico del molde cilíndrico, para tomar la lectura de esponjamiento cada cierto tiempo, ejem: 1hora, 2horas, 4horas, 8horas, 16horas, 32horas, etc., siempre y cuando se lo pueda lograr.
- Esta inmersión de los moldes se la hará aproximadamente por 3 días, teniendo el cuidado de no moverlos ni desplazarlos para evitar error en las lecturas de esponjamiento.
- Pasado los 3 días se extrae del agua, que continuamente debe dejarse escurrir el agua de los tres moldes poniéndolos de manera inclinada para la realización del ensayo de CBR.
- Retirar los sobrepesos abiertos conjuntamente con el plato perforado de cada molde compactador CBR.
- Tomar el peso de los tres moldes con la muestra húmeda y anotarlas en la libreta.
- Colocar los sobrepesos abiertos únicamente, por segunda ocasión en cada molde.
- Dirigir cada molde compactador CBR a la base de la máquina automática multispeed con el levantamiento del pistón de penetración, que deberá últimamente ajustar las roscas superiores e inferiores del equipo para comenzar el ensayo.
- Configurar la máquina multispeed para ensayo de CBR, mientras que, el pistón de penetración perforará a distintos incrementos de presiones en la muestra de suelo, para obtener las presiones en función de su penetración generada con lecturas a través de un dial colocado en la base superior de dicho molde.
- Repetir los dos pasos anteriores para los moldes restantes y obtener las lecturas de presiones en cada ensayo.
- Desarmar cada molde cilíndrico con ayuda del playo y retirar la hoja de papel que se queda impregnada en la superficie de la muestra de suelo.

- Tener dos recipientes metálicos limpios y secos para determinar el contenido de humedad. Primeramente, tomar una porción de suelo de la parte superior del molde y, por consiguiente, tomar otra porción de suelo de la parte inferior del molde para ubicar los recipientes en el horno por un tiempo aproximado de 16 a 24 horas.
- Repetir el paso anterior para determinar el contenido de humedad después del remojo en los dos moldes siguientes.
- Pesar en la balanza digital y anotar todos los datos de los recipientes metálicos para determinar los contenidos de humedad de cada ensayo asociado a cada molde.
- Desechar la muestra de suelo de cada molde compactador CBR. Adicional, limpiar todos los equipos utilizados de manera eficiente, que eviten un error en futuros ensayos por el daño de sus componentes.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

Primer ensayo (56 golpes). –

$$\text{Molde 3/R2} \left\{ \begin{array}{l} P_{m1} = 8677,0 \text{ g. (peso molde)} \\ D_{m1} = 15,3 \text{ cm (diámetro molde)} \\ h_{m1} = 17,8 \text{ cm (altura molde)} \\ D_{p1} = 15,0 \text{ cm (diámetro pesa)} \\ h_{p1} = 5,2 \text{ cm (altura pesa)} \end{array} \right.$$

$$V_{m1} = \frac{\pi * D_{m1}^2}{4} * h_{m1}$$

$$V_{u1} = V_{m1} - V_{p1}$$

$$V_{u1} = 3272,60\text{cm}^3 - 918,92\text{cm}^3$$

$$V_{m1} = \frac{\pi * 15,3 \text{ cm}^2}{4} * 17,8 \text{ cm}$$

$$V_{u1} = 2353,68\text{cm}^3 \text{ (volumen útil)}$$

$$V_{m1} = 3272,60\text{cm}^3 \text{ (volumen molde)}$$

$$V_{p1} = \frac{\pi * D_{p1}^2}{4} * h_{p1}$$

$$V_{p1} = \frac{\pi * 15,0\text{cm}^2}{4} * 5,2\text{cm}$$

$$V_{p1} = 918,92\text{cm}^3 \text{ (volumen pesa)}$$

Antes del remojo

Datos:

$$P_{shm} = 12285,0 \text{ g. (peso muestra húmeda más molde)}$$

$$W_{r54} = 30,60 \text{ g. (peso recipiente 54)}$$

$$W_{shr54} = 93,89 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 54)}$$

$$W_{ssr54} = 82,03 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 54)}$$

$$W_{r102} = 31,17 \text{ g. (peso recipiente 102)}$$

$$W_{shr102} = 96,55 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 102)}$$

$$W_{ssr102} = 84,33 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 102)}$$

$$W_{w54} = W_{shr54} - W_{r54}$$

$$W_{s54} = W_{ssr54} - W_{r54}$$

$$W_{w54} = 93,89 \text{ g.} - 30,60 \text{ g.}$$

$$W_{s54} = 82,03 \text{ g.} - 30,60 \text{ g.}$$

$$W_{w54} = 11,86 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s54} = 51,43 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{54} = \frac{W_{w54}}{W_{s54}} * 100\%$$

$$\omega\%_{54} = \frac{11,86 \text{ g.}}{51,43 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{54} = 23,06 \%$. (contenido de humedad recipiente 54)

$$W_{w102} = W_{shr102} - W_{r102}$$

$$W_{s102} = W_{ssr102} - W_{r102}$$

$$W_{w102} = 96,55 \text{ g.} - 31,17 \text{ g.}$$

$$W_{s102} = 84,33 \text{ g.} - 31,17 \text{ g.}$$

$$W_{w102} = 12,22 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s102} = 53,16 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{102} = \frac{W_{w102}}{W_{s102}} * 100\%$$

$$\omega\%_{102} = \frac{12,22 \text{ g.}}{53,16 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{102} = 22,99 \%$. (contenido de humedad recipiente 102)

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{54} + \omega\%_{102}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{23,06\% + 22,99\%}{2}$$

$\omega\% = 23,02 \%$. (contenido de humedad promedio)

$$P_{sh} = P_{shm} - P_{m1}$$

$$P_{sh} = 12285,0 \text{ g.} - 8677,0 \text{ g.}$$

$$P_{sh} = 3608,0 \text{ g. (peso muestra húmeda)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh}}{V_{u1}}$$

$$\gamma_t = \frac{3608,0 \text{ g.}}{2353,68 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,533 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$\gamma_{d/ar} = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_{d/ar} = \frac{1,533}{1 + \frac{23,02}{100}}$$

$$\gamma_{d/ar} = 1,246 \text{ (densidad seca)}$$

Después del remojo

Datos:

$$P_{shm} = 13079,0 \text{ g. (peso muestra húmeda más molde)}$$

$$W_{r29} = 26,63 \text{ g. (peso recipiente 29)}$$

$$W_{shr29} = 94,08 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 29)}$$

$$W_{ssr29} = 71,35 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 29)}$$

$$W_{r42} = 31,72 \text{ g. (peso recipiente 42)}$$

$$W_{shr42} = 122,87 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 42)}$$

$$W_{ssr42} = 95,77 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 42)}$$

$$W_{w29} = W_{shr29} - W_{r29}$$

$$W_{s29} = W_{ssr29} - W_{r29}$$

$$W_{w29} = 94,08 \text{ g.} - 26,63 \text{ g.}$$

$$W_{s29} = 71,35 \text{ g.} - 26,63 \text{ g.}$$

$$W_{w29} = 22,73 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s29} = 44,72 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{29} = \frac{W_{w29}}{W_{s29}} * 100\%$$

$$\omega\%_{29} = \frac{22,73 \text{ g.}}{44,72 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{87} = 50,83 \%$. (contenido de humedad recipiente 29)

$$W_{w42} = W_{shr42} - W_{r42}$$

$$W_{s42} = W_{ssr42} - W_{r42}$$

$$W_{w42} = 122,87 \text{ g.} - 31,72 \text{ g.}$$

$$W_{s42} = 95,77 \text{ g.} - 31,72 \text{ g.}$$

$$W_{w42} = 27,10 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s42} = 64,05 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{42} = \frac{W_{w42}}{W_{s42}} * 100\%$$

$$\omega\%_{42} = \frac{27,10 \text{ g.}}{64,05 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{42} = 42,31 \%$. (contenido de humedad recipiente 42)

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{87} + \omega\%_{88}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{50,83\% + 42,31\%}{2}$$

$\omega\% = 46,57 \%$. (contenido de humedad promedio)

$$P_{sh} = P_{shm} - P_m$$

$$P_{sh} = 13079,0 \text{ g.} - 8677,0 \text{ g.}$$

$$P_{sh} = 4402,0 \text{ g. (peso muestra húmeda)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh}}{V_{u1}}$$

$$\gamma_t = \frac{4402,0 \text{ g.}}{2353,68 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,870 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$\gamma_{d/dr} = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_{d/dr} = \frac{1,870}{1 + \frac{46,57}{100}}$$

$$\gamma_{d/dr} = 1,276 \text{ (densidad seca)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{d/ar} + \gamma_{d/dr}}{2}$$

$$\gamma_d = \frac{1,246 + 1,276}{2}$$

$$\gamma_d = 1,261 \text{ (densidad seca promedio)}$$

Datos:

Segundo ensayo (27 golpes). –

$$\text{Molde 11} \left\{ \begin{array}{l} P_{m2} = 9644,0 \text{ g. (peso molde)} \\ D_{m2} = 15,2 \text{ cm (diámetro molde)} \\ h_{m2} = 17,8 \text{ cm (altura molde)} \\ D_{p2} = 15,0 \text{ cm (diámetro pesa)} \\ h_{p2} = 5,2 \text{ cm (altura pesa)} \end{array} \right.$$

$$V_{m2} = \frac{\pi * D_{m2}^2}{4} * h_{m2}$$

$$V_{m2} = \frac{\pi * 15,2 \text{ cm}^2}{4} * 17,8 \text{ cm}$$

$$V_{m2} = 3229,96 \text{ cm}^3 \text{ (volumen molde)}$$

$$V_{p2} = \frac{\pi * D_{p2}^2}{4} * h_{p2}$$

$$V_{p2} = \frac{\pi * 15,0 \text{ cm}^2}{4} * 5,2 \text{ cm}$$

$$V_{p2} = 918,92 \text{ cm}^3 \text{ (volumen pesa)}$$

$$V_{u2} = V_{m2} - V_{p2}$$

$$V_{u2} = 3229,96 \text{ cm}^3 - 918,92 \text{ cm}^3$$

$$V_{u2} = 2311,04 \text{ cm}^3 \text{ (volumen útil)}$$

Antes del remojo

Datos:

$$P_{shm} = 12904,0 \text{ g. (peso muestra húmeda más molde)}$$

$$W_{r2B} = 24,04 \text{ g. (peso recipiente 2B)}$$

$$W_{shr2B} = 108,71 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 2B)}$$

$$W_{ssr2B} = 92,76 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 2B)}$$

$$W_{r70} = 57,64 \text{ g. (peso recipiente 70)}$$

$$W_{shr70} = 134,90 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 70)}$$

$$W_{ssr70} = 120,44 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 70)}$$

$$\begin{aligned}
 W_{w2B} &= W_{shr2B} - W_{r2B} & W_{s2B} &= W_{ssr2B} - W_{r2B} \\
 W_{w2B} &= 108,71 \text{ g.} - 24,04 \text{ g.} & W_{s2B} &= 92,76 \text{ g.} - 24,04 \text{ g.} \\
 W_{w2B} &= 15,95 \text{ g. (peso del agua)} & W_{s2B} &= 68,72 \text{ g. (peso suelo seco)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega_{\%2B} &= \frac{W_{w2B}}{W_{s2B}} * 100\% \\
 \omega_{\%2B} &= \frac{15,95 \text{ g.}}{68,72 \text{ g.}} * 100\%
 \end{aligned}$$

$\omega_{\%2B} = 23,21 \%$. (contenido de humedad recipiente 2B)

$$\begin{aligned}
 W_{w70} &= W_{shr70} - W_{r70} & W_{s70} &= W_{ssr70} - W_{r70} \\
 W_{w70} &= 134,90 \text{ g.} - 57,64 \text{ g.} & W_{s70} &= 120,44 \text{ g.} - 57,64 \text{ g.} \\
 W_{w70} &= 14,46 \text{ g. (peso del agua)} & W_{s70} &= 62,80 \text{ g. (peso suelo seco)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega_{\%70} &= \frac{W_{w70}}{W_{s70}} * 100\% \\
 \omega_{\%70} &= \frac{14,46 \text{ g.}}{62,80 \text{ g.}} * 100\%
 \end{aligned}$$

$\omega_{\%70} = 23,03 \%$. (contenido de humedad recipiente 70)

$$\begin{aligned}
 \omega_{\%} &= \frac{\omega_{\%2B} + \omega_{\%70}}{2} \\
 \omega_{\%} &= \frac{23,21\% + 23,03\%}{2}
 \end{aligned}$$

$\omega_{\%} = 23,12 \%$. (contenido de humedad promedio)

$$\begin{aligned}
 P_{sh} &= P_{shm} - P_{m2} & \gamma_{d/ar} &= \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}} \\
 P_{sh} &= 12904,0 \text{ g.} - 9644,0 \text{ g.} & \gamma_{d/ar} &= \frac{1,411}{1 + \frac{23,12}{100}} \\
 P_{sh} &= 3260,0 \text{ g. (peso muestra húmeda)} & \gamma_{d/ar} &= 1,146 \text{ (densidad seca)} \\
 \gamma_t &= \frac{P_{sh}}{V_{u2}} & & \\
 \gamma_t &= \frac{3260,0 \text{ g.}}{2311,04 \text{ cm}^3} & & \\
 \gamma_t &= 1,411 \text{ (densidad húmeda)} & &
 \end{aligned}$$

Después del remojo

Datos:

$$\begin{aligned}
 P_{shm} &= 13721,0 \text{ g. (peso muestra húmeda más molde)} \\
 W_{r13} &= 22,84 \text{ g. (peso recipiente 13)} \\
 W_{shr13} &= 90,85 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 13)} \\
 W_{ssr13} &= 66,32 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 13)} \\
 W_{r83} &= 30,84 \text{ g. (peso recipiente 83)} \\
 W_{shr83} &= 76,61 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 83)} \\
 W_{ssr83} &= 61,71 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 83)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{w13} &= W_{shr13} - W_{r13} & W_{s13} &= W_{ssr13} - W_{r13} \\
 W_{w13} &= 90,85 \text{ g.} - 22,84 \text{ g.} & W_{s13} &= 66,32 \text{ g.} - 22,84 \text{ g.} \\
 W_{w13} &= 24,53 \text{ g. (peso del agua)} & W_{s13} &= 43,48 \text{ g. (peso suelo seco)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega_{\%13} &= \frac{W_{w13}}{W_{s13}} * 100\% \\
 \omega_{\%13} &= \frac{24,53 \text{ g.}}{43,48 \text{ g.}} * 100\%
 \end{aligned}$$

$\omega_{\%13} = 56,42 \%$. (contenido de humedad recipiente 13)

$$W_{w83} = W_{shr83} - W_{r83} \quad W_{s83} = W_{ssr83} - W_{r83}$$

$$W_{w83} = 76,61 \text{ g.} - 30,84 \text{ g.} \quad W_{s83} = 61,71 \text{ g.} - 30,84 \text{ g.}$$

$$W_{w83} = 14,90 \text{ g. (peso del agua)} \quad W_{s83} = 30,87 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{83} = \frac{W_{w83}}{W_{s83}} * 100\%$$

$$\omega\%_{83} = \frac{14,90 \text{ g.}}{30,87 \text{ g.}} * 100\%$$

$$\omega\%_{83} = 48,27 \%. \text{ (contenido de humedad recipiente 83)}$$

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{13} + \omega\%_{83}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{56,42\% + 48,27\%}{2}$$

$$\omega\% = 52,34 \%. \text{ (contenido de humedad promedio)}$$

$$P_{sh} = P_{shm} - P_{m2}$$

$$P_{sh} = 13721,0 \text{ g.} - 9644,0 \text{ g.}$$

$$P_{sh} = 4077,0 \text{ g. (peso muestra húmeda)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh}}{V_{u2}}$$

$$\gamma_t = \frac{4077,0 \text{ g.}}{2311,04 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,764 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$\gamma_{d/dr} = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_{d/dr} = \frac{1,764}{1 + \frac{52,34}{100}}$$

$$\gamma_{d/dr} = 1,158 \text{ (densidad seca)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{d/ar} + \gamma_{d/dr}}{2}$$

$$\gamma_d = \frac{1,146 + 1,158}{2}$$

$$\gamma_d = 1,152 \text{ (densidad seca promedio)}$$

Datos:

Tercer ensayo (11 golpes). -

$$\text{Molde 2} \left\{ \begin{array}{l} P_{m3} = 9309,0 \text{ g. (peso molde)} \\ D_{m3} = 15,2 \text{ cm (diámetro molde)} \\ h_{m3} = 17,8 \text{ cm (altura molde)} \\ D_{p3} = 15,0 \text{ cm (diámetro pesa)} \\ h_{p3} = 5,2 \text{ cm (altura pesa)} \end{array} \right.$$

$$V_{m3} = \frac{\pi * D_{m3}^2}{4} * h_{m3}$$

$$V_{m3} = \frac{\pi * 15,2 \text{ cm}^2}{4} * 17,8 \text{ cm}$$

$$V_{m3} = 3229,96 \text{ cm}^3 \text{ (volumen molde)}$$

$$V_{p3} = \frac{\pi * D_{p3}^2}{4} * h_{p3}$$

$$V_{p3} = \frac{\pi * 15,0 \text{ cm}^2}{4} * 5,2 \text{ cm}$$

$$V_{p3} = 918,92 \text{ cm}^3 \text{ (volumen pesa)}$$

$$V_{u3} = V_{m3} - V_{p3}$$

$$V_{u3} = 3229,96 \text{ cm}^3 - 918,92 \text{ cm}^3$$

$$V_{u3} = 2311,04 \text{ cm}^3 \text{ (volumen útil)}$$

Antes del remojo

Datos:

$$P_{shm} = 12320,0 \text{ g. (peso muestra húmeda más molde, antes del remojo)}$$

$$W_{r5} = 24,20 \text{ g. (peso recipiente 5)}$$

$$W_{shr5} = 95,74 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 5)}$$

$$W_{ssr5} = 82,22 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 5)}$$

$$W_{r61} = 30,14 \text{ g. (peso recipiente 61)}$$

$$W_{shr61} = 94,52 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 61)}$$

$$W_{ssr61} = 82,30 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 61)}$$

$$W_{w5} = W_{shr5} - W_{r5} \qquad W_{s5} = W_{ssr5} - W_{r5}$$

$$W_{w5} = 95,74 \text{ g.} - 24,20 \text{ g.} \qquad W_{s5} = 82,22 \text{ g.} - 24,20 \text{ g.}$$

$$W_{w5} = 13,52 \text{ g. (peso del agua)} \qquad W_{s5} = 58,02 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_5 = \frac{W_{w5}}{W_{s5}} * 100\%$$

$$\omega\%_5 = \frac{13,52 \text{ g.}}{58,02 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_5 = 23,30 \%$. (contenido de humedad recipiente 5)

$$W_{w61} = W_{shr61} - W_{r61} \qquad W_{s61} = W_{ssr61} - W_{r61}$$

$$W_{w61} = 94,52 \text{ g.} - 30,14 \text{ g.} \qquad W_{s61} = 82,30 \text{ g.} - 30,14 \text{ g.}$$

$$W_{w61} = 12,22 \text{ g. (peso del agua)} \qquad W_{s61} = 52,16 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{61} = \frac{W_{w61}}{W_{s61}} * 100\%$$

$$\omega\%_{61} = \frac{12,22 \text{ g.}}{52,16 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{61} = 23,43 \%$. (contenido de humedad recipiente 61)

$$\omega\% = \frac{\omega\%_5 + \omega\%_{61}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{23,30\% + 23,43\%}{2}$$

$\omega\% = 23,37 \%$. (contenido de humedad promedio)

$$P_{sh} = P_{shm} - P_{m3} \qquad \gamma_{d/ar} = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$P_{sh} = 12320,0 \text{ g.} - 9309,0 \text{ g.} \qquad \gamma_{d/ar} = \frac{1,303}{1 + \frac{23,37}{100}}$$

$$P_{sh} = 3011,0 \text{ g. (peso muestra húmeda)} \qquad \gamma_{d/ar} = \frac{1,303}{1 + \frac{23,37}{100}}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh}}{V_{u3}} \qquad \gamma_{d/ar} = 1,056 \text{ (densidad seca)}$$

$$\gamma_t = \frac{3011,0 \text{ g.}}{2311,04 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,303 \text{ (densidad húmeda)}$$

Después del remojo

Datos:

$$P_{shm} = 13170,0 \text{ g. (peso muestra húmeda más molde)}$$

$$W_{rH4} = 30,52 \text{ g. (peso recipiente H4)}$$

$$W_{shrH4} = 108,24 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente H4)}$$

$$W_{ssrH4} = 80,77 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente H4)}$$

$$W_{r108} = 30,19 \text{ g. (peso recipiente 108)}$$

$$W_{shr108} = 118,26 \text{ g. (peso suelo húmedo más recipiente 108)}$$

$$W_{ssr108} = 88,19 \text{ g. (peso suelo seco más recipiente 108)}$$

$$W_{wH4} = W_{shrH4} - W_{rH4} \qquad W_{sH4} = W_{ssrH4} - W_{rH4}$$

$$W_{wH4} = 108,24 \text{ g.} - 30,52 \text{ g.} \qquad W_{sH4} = 80,77 \text{ g.} - 30,52 \text{ g.}$$

$$W_{wH4} = 27,47 \text{ g. (peso del agua)} \qquad W_{sH4} = 50,25 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{H4} = \frac{W_{wH4}}{W_{sH4}} * 100\%$$

$$\omega\%_{H4} = \frac{27,47 \text{ g.}}{50,25 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{H4} = 54,67 \%$. (contenido de humedad recipiente H4)

$$W_{w108} = W_{shr108} - W_{r108}$$

$$W_{s108} = W_{ssr108} - W_{r108}$$

$$W_{w108} = 118,26 \text{ g.} - 30,19 \text{ g.}$$

$$W_{s108} = 88,19 \text{ g.} - 30,19 \text{ g.}$$

$$W_{w108} = 30,07 \text{ g. (peso del agua)}$$

$$W_{s108} = 58,00 \text{ g. (peso suelo seco)}$$

$$\omega\%_{108} = \frac{W_{w108}}{W_{s108}} * 100\%$$

$$\omega\%_{108} = \frac{30,07 \text{ g.}}{58,00 \text{ g.}} * 100\%$$

$\omega\%_{108} = 51,84 \%$. (contenido de humedad recipiente 108)

$$\omega\% = \frac{\omega\%_{H4} + \omega\%_{108}}{2}$$

$$\omega\% = \frac{54,67\% + 51,84\%}{2}$$

$\omega\% = 53,26 \%$. (contenido de humedad promedio)

$$P_{sh} = P_{shm} - P_{m3}$$

$$P_{sh} = 13170,0 \text{ g.} - 9309,0 \text{ g.}$$

$$P_{sh} = 3861,0 \text{ g. (peso muestra húmeda)}$$

$$\gamma_t = \frac{P_{sh}}{V_{u3}}$$

$$\gamma_t = \frac{3861,0 \text{ g.}}{2311,04 \text{ cm}^3}$$

$$\gamma_t = 1,671 \text{ (densidad húmeda)}$$

$$\gamma_{d/dr} = \frac{\gamma_t}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

$$\gamma_{d/dr} = \frac{1,671}{1 + \frac{53,26}{100}}$$

$$\gamma_{d/dr} = 1,090 \text{ (densidad seca)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{d/ar} + \gamma_{d/dr}}{2}$$

$$\gamma_d = \frac{1,056 + 1,090}{2}$$

$$\gamma_d = 1,073 \text{ (densidad seca promedio)}$$

Tabla 45. Valores de presión y penetración de la muestra patrón

Penetración		Carga unitaria patrón
mm	pulgada	psi
0,1	2,54	1000
0,2	5,08	1500
0,3	7,62	1900
0,4	10,16	2300
0,5	12,7	2600

Fuente: Pavimentos, 2015 [27].

Ensayo de carga penetración, para 56 golpes con molde 3/R2:

$$\text{Presión Leída} = Q * \frac{\text{constante de celda}}{\text{área del pistón}}$$

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

$$P. \text{ Leída}_1 \Rightarrow 0 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 0 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Corregida}_5 = P. \text{ Leída}_5$$

$$P. \text{ Leída}_2 \Rightarrow 68,6 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 50,4 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Corregida}_5 = 98,1 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Corregida}_7 = P. \text{ Leída}_7$$

$$\begin{aligned}
 P. \text{ Leída}_3 &\Rightarrow 98,3 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 72,2 \text{ lbf/in}^2 \\
 P. \text{ Leída}_4 &\Rightarrow 115,9 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 85,1 \text{ lbf/in}^2 \\
 P. \text{ Leída}_5 &\Rightarrow 133,5 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 98,1 \text{ lbf/in}^2 \\
 P. \text{ Leída}_6 &\Rightarrow 175,5 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 128,9 \text{ lbf/in}^2 \\
 P. \text{ Leída}_7 &\Rightarrow 213,5 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 156,9 \text{ lbf/in}^2 \\
 P. \text{ Leída}_8 &\Rightarrow 259,7 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 190,8 \text{ lbf/in}^2 \\
 P. \text{ Leída}_9 &\Rightarrow 303,3 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 222,8 \text{ lbf/in}^2 \\
 P. \text{ Leída}_{10} &\Rightarrow 373,0 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 274,0 \text{ lbf/in}^2 \\
 P. \text{ Leída}_{11} &\Rightarrow 419,6 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 308,3 \text{ lbf/in}^2
 \end{aligned}$$

$$P. \text{ Corregida}_7 = 156,9 \text{ lbf/in}^2$$

$$CBR_5 = \frac{98,1 \text{ lbf/in}^2}{1000 \text{ lbf/in}^2} * 100$$

$$CBR_5 = 9,81\%$$

$$CBR_7 = \frac{156,9 \text{ lbf/in}^2}{1500 \text{ lbf/in}^2} * 100$$

$$CBR_7 = 10,46\%$$

Tabla 46. Ensayo de carga penetración para 56 golpes

Tiempo		Penetración	Q	Presiones (lbf/in ²)		CBR
Min	Seg	× 10 ⁻³	Lectura Dial	Leída	Corregida	%
		0	0,0	0,0		
0	30	25	68,6	50,4		
1	0	50	98,3	72,2		
1	30	75	115,9	85,1		
2	0	100	133,5	98,1	98,1	9,8
3	0	150	175,5	128,9		
4	0	200	213,5	156,9	156,9	10,5
5	0	250	259,7	190,8		
6	0	300	303,3	222,8		
8	0	400	373,0	274,0		
10	0	500	419,6	308,3		
CBR corregido 1"						9,8
CBR corregido 2"						10,5

Fuente: Autor.

Ensayo de carga penetración, para 27 golpes con molde 11:

$$\text{Presión Leída} = Q * \frac{\text{constante de celda}}{\text{área del pistón}}$$

$$P. \text{ Leída}_1 \Rightarrow 0 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 0 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Leída}_2 \Rightarrow 50,7 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 37,2 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Leída}_3 \Rightarrow 75,0 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 55,1 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Leída}_4 \Rightarrow 90,4 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 66,4 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Leída}_5 \Rightarrow 104,2 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 76,6 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Leída}_6 \Rightarrow 138,6 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 101,8 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Leída}_7 \Rightarrow 172,9 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 127,0 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Leída}_8 \Rightarrow 203,0 * \frac{2,204\text{lb}}{3\text{in}^2} = 149,1 \text{ lbf/in}^2$$

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

$$P. \text{ Corregida}_5 = P. \text{ Leída}_5$$

$$P. \text{ Corregida}_5 = 76,6 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. \text{ Corregida}_7 = P. \text{ Leída}_7$$

$$P. \text{ Corregida}_7 = 127,0 \text{ lbf/in}^2$$

$$CBR_5 = \frac{76,6 \text{ lbf/in}^2}{1000 \text{ lbf/in}^2} * 100$$

$$CBR_5 = 7,66\%$$

$$CBR_7 = \frac{127,0 \text{ lbf/in}^2}{1500 \text{ lbf/in}^2} * 100$$

$$CBR_7 = 8,47\%$$

$$P. Leída_9 \Rightarrow 235,6 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 173,1 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_{10} \Rightarrow 287,7 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 211,4 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_{11} \Rightarrow 336,3 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 247,1 \text{ lbf/in}^2$$

Tabla 47. Ensayo de carga penetración para 27 golpes

Tiempo		Penetración	Q	Presiones (lbf/in ²)		CBR
Min	Seg	× 10 ⁻³	Lectura Dial	Leída	Corregida	%
		0	0,0	0,0		
0	30	25	50,7	37,2		
1	0	50	75,0	55,1		
1	30	75	90,4	66,4		
2	0	100	104,2	76,6	76,6	7,7
3	0	150	138,6	101,8		
4	0	200	172,9	127,0	127,0	8,5
5	0	250	203,0	149,1		
6	0	300	235,6	173,1		
8	0	400	287,7	211,4		
10	0	500	336,3	247,1		
CBR corregido 1"						7,7
CBR corregido 2"						8,5

Fuente: Autor.

Ensayo de carga penetración, para 11 golpes con molde 2:

$$\text{Presión Leída} = Q * \frac{\text{constante de celda}}{\text{área del pistón}}$$

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

$$P. Leída_1 \Rightarrow 0 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 0 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_2 \Rightarrow 35,3 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 25,9 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_3 \Rightarrow 58,3 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 42,8 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_4 \Rightarrow 70,8 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 52,0 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_5 \Rightarrow 83,4 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 61,3 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_6 \Rightarrow 108,0 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 79,3 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_7 \Rightarrow 128,2 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 94,2 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_8 \Rightarrow 152,6 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 112,1 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_9 \Rightarrow 173,6 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 127,5 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_{10} \Rightarrow 204,7 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 150,4 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Leída_{11} \Rightarrow 223,6 * \frac{2,204lb}{3in^2} = 164,3 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Corregida_5 = P. Leída_5$$

$$P. Corregida_5 = 61,3 \text{ lbf/in}^2$$

$$P. Corregida_7 = P. Leída_7$$

$$P. Corregida_7 = 94,2 \text{ lbf/in}^2$$

$$\text{CBR}_5 = \frac{61,3 \text{ lbf/in}^2}{1000 \text{ lbf/in}^2} * 100$$

$$\text{CBR}_5 = 6,13\%$$

$$\text{CBR}_7 = \frac{94,2 \text{ lbf/in}^2}{1500 \text{ lbf/in}^2} * 100$$

$$\text{CBR}_7 = 6,28\%$$

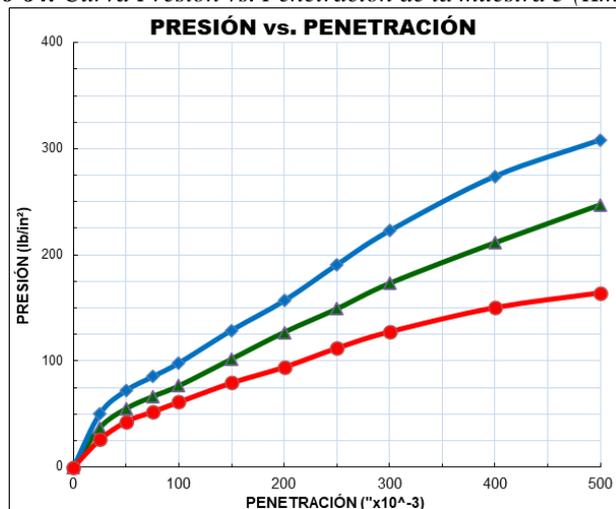
Tabla 48. Ensayo de carga penetración para 11 golpes

Tiempo		Penetración	Q	Presiones (lbf/in ²)		CBR
Min	Seg	× 10 ⁻³	Lectura Dial	Leída	Corregida	%
		0	0,0	0,0		
0	30	25	35,3	25,9		
1	0	50	58,3	42,8		
1	30	75	70,8	52,0		
2	0	100	83,4	61,3	61,3	6,1
3	0	150	108,0	79,3		
4	0	200	128,2	94,2	94,2	6,3
5	0	250	152,6	112,1		
6	0	300	173,6	127,5		
8	0	400	204,7	150,4		
10	0	500	223,6	164,3		
CBR corregido 1"						6,1
CBR corregido 2"						6,3

Fuente: Autor.

A continuación, graficamos las tres curvas de Penetración vs. Presión correspondiente a cada número de golpes (56, 27 y 11 golpes):

Gráfico 64. Curva Presión vs. Penetración de la muestra 3 (Km 1+000)



Fuente: Autor.

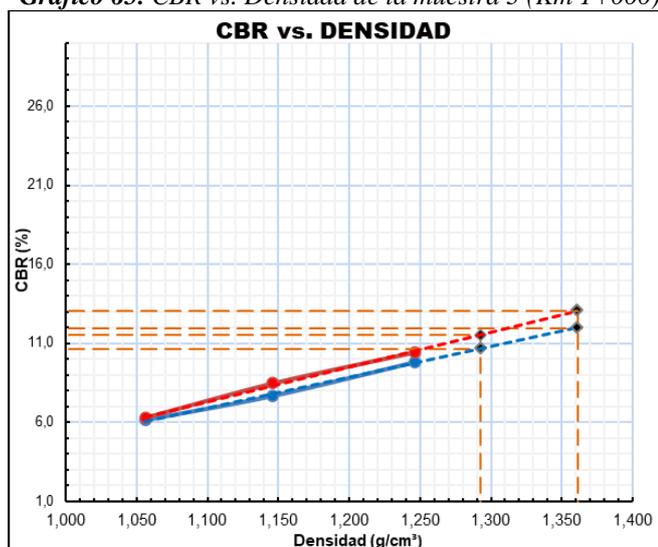
De manera continua, graficar dos curvas de CBR vs. Densidad que posean una línea de tendencia lineal. A su vez, trazar dos líneas rectas a la densidad máxima seca y al 95% de DMS (dato obtenido del ensayo de compactación “Proctor Modificado Tipo B”), para intersecar con las dos curvas mencionadas y tomar la lectura de CBR correspondiente. La primera curva y segunda curva a partir de los datos generados de densidad seca antes del remojo en el ensayo de compactación CBR, junto con los datos de CBR corregido 0,1” y 0,2” de las tablas anteriores (56, 27 y 11 golpes), siguiendo la siguiente información:

0,1"			0,2"		
Densidad seca γ_d (g/cm ³)	vs.	Resistencia CBR %	Densidad seca γ_d (g/cm ³)	vs.	Resistencia CBR %
1,246		9,81	1,246		10,46
1,146		7,66	1,146		8,47
1,056		6,13	1,056		6,28

Densidad máxima seca \Rightarrow 1,361

95% de DMS \Rightarrow 1,293

Gráfico 65. CBR vs. Densidad de la muestra 3 (Km 1+000)



Fuente: Autor.

Leer el valor de CBR, que se genera al intersecar el 95% de DMS con la gráfica y su línea de tendencia lineal de CBR corregido 0,1", entonces:

$$\text{CBR} = 10,65\%$$

k. Esponjamiento

- Durante el proceso de remojo de las tres muestras de los moldes compactadores de CBR, se toma lecturas a cada cierto tiempo (2horas, 4horas, 8horas, 16horas, 32horas, etc.), para constatar el porcentaje de hinchamiento de cada una de las correspondientes muestras.
- Tomar el dial y colocar el mismo sobre el borde superior del molde compactador de CBR que está previamente sumergido en la cámara de curado, y encerar el dispositivo de la manecilla más grande hasta "0" para tomar lectura en nuestra libreta de apuntes.

- Dejar el dial durante 3 días aproximadamente y tomar las lecturas a las diferentes horas acumuladas antes mencionadas, sin mover dicho dial para evitar errores en las lecturas.

Cálculos correspondientes a la Muestra 3 (Kilómetro 1+000):

Datos:

Primer ensayo (56 golpes). –

$h_m = 5,0$ in (altura muestra)

$$\text{Molde 3/R2} \begin{cases} L_1 = 43,00 \text{ mm (lectura 1)} \\ L_2 = 43,32 \text{ mm (lectura 2)} \\ L_3 = 44,08 \text{ mm (lectura 3)} \end{cases}$$

$$Ld_1 = L_1 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_2 = L_2 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_1 = 43,00 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_2 = 43,32 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_1 = 1,6929 \text{ in (lectura dial 1)}$$

$$Ld_2 = 1,7055 \text{ in (lectura dial 2)}$$

$$Ld_3 = L_3 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_3 = 44,08 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_3 = 1,7354 \text{ in (lectura dial 3)}$$

$$\begin{aligned} \text{esp}_1 &= (L_{d2} - L_{d1}) * 100 \\ \text{esp}_1 &= (1,7055 \text{ in} - 1,6929 \text{ in}) * 100 \\ \text{esp}_1 &= 1,26 \text{ in (esponjamiento 1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{esp}_2 &= (L_{d3} - L_{d1}) * 100 \\ \text{esp}_2 &= (1,7354 \text{ in} - 1,6929 \text{ in}) * 100 \\ \text{esp}_2 &= 4,25 \text{ in (esponjamiento 2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{esp}_1 &= (\text{esp}_1 / 100) * 100 / 5 \\ \% \text{esp}_1 &= (1,26 / 100) * 100 / 5 \\ \% \text{esp}_1 &= 0,25 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{esp}_2 &= (\text{esp}_2 / 100) * 100 / 5 \\ \% \text{esp}_2 &= (4,25 / 100) * 100 / 5 \\ \% \text{esp}_2 &= 0,85 \% \end{aligned}$$

Datos:

Segundo ensayo (27 golpes). –

$$\text{Molde 11} \begin{cases} L_1 = 2,00 \text{ mm (lectura 1)} \\ L_2 = 3,21 \text{ mm (lectura 2)} \\ L_3 = 3,5 \text{ mm (lectura 3)} \end{cases}$$

$$Ld_1 = L_1 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_2 = L_2 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_1 = 2,00 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_2 = 3,21 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_1 = 0,0787 \text{ in (lectura dial 1)}$$

$$Ld_2 = 0,1264 \text{ in (lectura dial 2)}$$

$$Ld_3 = L_3 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_3 = 3,5 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_3 = 0,1378 \text{ in (lectura dial 3)}$$

$$\begin{aligned} \text{esp}_1 &= (L_{d2} - L_{d1}) * 100 \\ \text{esp}_1 &= (0,1264 \text{ in} - 0,0787 \text{ in}) * 100 \\ \text{esp}_1 &= 4,76 \text{ in (esponjamiento 1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{esp}_2 &= (L_{d3} - L_{d1}) * 100 \\ \text{esp}_2 &= (0,1378 \text{ in} - 0,0787 \text{ in}) * 100 \\ \text{esp}_2 &= 5,91 \text{ in (esponjamiento 2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%esp_1 &= (esp_1/100) * 100/5 \\ \%esp_1 &= (4,76/100) * 100/5 \\ \%esp_1 &= 0,95 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%esp_2 &= (esp_2/100) * 100/5 \\ \%esp_2 &= (5,91/100) * 100/5 \\ \%esp_2 &= 1,18 \% \end{aligned}$$

Datos:

Tercer ensayo (11 golpes). –

$$\text{Molde 2} \begin{cases} L_1 = 7,00 \text{ mm (lectura 1)} \\ L_2 = 7,37 \text{ mm (lectura 2)} \\ L_3 = 8,03 \text{ mm (lectura 3)} \end{cases}$$

$$Ld_1 = L_1 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_2 = L_2 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_1 = 7,00 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_2 = 7,37 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_1 = 0,2756 \text{ in (lectura dial 1)}$$

$$Ld_2 = 0,2902 \text{ in (lectura dial 2)}$$

$$Ld_3 = L_3 * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_3 = 8,03 \text{ mm} * \frac{1 \text{ in}}{25,4 \text{ mm}}$$

$$Ld_3 = 0,3161 \text{ in (lectura dial 3)}$$

$$\begin{aligned} esp_1 &= (L_{d2} - L_{d1}) * 100 \\ esp_1 &= (0,2902 \text{ in} - 0,2756 \text{ in}) * 100 \\ esp_1 &= 1,46 \text{ in (esponjamiento 1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} esp_2 &= (L_{d3} - L_{d1}) * 100 \\ esp_2 &= (0,3161 \text{ in} - 0,2756 \text{ in}) * 100 \\ esp_2 &= 4,06 \text{ in (esponjamiento 2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%esp_1 &= (esp_1/100) * 100/5 \\ \%esp_1 &= (1,46/100) * 100/5 \\ \%esp_1 &= 0,29 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%esp_2 &= (esp_2/100) * 100/5 \\ \%esp_2 &= (4,06/100) * 100/5 \\ \%esp_2 &= 0,81 \% \end{aligned}$$

2.5.2.3. Diseño geométrico de la vía

Según la normativa del MTOP [11], el diseño geométrico de la vía en estudio resulta ser un factor imprescindible para el desarrollo del proyecto, por lo que, se toma las consideraciones respectivas referente a los parámetros que conllevan el diseño tridimensional presente en una vía (horizontal, vertical y transversal). Los parámetros asumidos por normativa se asocian a la topografía del terreno (llano, ondulado y montañoso), para poder seleccionar los valores de diseño en función de su TPDA principalmente.

Existen valores recomendables que se asumen cuando éste sea próximo al valor de TPDA superior según la clasificación del tipo de vía; y, absolutos que resultan estar próximos al valor de TPDA inferior de acuerdo al tipo de vía.

2.5.2.3.1. Diseño horizontal

a. Velocidad de diseño (V_d)

El presente proyecto ya contempla una vía existente y de acuerdo a su valor de TPDA de 891 vehículos/día se debería tomar los valores “Recomendables” con una velocidad de diseño mínima de 60km/h, sin embargo, se comprueba que en ciertas curvas no se cumple el radio mínimo de curva horizontal. Por otro lado, como la vía ya tiene un sentido definido que pretende una ampliación de la carretera, se asume una velocidad de diseño de 40km/h que corresponde a un tipo de terreno “Montañoso”, y que puede ajustarse de mejor manera al cumplimiento de los radios mínimos de curvas horizontales a lo largo del proyecto.

Tabla 49. Valores de velocidad de diseño para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Categoría de la vía		TPDA esperado	Velocidad de diseño km/h											
			Básica				Permisible en tramos difíciles							
			Relieve llano				Relieve ondulado				Relieve montañoso			
			Elementos del trazado del perfil longitudinal		Elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Elementos del trazado del perfil longitudinal		Elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Elementos del trazado del perfil longitudinal		Elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
			R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A
R-I ó R-II (Tipo)		>8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	Todos	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	Todos	1000-3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	Todos	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40

IV	TIPO	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
	5, 5E, 6 y 7													
V	4 y 4E	<100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

Se asume un valor de velocidad de diseño, $V_d = 40\text{km/h}$

b. Velocidad de circulación (V_c)

La velocidad de circulación comparte una estrecha relación con la velocidad de diseño, dependiendo del volumen de tráfico que se presente en cierta carretera, y se puede asumir en base a la siguiente tabla con las siguientes consideraciones:

Tabla 50. Valores de velocidad de circulación para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Lm 20+000 al Km 24+000

Velocidad de diseño (Km/h)	Velocidad de circulación (Km/h)		
	Volumen de tránsito bajo	Volumen de tránsito intermedio	Volumen de tránsito alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

Según se ha evidenciado, la vía se sitúa en un sector rural y el número de vehículos que lo componen es relativamente bajo, entonces, asumimos que corresponde a una vía con volumen de tránsito bajo con $V_c = 37\text{km/h}$.

c. Distancia de visibilidad de parada (D_p)

Esta distancia nos permitirá detener la marcha del vehículo con relación a otro vehículo en sentido contrario, debiendo tener una distancia mínima segura para ambos conductores que recorren a la velocidad de diseño obtenida, y se calcula por la siguiente expresión:

$$D_p = 0,7 + V_d + \frac{V_d^2}{254f}$$

Coefficiente de fricción longitudinal (f)

El término de dicho coeficiente se puede obtener a través de una expresión matemática o ya sea según la normativa del MTOP, así:

$$f = \frac{1,15}{V_d^{0,3}}$$

$$f = \frac{1,15}{(40\text{km/h})^{0,3}}$$

$$f = 0,380 \approx 0,39$$

Tabla 51. Valores de coeficiente de fricción longitudinal para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Velocidad de diseño (Km/h)	Coefficiente de fricción longitudinal
20	0,47
25	0,44
30	0,42
35	0,40
40	0,39
45	0,37
50	0,36
60	0,35
70	0,33
80	0,32
90	0,31

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOP), 2003 [3].

Una vez determinado el coeficiente de fricción longitudinal en base a los dos métodos, se obtiene el valor de distancia de visibilidad de parada que se comparará con los valores de la normativa MTOP, con lo siguiente:

$$D_p = 0,7 + (40\text{km/h}) + \frac{(40\text{km/h})^2}{254 * 0,39}$$

$$D_p = 56,85\text{m}$$

Tabla 52. Valores de distancias de visibilidad de parada para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R – I ó R – II	> 8000 TPDA	220	180	135	180	135	110
I	3000 – 8000 TPDA	180	160	110	160	110	70
II	1000 – 3000 TPDA	160	135	90	135	110	55
III	300 – 1000 TPDA	135	110	70	110	70	40
IV	100 – 300 TPDA	110	70	55	70	35	25
V	Menos de 100 TPDA	70	55	40	55	35	25

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPI), 2003 [3].

Entonces, se asume un valor de distancia de visibilidad de parada de $D_p = 40\text{m}$.

d. Distancia de visibilidad de adelantamiento (D_a)

Se asume como la distancia mínima en la que sea seguro para el conductor de un vehículo hacer la maniobra de rebasamiento, sin que exista peligro de choque con respecto a otro vehículo a menor velocidad.

$$D_a = 9,54V_d - 218$$

$$D_a = 9,54(40\text{km/h}) - 218$$

$$D_a = 164\text{m}$$

Tabla 53. Valores de distancia de visibilidad de adelantamiento para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R – I ó R – II	> 8000 TPDA	830	830	640	830	640	565
I	3000 – 8000 TPDA	830	690	565	690	565	415
II	1000 – 3000 TPDA	690	640	490	640	565	345
III	300 – 1000 TPDA	640	565	415	565	415	270
IV	100 – 300 TPDA	480	290	210	290	150	110
V	Menos de 100 TPDA	290	210	150	210	150	110

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPI), 2003 [3].

De acuerdo al TPDA y la topografía de la carretera, se asume un valor de distancia de visibilidad de adelantamiento/rebasamiento de $D_a = 270\text{m}$.

e. Peralte

Conforme a la normativa del MTOP [3], se asume que para vías de dos carriles con velocidades mayores a 50km/h se debe adoptar un peralte máximo del 10% con capas de rodadura asfáltica, concreto o empedrada; en cambio que, para velocidades de hasta 50km/h para caminos con capa granular de rodadura (Tipo 4, 5 y 6) se toma un peralte del 8%.

Para nuestro proyecto con una vía de Clase III, se asume un valor de peralte máximo de **e = 10%**

f. Radio mínimo de curvatura

El valor del radio de curvatura debe satisfacer parámetros de seguridad y comodidad para los usuarios en función de la velocidad de diseño, peralte y factor de fricción lateral; por lo que, se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V_d^2}{127(e + f)}$$

Tabla 54. Coeficiente de fricción lateral en función de la velocidad de diseño

Velocidad de diseño km/h	“f” máximo
20	0,350
25	0,315
30	0,264
35	0,255
40	0,221
45	0,200
50	0,190
60	0,165
70	0,160
80	0,140
90	0,134
100	0,130
110	0,124
120	0,120

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOP), 2003 [3].

Una vez asumidos los valores, se tiene que:

$$R_{\min} = \frac{(40\text{km/h})^2}{127(0,10 + 0,221)}$$

$$R_{\min} = 39,25\text{m}$$

Tabla 55. Valores de radio mínimo de curvatura para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
I	3000 – 8000 TPDA	430	350	210	350	210	110
II	1000 – 3000 TPDA	350	275	160	275	210	75
III	300 – 1000 TPDA	275	210	110	210	110	42
IV	100 – 300 TPDA	210	110	75	110	30	20
V	Menos de 100 TPDA	110	75	42	75	30	20

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOP), 2003 [3].

Con relación a la tabla representada por su topografía y TPDA, se asume un valor de radio de curvatura mínimo de $R_{\min} = 42\text{m}$.

g. Sobreechanco en curvas

En este caso la normativa MTOP [11] nos recomienda por factor económico se asuma que, para velocidades de hasta 50km/h se haga uso de un sobreechanco igual a 30cm, y para velocidades mayores un sobreechanco de 40cm.

Una vez establecida la velocidad de diseño de 40km/h, se opta por un sobreechanco de $S = 30\text{cm}$.

h. Longitud de transición

Para [3], se hace indispensable el uso de este tipo de curvas que permitan efectuar la transición de pendientes transversales, que vaya entre una sección normal y otra peraltada alrededor del eje de la vía o de uno de sus bordes, que puede ser calculada fácilmente como longitud mínima de transición a través de:

$$L_{\text{mín}} = 0,56V_d$$

$$L_{\text{mín}} = 0,56(40\text{km/h})$$

$$L_{\text{mín}} = 22,4\text{m}$$

Tabla 56. Valores de longitud de transición para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente de borde (%)	Transición mínima absoluta (m)
Bombeo = 2%		
20	0,800	11
25	0,775	14
30	0,750	17
35	0,725	20
40	0,700	22
45	0,675	25
50	0,650	28
60	0,600	34
70	0,550	39
80	0,500	45
90	0,470	50
100	0,430	56
110	0,400	62
120	0,370	67

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPI), 2003 [3].

Se relaciona la longitud mínima de transición absoluta con la velocidad de diseño principalmente asumida, que nos da un valor asumido de:

$$L_{\text{mín}} = 22\text{m}$$

i. Longitud tangencial

Lo que nos manifiesta la normativa del MTOPI [3] con respecto a estas longitudes tangenciales o de aplanamiento es que, se toma como longitud necesaria para principiar a inclinar transversalmente la calzada en la tangente a partir de un punto anterior al comienzo de la transición, esto para conseguir que se pase de una visión

inclinada por bombeo a una visión horizontal en el punto de comienzo de la transición.
Para esto, se calcula un valor de longitud tangencial con la siguiente igualdad:

$$X = \frac{e' * L}{e}$$

Donde:

X, longitud tangencial (m)

e', pendiente lateral de bombeo (%)

e, peralte en la curva circular (%)

L, longitud de transición de peralte (m)

$$X = \frac{2\% * 22,4m}{10\%}$$

$$X = 4,48m$$

Tabla 57. Valores de longitud tangencial para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente de borde (%)	Longitud tangencial (valor mínimo absoluto)			
		e			
		0,10	0,08	0,06	0,04
Bombeo = 2%					
20	0,800		3	4	6
25	0,775		4	5	7
30	0,750		4	6	8
35	0,725		5	7	10
40	0,700		6	7	11
45	0,675		6	8	13
50	0,650		7	9	14
60	0,600	7	8	11	17
70	0,550	8	10	13	20
80	0,500	9	11	15	22
90	0,470	10	13	17	25
100	0,430	11	14	19	28
110	0,400	12	15	21	31
120	0,370	13	17	22	34

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPI), 2003 [3].

Para el caso de la longitud tangencial mínima absoluta, se relaciona el peralte de la curva circular con su velocidad de diseño y su correspondiente bombeo transversal, que anteriormente mencionamos un valor del 10% para peralte máximo y 2% en el caso de bombeo transversal. Se asume un valor muy próximo al correspondiente en el peralte máximo de 8%, por lo que se tiene que:

$$X = 6\text{m}$$

j. Longitud de la espiral

Para la cuestión de longitud de espiral mínima que se puede asumir en el proyecto, se toma que:

$$L_e = 0,072 \frac{V_d^3}{R * C}$$

$$L_e = 0,072 \frac{(40\text{km/h})^3}{42 * 2}$$

Donde:

L_e , longitud mínima de la espiral

R, radio de la curva circular

C, coeficiente de comodidad y seguridad (entre 1 y 3).

$$L_e = 54,86\text{m}$$

A partir de la ecuación detallada se obtiene un valor mínimo de longitud de la espiral, que a su vez, la normativa de la MTOP [11] nos presenta ciertas recomendaciones para longitudes mínimas de espirales en base a su velocidad de diseño siguiendo el parámetro de $L_e = 0,036 \frac{V_d^3}{R}$:

Tabla 58. Valores de longitud mínima de la espiral para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

V_d (km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
R_{min} , m.	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
L_{e min} , m.	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOP), 2003 [3].

$$L_e = 55\text{m}$$

2.5.2.3.2. Diseño vertical

a. Gradiente longitudinal

Estas pendientes longitudinales se ven afectadas por las características topográficas de la vía en estudio, TPDA y su velocidad de diseño; en los que permitan la circulación de vehículos a rangos moderados para permitir la operación de los mismos de manera efectiva, con los valores presentados a continuación:

Tabla 59. Valores de gradiente longitudinal para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Clase de carretera		Valor recomendable			Valor absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R – I ó R – II	> 8000 TPDA	2%	3%	4%	3%	4%	6%
I	3000 – 8000 TPDA	3%	4%	6%	3%	5%	7%
II	1000 – 3000 TPDA	3%	4%	7%	4%	6%	8%
III	300 – 1000 TPDA	4%	6%	7%	6%	7%	9%
IV	100 – 300 TPDA	5%	6%	8%	6%	8%	12%
V	Menos de 100 TPDA	5%	6%	8%	6%	8%	14%

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPE), 2003 [3].

Entonces, se tiene que: **Gradiente longitudinal_{máx} = 9%**, con **Gradiente longitudinal_{mín} = 0,5%**

b. Coeficiente K

El coeficiente “K” en curvas verticales se basa en determinar un parámetro de curvatura, que se toma de acuerdo a una distancia horizontal que se necesita para efectuar un cambio de pendiente del 1% a lo largo de la curva vertical.

Se toma valores de coeficiente de “K”, tanto en curvas verticales cóncavas como en convexas asociadas a valores recomendables y absolutos descritos en la normativa de la MTOPE, como sigue:

Tabla 60. Valores de K en curvas verticales cóncavas para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Velocidad de diseño (kph)	Coeficiente $k_v = S^2 / 122 + 3,5 S$	
	Calculado	Redondeado
20	2,08	2
25	2,98	3
30	3,96	4
35	5,01	5
40	6,11	6
45	8,42	8
50	9,62	10
60	13,35	13
70	18,54	19
80	23,87	24
90	30,66	31
100	37,54	38
110	43,09	43
120	54,26	54

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPE), 2003 [3].

Tabla 61. Valores de K en curvas verticales convexas para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Velocidad de diseño (kph)	Coeficiente $k_v = S^2 / 426$	
	Calculado	Redondeado
20	0,94	1
25	1,47	2
30	2,11	2
35	2,88	3
40	3,76	4
45	5,87	6
50	7,1	7
60	11,5	12
70	19,01	19
80	28,4	28
90	42,78	43
100	60,09	60
110	76,06	80
120	113,62	115

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOPE), 2003 [3].

Los valores de coeficiente “K” tanto en curvas verticales cóncavas como convexas, viene determinado por el valor de velocidad de diseño asumida principalmente de acuerdo a las consideraciones de nuestro proyecto, por lo que tenemos:

$$K_v(\text{cóncava}) = 6$$

$$K_v(\text{convexa}) = 4$$

c. Longitud mínima

De acuerdo con las especificaciones del MTOP [11], se tiene para longitud mínima de curvas verticales la siguiente expresión:

$$L_{\text{mín}} = 0,60V_d$$

$$L_{\text{mín}} = 0,60(40\text{km/h})$$

$$L_{\text{mín}} = 24\text{m}$$

2.5.2.3.3. Diseño transversal

a. Ancho de calzada

El ancho de calzada viene determinado de igual manera por la clase de carretera, correspondiente según su TPDA con valores recomendables y absolutos para su diseño, por lo que se tiene:

Tabla 62. Valores de anchos de calzada para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

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

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTOP), 2003 [3].

De acuerdo con el TPDA calculado y siendo la carretera que clasifica como “Clase III”, se toma un ancho de calzada para nuestro proyecto de:

$$\text{Ancho calzada} = 6,00\text{m}$$

b. Espaldones

Los espaldones resultan ser significativos en el diseño transversal de la carretera, que conlleva un efecto de seguridad y comodidad en los usuarios, al proveer estacionamiento temporal por cualquier incidente o mejorar la distancia de visibilidad en curvas horizontales tomadas como funciones principales.

Tabla 63. Valores de espaldones para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Clase de carretera	Ancho de espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	Llano	Ondulado	Montañoso	Llano	Ondulado	Montañoso
	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)
R – I ó R – II > 8000 TPDA	3,0*	3,0*	2,5*	3,0	3,0*	2,0*
I 3000 a 8000 TPDA	2,5*	2,5*	2,0*	2,5**	2,0**	1,5**
II 1000 a 3000 TPDA	2,5*	2,5*	1,5*	2,5	2,0	1,5
III 300 a 1000 TPDA	2,0**	1,5**	1,0*	1,5	1,0	0,5
IV 100 a 300 TPDA	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V Menos de 100 TPDA	No se considera un espaldón, ya que se incorpora una parte del soporte lateral en el ancho de superficie de rodadura					

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

Se determina a partir del TPDA y su clasificación de carretera, un ancho de espaldones de acuerdo a su topografía y por seguridad:

$$\text{Ancho espaldón} = 0,60\text{m}$$

c. Gradiente transversal para pavimento

En el caso de gradiente transversal para la capa de rodadura se asocian valores de gradiente de acuerdo a la tabla:

Tabla 64. Valores de gradiente transversal en pavimento para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Clase de carretera	Tipo de superficie	Gradiente transversal (porcentajes)
R – I ó R – II > 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5 – 2
I 3000 a 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5 – 2
II 1000 a 3000 TPDA	Grado estructural intermedio	2
III 300 a 1000 TPDA	Bajo grado estructural: Doble Tratamiento Superficial Bituminoso D.T.S.B.	2

IV	100 a 300 TPDA	Grava o D.T.S.B.	2,5 – 4
V	Menos de 100 TPDA	Grava, Empedrado, Tierra	4
* Para caminos vecinales tipo 5 y 5E.			

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

De igual manera, se asume cierto valor de acuerdo a la clasificación de la vía que está en función del TPDA obtenido, y se tiene que:

$$\text{Gradiente pavimento} = 2\%$$

d. Gradiente transversal para espaldones

Se asocia un tipo de gradiente transversal para el diseño geométrico transversal que, resulta ser el valor de gradiente según la siguiente tabla:

Tabla 65. Valores de gradiente transversal en espaldones para Tramo El Deseo – Punta Brava, cantón Pangua, con un tramo desde el Km 20+000 al Km 24+000

Clase de carretera	Tipo de superficie	Gradiente transversal (%)
R – I ó R – II > 8000 TPDA	Carpeta de concreto asfáltico	4,00
I 3000 a 8000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o carpeta	4,00
II 1000 a 3000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o superficie estabilizada	4,00
III 300 a 1000 TPDA	Superficie estabilizada, grava	4,00
IV 100 a 300 TPDA	D.T.S.B. O capa granular	4,00

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

Conocidas las siguientes recomendaciones de gradientes transversales según la clasificación del tipo de vía en relación al TPDA y tratando de seguir una uniformidad con la gradiente del pavimento, se puede asumir que:

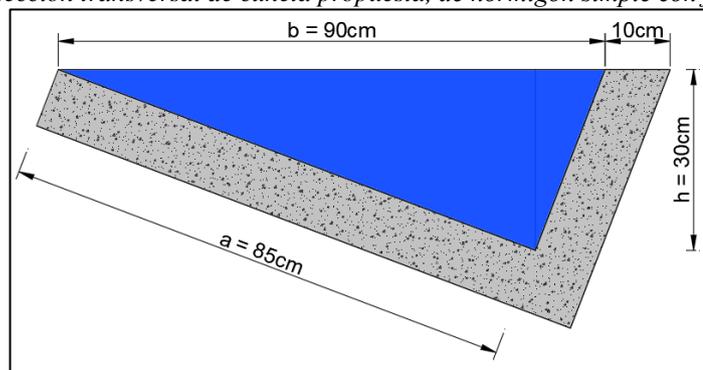
$$\text{Gradiente espaldón} = 2\%$$

2.5.2.4. Estructuras menores y obras complementarias

2.5.2.4.1. Cunetas

El cálculo de las cunetas para el presente proyecto requiere ser verificadas de acuerdo a sus caudales, siendo que se escoge un tipo de sección de cuneta de tipo triangular. Se escoge una sección de cuenta según la MTOP [11], que por facilidad constructiva conjuntamente con la facilidad de estacionamiento temporal de vehículos, conlleva a una mayor comodidad y seguridad para los usuarios.

Gráfico 66. Sección transversal de cuneta propuesta, de hormigón simple con $f'c=180\text{kg/cm}^2$



Fuente: Autor.

Primeramente, se requiere determinar la velocidad de flujo con la ecuación siguiente:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V, velocidad de flujo (m/s)

n, coeficiente de rugosidad de Manning

J, pendiente de cuneta (%)

R, radio hidráulico (m)

Tabla 66. Valores de coeficiente de rugosidad de Manning (n)

Tipo de material	Valores		
	Mínimo	Normal	Máximo
Roca (con saliente y sinuosa)	0,035	0,040	0,050
Tepetate (liso y uniforme)	0,025	0,035	0,040
Tierra	0,017	0,020	0,025
Mampostería seca	0,025	0,030	0,033
Concreto	0,013	0,017	0,020
Polietileno (PVC)	0,007	0,008	0,009

Fuente: Hidráulica de Canales, 2008 [28].

Es de práctica común adoptar un valor de **0,016** para el caso de cunetas revestidas de hormigón, por lo que, se tomará dicho valor para la fórmula de Manning. Además, se considerarán los cálculos a partir de la sección más crítica tomada como sección completamente llena, con el cálculo del radio hidráulico a través de:

$$Rh = \frac{A_m}{P_m}$$

Donde:

Rh, radio hidráulico

A_m , área mojada

P_m , perímetro mojado

Área mojada:

$$A_m = \frac{b * h}{2}$$

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

$$A_m = 0,135m^2$$

Perímetro mojado:

$$P_m = 85 + 33$$

$$P_m = 118cm$$

$$P_m = 1,18m$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

$$R = \frac{0,135m^2}{1,18m}$$

$$R = 0,114m$$

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,016} * 0,114^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 14,69 * J^{\frac{1}{2}}$$

Caudal de diseño:

Si nosotros reemplazamos la fórmula de Manning de la velocidad de flujo en la ecuación de la continuidad, podemos obtener el caudal de diseño que únicamente está en función de su pendiente máxima, así:

$$Q = A * V$$

$$Q = 0,135 * 14,69 * J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 1,983 * J^{\frac{1}{2}}$$

Tabla 67. Caudales y velocidades para varios valores de pendientes

J%	J	Q (m³/seg)	V (m/seg)
0,5	0,005	0,140	1,039
1	0,01	0,198	1,469
1,5	0,015	0,243	1,799
2	0,02	0,280	2,077
2,5	0,025	0,314	2,323
3	0,03	0,343	2,544
3,5	0,035	0,371	2,748
4	0,04	0,397	2,938
4,5	0,045	0,421	3,116
5	0,05	0,443	3,285
5,5	0,055	0,465	3,445
6	0,06	0,486	3,598
6,5	0,065	0,506	3,745
7	0,07	0,525	3,887
7,5	0,075	0,543	4,023
8	0,08	0,561	4,155
8,5	0,085	0,578	4,283
9	0,09	0,595	4,407
9,5	0,095	0,611	4,528
10	0,1	0,627	4,645
10,5	0,105	0,643	4,760
11	0,11	0,658	4,872
11,5	0,115	0,673	4,982
12	0,12	0,687	5,089
12,5	0,125	0,701	5,194
13	0,13	0,715	5,297
13,5	0,135	0,729	5,397
14	0,14	0,742	5,496

Fuente: Autor.

$$Q = 1,983 * \left(\frac{14}{100} \text{ m/m}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0,74 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Se determina un caudal admisible para la pendiente más crítica del proyecto de **14%**, con un caudal máximo de **0,74m³/seg**, que hará comparación con el caudal provisto a ser desalojado y comprobar el requerimiento de diseño para las dimensiones de la cuneta adoptada.

Caudal provisto a ser desalojado:

Para la determinación del caudal que circula por la cuneta provista, se hará uso del método racional con la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q, caudal máximo esperado (m³/seg)

C, coeficiente de escorrentía

I, intensidad de lluvia de diseño (mm/h)

A, área de drenaje (Ha)

Tabla 68. Valores de escorrentía según las características de la carretera

Por la topografía	C _t
Plana con pendiente de 0,2 a 0,6 m/km	0,3
Moderada con pendientes de 3,0 a 4,0 m/km	0,2
Colinas con pendientes de 30 a 50 m/km	0,1
Por el tipo de suelo	C _s
Arcilla compacta impermeable	0,1
Combinación de limo y arcilla	0,2
Suelo limo arenoso no muy compactado	0,4
Por la capa vegetal	C _v
Terrenos cultivados	0,1
Bosques	0,2

Fuente: Diseño geométrico de la carretera García Moreno, 2017 [2].

El coeficiente de escorrentía “C” adopta una serie de valores correspondientes a cada característica que presenta la vía en estudio; basadas en su topografía, tipo de suelo y capa vegetal.

$$C = 1 - \sum C'$$

$$C = 1 - (C_t + C_s + C_v)$$

$$C = 1 - (0,2 + 0,2 + 0,1)$$

$$C = 0,50$$

Determinación de la Intensidad “I”, según datos de INHAMI:

La intensidad de lluvia se calcula a partir de las curvas IDF (intensidad, duración frecuencia) de la región en estudio, para un periodo de retorno determinado y con un tiempo de concentración de la precipitación estimado. En base con [29], se revisan los valores pluviométricos mensuales y anuales de la estación pluviométrica correspondiente a la zona de estudio, determinando los siguientes datos:

Tabla 69. Resumen anual estación pluviométrica. Estación Moraspungo - Cotopaxi (PV 130)

Resumen anual	
Precipitación anual	2915,9 mm
Precipitación máxima en 24 horas	125,7 mm 08/02/2013
Días de lluvia	217 días

Fuente: INHAMI, 2017 [29].

Conforme informa el INHAMI, se toma a consideración el uso de la siguiente fórmula para la intensidad:

$$I = \frac{4,14 * T^{0,18} * P_{m\acute{a}x}}{t^{0,58}}$$

Donde:

T, periodo de retorno en años (T = 10años)

P_{máx}, precipitación máxima (mm)

t, tiempo de la precipitación (t = 24horas)

Y, la determinación del tiempo de duración de la precipitación viene dado por la expresión:

$$t_c = 0,0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Donde:

t_c, tiempo de concentración (minutos)

L, longitud del área de drenaje (metros)

H, desnivel entre el inicio de la cuenca y el punto de descarga (metros)

Para el cálculo del desnivel “H”, se hace relación a la multiplicación de la longitud del tramo con la pendiente máxima del proyecto; teniendo una pendiente del tramo $i = 14\%$ con una longitud máxima de drenaje $L = 166,67\text{m}$, y se reemplaza en la fórmula del tiempo de concentración así:

$$t_c = 0,0195 * \left(\frac{L^3}{L * i} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 0,0195 * \left(\frac{(166,77)^3}{(166,77 * 0,14)} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 2,14\text{min}$$

Finalmente, obtenemos el valor de la intensidad con todos los datos calculados a partir de las fórmulas anteriores con lo siguiente:

$$I = \frac{4,14 * 10^{0,18} * 125,7}{2,14^{0,58}}$$

$$I = 506,64\text{mm/h}$$

Área de drenaje de cuneta por carril:

$$A = (\text{Ancho carril} + \text{cuneta}) * L_{\text{máx drenaje}}$$

$$A = (3,00\text{m} + 1,00\text{m}) * 166,77\text{m}$$

$$A = 667,08\text{m}^2 = 0,067\text{Ha}$$

Una vez determinados los parámetros para determinar el caudal provisto a ser desalojado, reemplazamos los datos en la fórmula con lo que sigue:

$$Q = \frac{0,50 * 506,64 * 0,067}{360}$$

$$Q = 0,047\text{m}^3/\text{seg}$$

$$\therefore Q_{\text{admisible}} > Q_{\text{máximo}}$$

$$\therefore \mathbf{0,74\text{m}^3/\text{seg} > 0,047\text{m}^3/\text{seg} \Rightarrow \text{OK}}$$

Se relaciona el caudal admisible con el caudal máximo a partir de los datos obtenidos, que resultan en un diseño óptimo de la cuneta propuesta; y, cumple con el requerimiento en el que el caudal admisible es mayor en comparación con el máximo esperado.

2.5.2.4.2. Alcantarillas

Se debe considerar el paso eficaz de las aguas que, en el caso específico de la carretera en estudio existen pasos de agua (ojos de agua, ríos) que atraviesan dicha vía. Resulta necesario la conformación de alcantarillas que provean un paso seguro de sus aguas y permitan el tránsito vehicular normal para seguridad de los usuarios, que mantenga un flujo de agua limpio en el que se provea del líquido vital a las familias que integran las zonas de El Deseo – Punta Brava.

Se determina el diseño de las alcantarillas con ciertos parámetros de acuerdo a las especificaciones según el MTOP [11], que son tomadas de acuerdo a los diámetros de tubería, caudales máximos, velocidades de escurrimiento y profundidad a la cual se colocará.

Diámetro mínimo

Acorde con la MTOP [3] se tiene una serie de tipos de alcantarilla, comúnmente la más utilizada en el diseño vial es la de tubo circular de metal corrugado (conocido como ARMICO). De acuerdo con consideraciones de la norma, el diámetro del tubo a escoger será mínimo de 0,60m; pero, para el caso del presente proyecto se propone un diámetro de tubo circular de metal corrugado de **1,20m**, que será estudiado para satisfacer los requerimientos hidráulicos y de diseño.

Velocidad de escurrimiento

En el caso de la velocidad de escurrimiento se adoptan una serie de valores comprendidos entre 6 y 15m/min, como alcantarillado pluvial.

Profundidad de la tubería

Se requiere una profundidad mínima del tubo circular de metal corrugado, que está asociado principalmente a evitar el deterioro de los conductos que pueden presentarse por acción de las cargas vivas o de impacto (cargas repetitivas), por acción del espesor del relleno colocado en la vía. Esta profundidad se fija desde la parte superior del tubo circular de metal corrugado hasta la superficie del suelo, teniendo los siguientes datos:

Tabla 70. Valores de coeficientes de escorrentía según su terreno y topografía

Tipo de terreno y topografía	C
Suelo rocoso y pendientes abruptas	1
Montañas con pendientes medianas	0,80
Montañas con pendientes bajas	0,60
Muy ondulado	0,50
Poco ondulado	0,40
Casi plana	0,30
Plana	0,20

Fuente: Manual de Hidrología, 2012 [30].

Una vez detallados los valores de coeficientes de escorrentía de acuerdo a sus características, se ha tomado para nuestro proyecto un valor de **C = 0,80** para utilizarlo en el método empírico de Talbot.

Tiempo de concentración

$$t_c = \frac{L}{V_e}$$

Donde:

t_c , tiempo de concentración

L, longitud de área drenada

V_e , velocidad de escurrimiento

$$t_c = \frac{166,77\text{m}}{15\text{m/min}}$$

$$t_c = 11,12\text{min}$$

Intensidad de precipitación

$$I = \frac{398}{t_c^{0,49}}$$

$$I = \frac{398}{11,12^{0,49}}$$

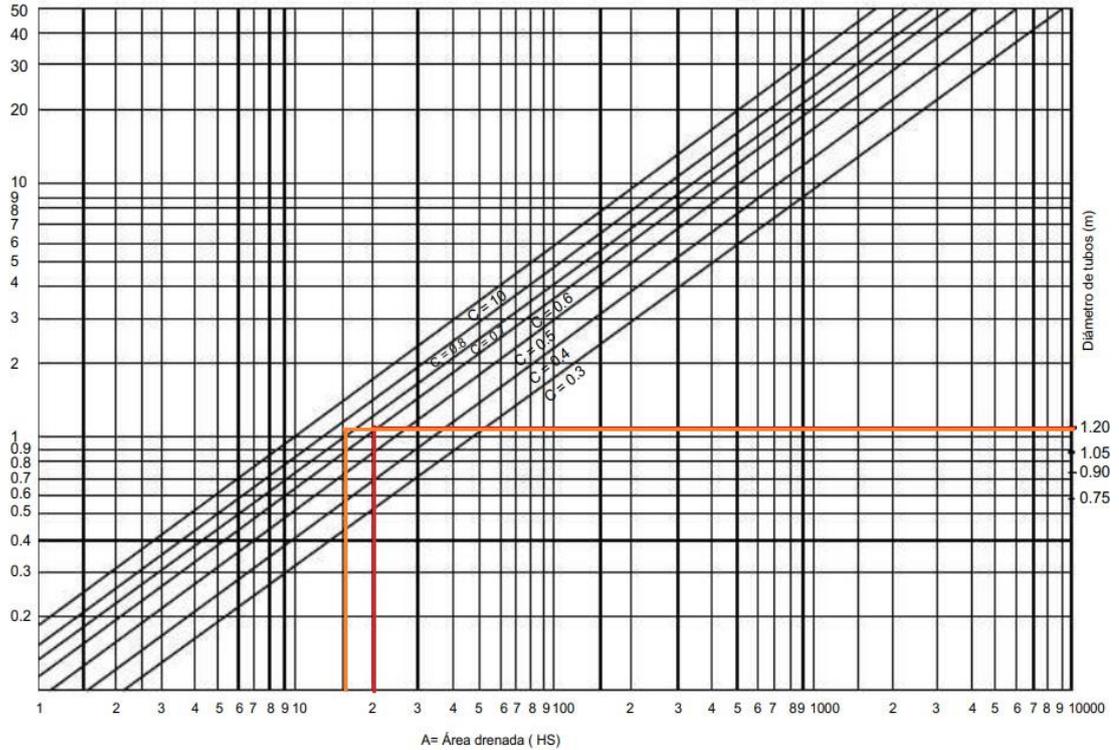
$$I = 122,26\text{mm/hora}$$

Caudal máximo

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

Para determinar el dato del área para el caudal máximo, se hace uso de un nomograma de Talbot que interseca al diámetro de la tubería adoptada y su coeficiente de escorrentía correspondiente.

Gráfico 67. Nomograma de Talbot para determinar el área de microcuenca



Fuente: Manual de Hidrología, 2012 [30].

$$Q = \frac{0,80 * 1,5 * 122,26}{360}$$

$$Q = 0,41\text{m}^3/\text{seg}$$

Área de drenaje

Se hace el uso de la fórmula empírica de Talbot, siendo así:

$$A = 0,183 * Ct * H^{\frac{3}{4}} * \frac{I}{100}$$

Donde:

H, área de microcuenca (Ha)

A, área libre en hectáreas tributarias (Ha)

Ct, coeficiente de escorrentía según Talbot

Tabla 71. Coeficientes de Talbot

Tipo de terreno y topografía	Ct
Suelos rocosos y pendientes abruptas	1
Terreno, quebradas con pendientes moderadas	2/3
Valles irregulares, muy anchos en comparación a su largo	1/2
Terrenos agrícolas ondulados	1/3
Zonas no afectadas por acumulación de nieve o inundaciones fuertes	1/5

Fuente: Manual de Hidrología, 2012 [30].

$$A = 0,183 * \frac{2}{3} * 1,5^{\frac{3}{4}} * \frac{122,26}{100}$$

$$A = 0,21\text{m}^2$$

Diámetro de alcantarilla

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

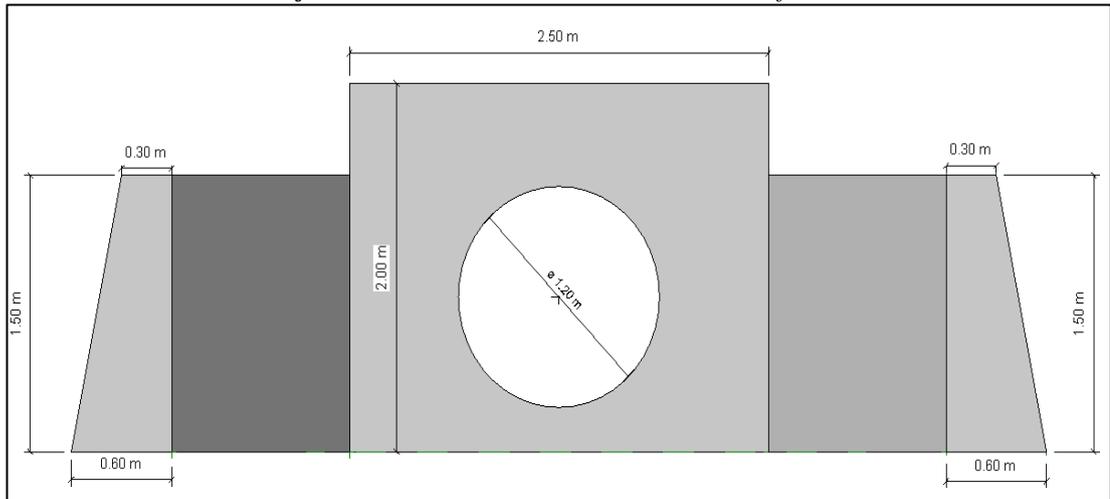
$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,21}{\pi}}$$

$$\mathbf{D = 0,6m \approx 1,20m}$$

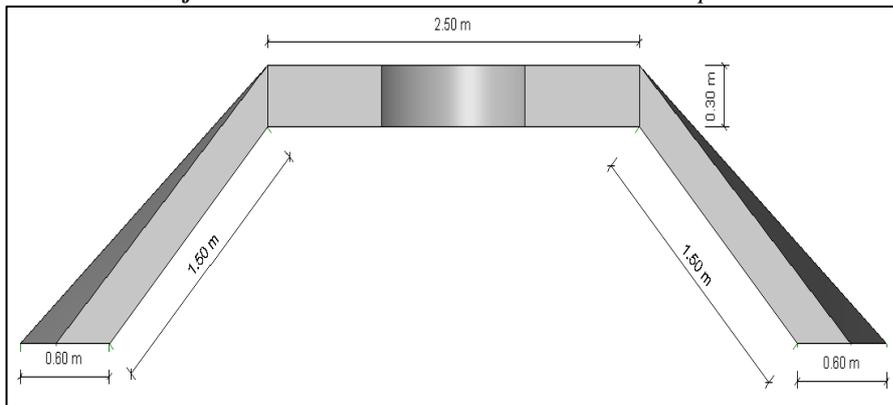
Para el proyecto presente se considera un diámetro de tubo circular de metal corrugado de 1,20 metros; que facilite las actividades de mantenimiento, limpieza de dicha alcantarilla y el paso efectivo de las aguas, que además contarán con la construcción de muros de ala. Como recomendación, se debe considerar una profundidad de tubería de 1,00m para tráfico normal y 1,20m para tráfico pesado, con el fin de proteger la estructura para su correcto funcionamiento.

Gráfico 68. Dimensiones de alcantarilla – Vista frontal



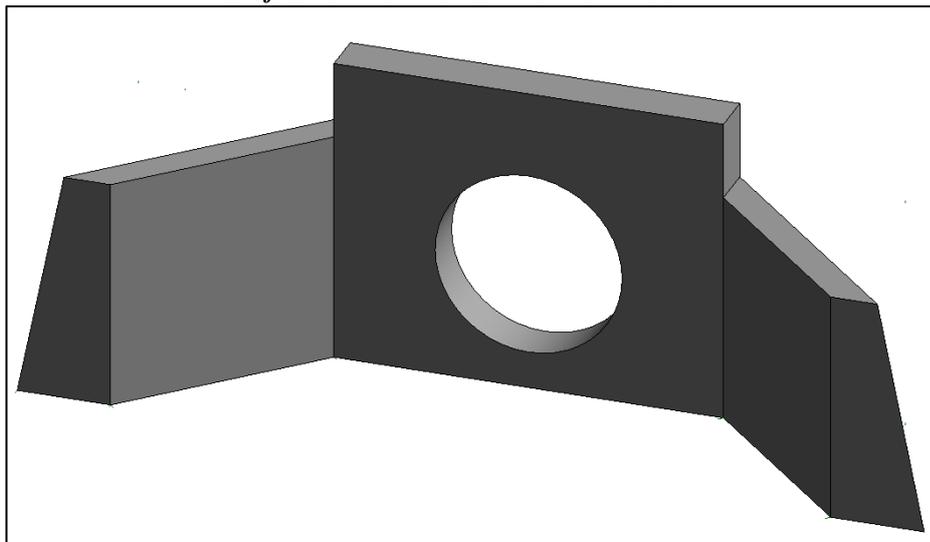
Fuente: Autor.

Gráfico 69. Dimensiones de alcantarilla – Vista en planta



Fuente: Autor.

Gráfico 70. Diseño de alcantarilla – Vista 3D



Fuente: Autor.

2.5.2.5. Estructura de pavimento

2.5.2.5.1. Determinación del número de ejes equivalentes

Debido a que se considera como una vía de pavimento de bajo volumen de tránsito según su clasificación, se calculará con una proyección dentro de un período entre 15 y 25 años que recurre en la consideración de los factores de daño asociados al diseño de la misma.

Tabla 72. Período de diseño según el tipo de carretera

Tipo de camino	Período de análisis
Gran volumen de tránsito urbano	30-50 años
Gran volumen de tránsito rural	20-50 años
Bajo volumen pavimentado	15-25 años

Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

Tabla 73. Factores de daño según el tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de daño
	Tons	$\left(\frac{P}{6,6}\right)^4$	Tons	$\left(\frac{P}{8,2}\right)^4$	Tons	$\left(\frac{P}{15}\right)^4$	Tons	$\left(\frac{P}{23}\right)^4$	
BUS	4	0,14	8	0,91		0		0	1,05
2D	3	0,04		0		0		0	0,18
	4	0,14		0		0		0	
2DA	3	0,04	7	0,53		0		0	0,57
2DB	7	1,27	11	3,24		0		0	4,51
3A	7	1,27		0	20	3,16		0	4,43
V2BD	7	1,27	11	3,24		0		0	4,51
V3A	7	1,27		0	20	3,16		0	4,43

Fuente: Autor.

En los datos determinados para obtener el número de ejes equivalente W_{18} , se obtiene un Tráfico Promedio Diario Anual para el período de diseño de 20 años, con los siguientes resultados:

Tabla 74. Valores de proyección de tráfico para un período de diseño de 20 años

AÑO	ÍNDICE DE CRECIMIENTO (%)			TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)							
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	PESADOS					
						2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A
2021	3,57	1,78	1,74	409	18	18	37	0	10	0	0
2022	3,57	1,78	1,74	424	19	19	38	0	11	0	0
2023	3,57	1,78	1,74	439	19	19	39	0	11	0	0
2024	3,57	1,78	1,74	455	19	19	39	0	11	0	0
2025	3,57	1,78	1,74	471	20	20	40	0	11	0	0
2026	3,25	1,62	1,58	480	20	20	41	0	11	0	0
2027	3,25	1,62	1,58	496	20	20	41	0	11	0	0
2028	3,25	1,62	1,58	512	21	21	42	0	12	0	0
2029	3,25	1,62	1,58	529	21	21	42	0	12	0	0
2030	3,25	1,62	1,58	546	21	21	43	0	12	0	0
2031	3,25	1,62	1,58	564	22	22	44	0	12	0	0
2032	3,25	1,62	1,58	582	22	22	44	0	12	0	0
2033	3,25	1,62	1,58	601	22	22	45	0	13	0	0
2034	3,25	1,62	1,58	620	23	23	46	0	13	0	0
2035	3,25	1,62	1,58	641	23	23	47	0	13	0	0
2036	3,25	1,62	1,58	661	23	23	47	0	13	0	0
2037	3,25	1,62	1,58	683	24	24	48	0	13	0	0
2038	3,25	1,62	1,58	705	24	24	49	0	14	0	0
2039	3,25	1,62	1,58	728	25	24	50	0	14	0	0
2040	3,25	1,62	1,58	751	25	25	50	0	14	0	0
2041	3,25	1,62	1,58	776	25	25	51	0	14	0	0

Fuente: Autor.

Para la determinación del número de ejes equivalente se convierte las cargas transmitidas por las configuraciones de distintos tipos de vehículos pesados a cierta carga equivalente, que contempla ejes equivalentes sencillos de 18000lb (8,2Ton) acumulados durante el período de diseño. Se presenta una tabla que correlaciona el número de ejes equivalentes con el número de carriles por sentido, así:

Tabla 75. Factores de distribución por cada carril

Número de carriles en una dirección	Porcentaje del W₁₈ en el carril de diseño
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4	50 a 75

Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

Cálculo del número total de ejes equivalentes:

$$W_{18} = TPDA * FD * 365$$

Donde:

W₁₈, número de ejes equivalentes acumulados hasta el período de diseño

TPDA, tráfico promedio diario anual para el período de análisis

FD, factor de daño asociado a cada tipo de vehículo

$$W_{18} \text{ acumulado} = TPDA(20\text{años}) * FD * 365$$

W₁₈ acumulado

$$= ((25 * 1,05) + (25 * 0,18) + (51 * 0,57) + (0 * 4,51) + (14 * 4,43) + (0 * 4,51) + (0 * 4,43)) * 365$$

W₁₈ acumulado = 44471,60

$$W_{18} \text{ por sentido (20años)} = W_{18} \text{ por sentido(19años)} + W_{18} \text{ acumulado(20años)}$$

$$W_{18} \text{ por sentido (20años)} = 767770,20 + 44471,60$$

W₁₈ por sentido(20años) = 812241,80

$$W_{18} \text{ carril diseño (20años)} = \frac{W_{18} \text{ por sentido(20años)}}{2}$$

$$W_{18} \text{ carril diseño (20años)} = \frac{812241,80}{2}$$

W₁₈ carril diseño (20años) = 406120,90

Nota: Se realiza el mismo procedimiento de cálculo para el W18acumulado, W18por sentido, W18carril de diseño; para cada uno de los períodos de diseño dentro de los 20 años.

Tabla 76. Cálculo del número de ejes equivalentes a 8,2Tons

AÑO	ÍNDICE DE CRECIMIENTO (%)			TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)								W18 Acumulado	W18 Por Sentido	W18 Carril Diseño	
				LIVIANOS	BUSES	PESADOS					TPDA TOTAL				
	2D	2DA	2DB			3A	V2DB	V3A							
2021	3,57	1,78	1,74	409	18	18	37	0	10	0	0	492	31948,45	31948,45	15974,23
2022	3,57	1,78	1,74	424	19	19	38	0	11	0	0	511	34222,40	66170,85	33085,43
2023	3,57	1,78	1,74	439	19	19	39	0	11	0	0	527	34430,45	100601,30	50300,65
2024	3,57	1,78	1,74	455	19	19	39	0	11	0	0	543	34430,45	135031,75	67515,88
2025	3,57	1,78	1,74	471	20	20	40	0	11	0	0	562	35087,45	170119,20	85059,60
2026	3,25	1,62	1,58	480	20	20	41	0	11	0	0	572	35295,50	205414,70	102707,35
2027	3,25	1,62	1,58	496	20	20	41	0	11	0	0	588	35295,50	240710,20	120355,10
2028	3,25	1,62	1,58	512	21	21	42	0	12	0	0	608	37569,45	278279,65	139139,83
2029	3,25	1,62	1,58	529	21	21	42	0	12	0	0	625	37569,45	315849,10	157924,55
2030	3,25	1,62	1,58	546	21	21	43	0	12	0	0	643	37777,50	353626,60	176813,30
2031	3,25	1,62	1,58	564	22	22	44	0	12	0	0	664	38434,50	392061,10	196030,55
2032	3,25	1,62	1,58	582	22	22	44	0	12	0	0	682	38434,50	430495,60	215247,80
2033	3,25	1,62	1,58	601	22	22	45	0	13	0	0	703	40259,50	470755,10	235377,55
2034	3,25	1,62	1,58	620	23	23	46	0	13	0	0	725	40916,50	511671,60	255835,80
2035	3,25	1,62	1,58	641	23	23	47	0	13	0	0	747	41124,55	552796,15	276398,08
2036	3,25	1,62	1,58	661	23	23	47	0	13	0	0	767	41124,55	593920,70	296960,35
2037	3,25	1,62	1,58	683	24	24	48	0	13	0	0	792	41781,55	635702,25	317851,13
2038	3,25	1,62	1,58	705	24	24	49	0	14	0	0	816	43606,55	679308,80	339654,40
2039	3,25	1,62	1,58	728	25	24	50	0	14	0	0	841	44197,85	723506,65	361753,33
2040	3,25	1,62	1,58	751	25	25	50	0	14	0	0	865	44263,55	767770,20	383885,10
2041	3,25	1,62	1,58	776	25	25	51	0	14	0	0	891	44471,60	812241,80	406120,90

Fuente: Autor.

2.5.2.5.2. Determinación del CBR de diseño

El CBR de diseño se determina a partir de los límites de selección de resistencia, al hacer uso de percentiles de diseño para un número de ejes equivalentes en el carril de diseño. Dado que en nuestro proyecto el número total de ejes equivalentes por carril de diseño es de 44471,60; tendremos lo siguiente:

Tabla 77. Límites para la selección del CBR de diseño

Número de ejes equivalentes en el carril de diseño	Percentil de diseño CBR (%)
<10000	60
10000-1000000	75
>1000000	87,5

Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

Una vez efectuados cada uno de los estudios de laboratorio de Mecánica de Suelos, se toma cada resultado de CBR que actúa en las abscisas de estudio para considerar el CBR de diseño. Se toma al mayor valor de CBR como un 100% respecto a los demás valores, y se realiza el análisis porcentual para los diferentes valores de las demás abscisas, mostrando así:

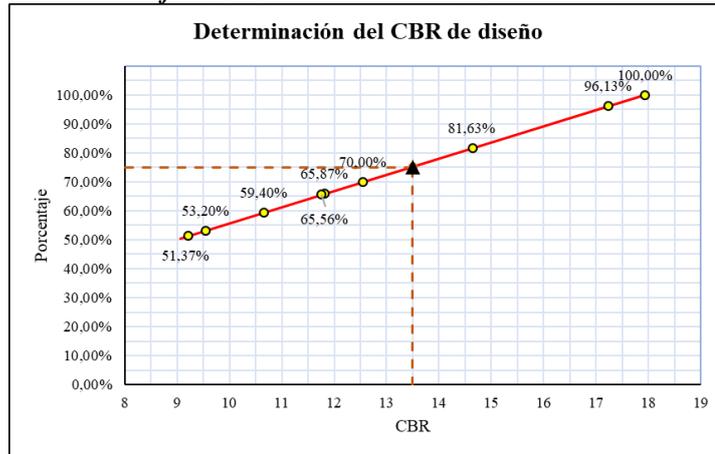
Tabla 78. Valores de CBR por cada muestra (abscisa Km 20+000 al Km 24+000)

Abscisa (Km)	CBR (%)	%
20+000	14,639	81,63
0+500	9,212	51,37
21+000	10,653	59,40
21+500	11,812	65,87
22+000	17,933	100,00
22+500	9,540	53,20
23+000	17,239	96,13
23+500	12,553	70,00
24+000	11,756	65,56

Fuente: Autor.

Con los datos anteriormente mencionados, se construye una gráfica con todas las muestras generadas en cada abscisa para determinar el CBR de diseño a partir del percentil de diseño (75%). Se construye una gráfica de CBR vs. Porcentajes, así:

Gráfico 71. Determinación del CBR de diseño



Fuente: Autor.

Percentil de diseño = 75%; CBR diseño = 13,5%

Acorde con los resultados obtenido a partir de las muestras de CBR, se puede indicar un CBR de diseño del 13,5%; que, conforme a la **Tabla 6**. Valores de CBR con clasificaciones del suelo, encasilla como una subrasante de entre regular a buena (10-20) que no requiere un mejoramiento de la calidad del suelo.

2.5.2.5.3. Diseño del pavimento

a. Confiabilidad “R”

Se puede atribuir como una probabilidad de que, la estructura diseñada se comporte satisfactoriamente bajo condiciones de tránsito y ambientales durante el período de diseño. Se aduce, qué tan probable la estructura pueda mantener un comportamiento real igual o mejor que el que se prevé durante la vida de diseño fijada.

Sus niveles de confiabilidad de acuerdo a la clasificación funcional de una carretera, se presenta así:

Tabla 79. Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95

Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, 2002 [31].

A la vez, se toma en cuenta la conexión entre este valor de confiabilidad “R” con un coeficiente de desviación estándar normal “Zr”, que en conjunto están asociados estadísticamente. Este coeficiente “Zr” determina un factor de confiabilidad en relación con un factor de desviación estándar global “So”.

Tabla 80. Valores de desviación estándar normal y sus niveles de confiabilidad

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

Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

Tomando a consideración que nuestra vía se clasifica como una vía de “Clase III – Colectora”, se toma a consideración según **Tabla 79** y **Tabla 80** los valores de confiabilidad con la desviación estándar, determinados así:

$$R = 85 \quad Zr = -1,037$$

b. Desviación estándar global “So”

La desviación estándar global está asociada directamente como un parámetro con relación a la confiabilidad “R”, que representa las condiciones locales particulares y toma en cuenta las posibles variaciones en el comportamiento de la estructura de un pavimento conjuntamente con la predicción del tránsito. A esto se debe seleccionar un valor de desviación estándar global “So”.

Tabla 81. Desviación estándar global para cada tipo de pavimento

	Rango	Recomendado
Pavimentos flexibles	0,40 < So < 0,50	0,45
Pavimentos rígidos	0,30 < So < 0,40	0,37 ó 0,38

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, 2002 [31].

c. Módulo de resiliencia “Mr”

El presente módulo hace alusión a las propiedades características de la subrasante, que con el valor de CBR de diseño obtenido, se podrá proporcionar las dimensiones de los espesores de las capas del pavimento. La guía AASHTO [23], especifica tres tipos de ecuaciones que correlaciona el CBR de diseño con su módulo de resiliencia, detallados así:

- $Mr(\text{psi}) = 1500 * \text{CBR} \Rightarrow \text{CBR} < 10\%$
- $Mr(\text{psi}) = 3000 * \text{CBR}^{0,65} \Rightarrow \text{CBR de } 7,2\% \text{ a } 20\%$
- $Mr(\text{psi}) = 4326 * \ln\text{CBR} + 241 \Rightarrow \text{suelos granulares}$

Para el caso específico de nuestro proyecto se toma en cuenta los siguientes datos:

$$\begin{aligned} \text{CBR} = 13,5\% \quad \therefore \quad Mr(\text{psi}) &= 3000 * \text{CBR}^{0,65} \\ Mr(\text{psi}) &= 3000 * 13,5^{0,65} \\ \mathbf{Mr(\text{psi})} &= \mathbf{16286,89 \text{ psi} = 16,29\text{ksi}} \end{aligned}$$

d. Índice de serviciabilidad “PSI”

Este índice se define como la condición que presenta un pavimento para proporcionar un manejo seguro y confortable a la clase de tránsito que lo va a utilizar, en un determinado periodo de tiempo.

Se debe considerar un índice de serviciabilidad presente “PSI” tanto al inicio como al final de la vida útil del pavimento, que contempla un valor de 0 (pésimas condiciones) hasta 5 (perfecto). Para la AASHTO en [23], se precisa lo siguiente:

- Serviciabilidad inicial (PSI inicial):

Pavimentos rígidos \Rightarrow 4,5

Pavimentos flexibles \Rightarrow 4,2

- Serviciabilidad final (PSI final):

Caminos principales/muy importantes \Rightarrow 2,5 ó 3,0

Caminos secundarios \Rightarrow 2,0

Con los antecedentes mencionados se considera para nuestro tipo lo siguiente:

$$\text{PSI inicial} = 4,2$$

$$\Delta\text{PSI} = 4,2 - 2,0 = 2,2$$

$$\text{PSI final} = 2,0$$

e. Determinación de espesores por capa

Se requiere determinar las secciones de cada capa de la estructura de pavimento, por lo que se calcula un número estructural de diseño con los parámetros anteriormente descritos, que permitan llegar a determinar las dimensiones por capa y que provean la suficiente capacidad portante, mediante la siguiente ecuación:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 , coeficientes estructurales de la carpeta, base y subbase correspondientemente.

D_1, D_2, D_3 , espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente.

m_2, m_3 , coeficientes de drenaje para base y subbase respectivamente.

. La determinación de los espesores de las capas se asocian directamente con el número de ejes equivalente sencillos acumulados, que de acuerdo con [2], [24], deben irse respetando los valores mínimos:

Tabla 82. Espesores mínimos en pulgadas

No. de ejes equivalentes W_{18}	Concreto asfáltico (D_1)	Capa Base (D_2)
< 50 000	1,0 o TSD	4
50 001 a 150 000	2,0	4
150 001 a 500 000	2,5	4
500 001 a 2 000 000	3,0	6

2 000 001 a 7 000 000	3,5	6
> 7 000 000	4,0	6

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, 2002 [31].

Se asume entonces que: $D_1 = 2,5 \text{ in} = 6,35 \text{ cm}$; $D_2 = 4 \text{ in} = 10,16 \text{ cm}$

- **Coefficientes estructurales (a_1, a_2, a_3)**

Los coeficientes estructurales a_i son representación de la capacidad estructural del material para resistir las cargas que se producen mayoritariamente por la circulación del tránsito vehicular. En el caso del coeficiente a_1 que, corresponde a la carpeta asfáltica se debe considerar una estabilidad Marshall o módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica, por lo que, se recurre a consideraciones del tipo de tráfico asociadas a un módulo elástico:

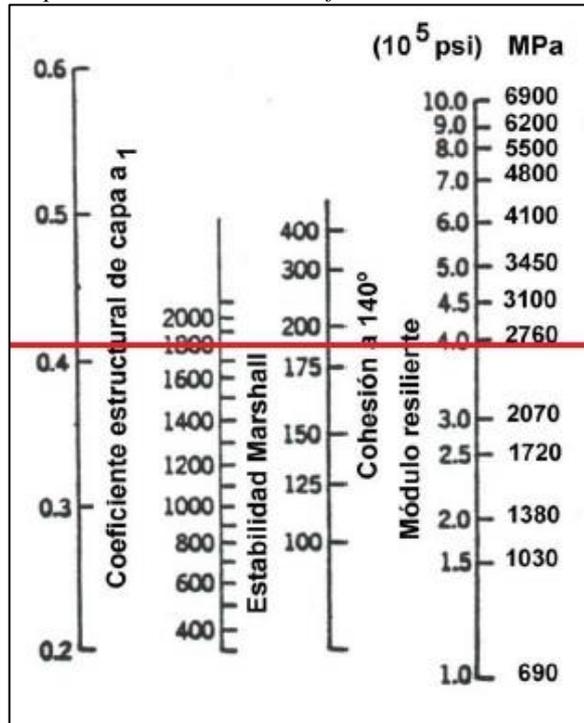
Tabla 83. Calidad para mezclas asfálticas

Tipo de tráfico	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. de golpes/cara	75		75		50		50	
Estabilidad (Ib)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de base	3	9	3	9	3	9	3	9

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, 2002 [32].

Con el criterio de estabilidad adoptado por 1800 libras, se ubica dicho valor en el nomograma trazando una línea horizontal para obtener el valor del coeficiente estructural a_1 correspondiente de la carpeta asfáltica y su módulo de resiliencia, así:

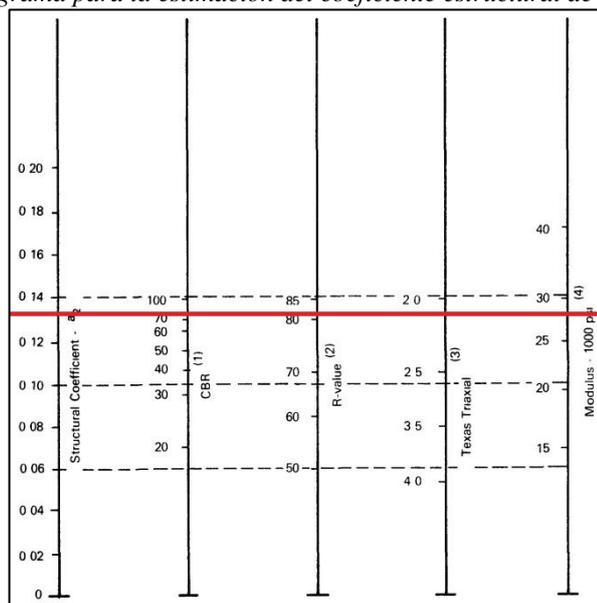
Gráfico 72. Nomograma para la estimación del coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1)



Fuente: Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

Por [32], en el caso del coeficiente a_2 se debe tomar en cuenta un valor de soporte de CBR igual o mayor al 80%, para trazar nuevamente una línea horizontal en el nomograma y fijar su coeficiente estructural con su módulo de resiliencia de la capa de base, así:

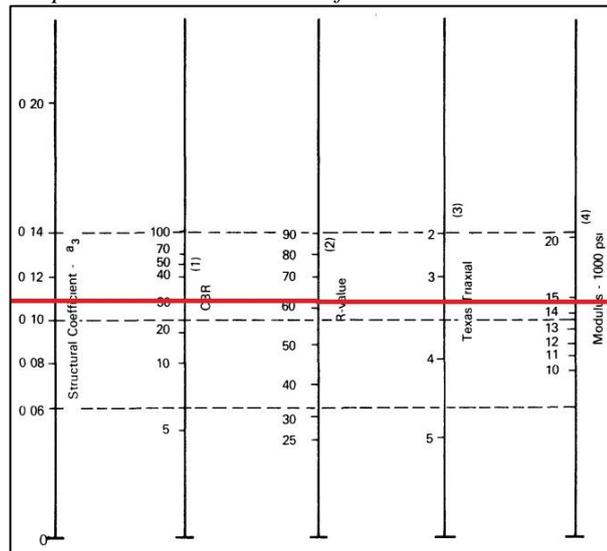
Gráfico 73. Nomograma para la estimación del coeficiente estructural de la capa de base (a2)



Fuente: Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

En el caso del coeficiente a_3 , para [32] se debe tomar en cuenta un valor de soporte de CBR igual o mayor al 30%, para trazar nuevamente una línea horizontal en el nomograma y fijar su coeficiente estructural con su módulo de resiliencia de la capa de sub-base, así:

Gráfico 74. Nomograma para la estimación del coeficiente estructural de la capa de sub-base (a_3)



Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO-93), 2006 [23].

De los tres nomogramas provistos anteriormente, se detallan los siguientes resultados para el presente proyecto:

∴ **Carpeta asfáltica**

Estabilidad Marshall = 1800lb

Módulo de resiliencia $M_r = 390000 = 390,00\text{ksi}$

Coeficiente estructural $a_1 = 0,41$

∴ **Base**

CBR = 80%

Módulo de resiliencia $M_r = 28000 = 28,00\text{ksi}$

Coeficiente estructural $a_2 = 0,133$

∴ **Sub-base**

CBR = 30%

Módulo de resiliencia $M_r = 14800 = 14,80\text{ksi}$

Coeficiente estructural $a_3 = 0,108$

- **Coeficientes de drenaje (m_2, m_3)**

La importancia y calidad del drenaje se determina en términos de tiempo en el que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares (base y sub-base). Se habla de un aumento de capacidad portante de la subrasante con un buen manejo del drenaje, que

conlleva un mejoramiento en la calidad de la carretera y a su vez el uso de capas más delgadas.

Tabla 84. Calidad del drenaje

Calidad del drenaje	Agua eliminada en
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, 2002 [31].

Tabla 85. Valores recomendados de m_i para modificar coeficientes de capas de base y subbase granulares

Calidad del drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura de pavimento a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Buena	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: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, 2002 [31].

Los coeficientes de drenaje correspondiente al presente proyecto se consideran así:

Calidad de drenaje: Regular \Rightarrow %exposición: 5 – 25% $\Rightarrow m_2 = m_3 = 0,90$

f. Diseño de la estructura de pavimento

Una vez considerados todos los parámetros para el diseño de cada una de las capas del pavimento, calculamos el número estructural “SN” que se requiere para ser capaz de soportar el nivel de carga requerido, mediante la ecuación de diseño por el método AASHTO 93 y su respectivo programa:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 * \log_{10}(Mr) - 8,07$$

A partir de esta ecuación determinamos el número estructural para la estructura de pavimento, con los siguientes datos obtenidos con los parámetros previos al diseño:

Datos:
 Tipo de pavimento \Rightarrow Pavimento flexible
 Período de diseño (n) \Rightarrow 20 años
 W18 \Rightarrow 406120,90
 Confiabilidad "R" \Rightarrow 85
 Desviación estándar normal Zr \Rightarrow -1,037
 Desviación estándar global "So" \Rightarrow 0,45
 Serviciabilidad inicial \Rightarrow 4,2
 Serviciabilidad final \Rightarrow 2,0
 Módulo de resiliencia "Mr" \Rightarrow 16286,89psi

Gráfico 75. Cálculo del número estructural "SN", por medio del programa con la ecuación AASHTO 93

Fuente: Autor.

Se habla según [31] que, una vez determinado el número estructural "SN", consiguientemente se puede fijar el conjunto de capas eficazmente combinadas; además de que, se puede correlacionar en una proporción inversa con la capacidad de soporte de la subrasante. Mientras que resulte ser baja la capacidad de soporte de la subrasante, el valor de "SN" tiende a aumentar y viceversa.

Se hace el uso de una tabla con los datos de entrada, datos de salida y la propuesta final para la estructura del pavimento; partiendo de los siguientes parámetros:

Tabla 86. Datos de entrada para el cálculo de la estructura de pavimento, método AASHTO 93

Parámetro	Valor	Descripción
Pavimento	-	Flexible
n	período de diseño	20 años
SN _{requerido}	número estructural	2,11
D ₁	espesor mínimo de capa de rodadura	2,5in = 6,35cm
D ₂	espesor mínimo de capa de base	4in = 10,16cm
W ₁₈	número de ejes equivalentes	406120,90
PSI inicial	índice de serviciabilidad inicial	4,2
PSI final	índice de serviciabilidad final	2,0
R	confiabilidad	85%
Z _r	desviación estándar normal	-1,037
S _o	desviación estándar global	0,45
Mr _{subrasante}	módulo de resiliencia de la subrasante	16,29ksi
Mr _{carpeta}	módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica	390,00ksi
Mr _{base}	módulo de resiliencia de la base	28,00ksi
Mr _{subbase}	módulo de resiliencia de la sub-base	14,80ksi
a ₁	coeficiente estructural de la carpeta asfáltica	0,410
a ₂	coeficiente estructural de la base	0,133
a ₃	coeficiente estructural de la sub-base	0,108
m ₂	coeficiente de drenaje	0,90
m ₃	coeficiente de drenaje	0,90

Fuente: Autor.

Gráfico 76. Propuesta de diseño para la estructura de pavimento, método AASHTO 93

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO	: Ampliación de la vía El Limón - El Deseo - Punta Brava	TRAMO	: El Deseo - Punta Brava
SECCION	: km 20+000 a km 24+000	FECHA	: 1/06/2022
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			390,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			406.121
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			16,29
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0,410
Base granular (a ₂)			0,133
Subbase (a ₃)			0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			0,900
Subbase (m ₃)			0,900
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2,11	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		1,70	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0,48	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		-0,08	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	10,5 cm	5,0 cm	0,81
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	10,2 cm	12,0 cm	0,57
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-2,0 cm	20,0 cm	0,77
ESPESOR TOTAL (cm)		37,0 cm	2,14
DISEÑADO POR	: RENY ALEXANDER ALDÁS HERRERA		<i>fm</i>

Fuente: Autor.

$$\therefore SN_{requerido} < SN_{propuesto}$$

$$2,11 < 2,14 \Rightarrow OK$$

2.5.2.6.Presupuesto

En este punto, una vez determinado todos los parámetros de diseño (diseño geométrico, diseño de estructura del pavimento, diseño de estructuras menores), se establece un presupuesto referencial que sirva de guía para poder ejecutar el presente proyecto asumiendo todas las especificaciones técnicas y constructivas que se requieren en este tipo de obra vial, que pueda satisfacer las necesidades de los habitantes del sector de Moraspungo. Se fija dicho presupuesto a través del cálculo de volúmenes de obra, por cada rubro que debe ejecutarse durante este proyecto conforme lo estipula las “ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES” [32].

2.5.2.6.1. Desbroce, desbosque y limpieza

La consideración de este rubro se la efectúa en el área que se prevé realizar los trabajos de construcción, que puedan causar el mínimo daño posible para sectores aledaños próximos a la construcción de la carretera. Se despeja el terreno de toda clase de vegetación como árboles, arbustos, troncos, matorrales, etc.; además que, se remueve la capa de tierra vegetal hasta la profundidad indicada en los planos.

Los procedimientos de trabajo se los realiza mediante medios manuales o mecánicos (tala, repique u otro), en el que los materiales obtenidos se dispongan en sitios indicados en los planos o escogidos por el contratista debidamente aprobado por el Fiscalizador. La unidad de medición de pago para este rubro es por Hectárea (Ha).

$$\text{Área} = \text{Longitud total} * \text{Ancho faja}$$

$$\text{Área} = 3905\text{m} * 50\text{m}$$

$$\text{Área} = 195250\text{m}^2 = 19,53\text{Ha}$$

2.5.2.6.2. Replanteo y nivelación

Se determina como al proceso de trazado marcado y la delimitación de puntos principales de la vía, que son definidos a partir de los planos y se los traslada a puntos reales sobre el terreno, para definir el trazado de la vía y las estructuras consideradas en el proyecto.

La realización de este rubro se da mediante los procedimientos de replanteo y nivelación con equipos como estación total, GPS de precisión, cintas, entre otros; y, deberán ser marcadas mediante puntos fijos con estacas visibles para la construcción de cada uno de los elementos del proyecto. La unidad de medición de pago para este rubro es por Kilómetro (Km).

$$\text{Longitud total} = 3905\text{m} = 3,91\text{Km}$$

2.5.2.6.3. Excavación sin clasificar, incluye desalojo

Se refiere a las etapas de excavación y desalojo de materiales presentes en el proyecto. Si dicho material resulta ser adecuado, podrá ser reutilizado para la construcción de terraplenes según lo señalado en planos debidamente aprobado por el Fiscalizador.

La unidad de medición de pago para este rubro es por Metro Cúbico (m³).

$$\text{Volumen total de corte} = 61987,62\text{m}^3$$

2.5.2.6.4. Relleno natural compactado con material de sitio

Conlleva la realización de trabajos de excavación, transporte, desecho, colocación, manipuleo, humedecimiento y compactación del material que sea necesario para remover en zonas de corte y colocar hacia zonas de relleno que logren la construcción de la obra básica, estructuras de drenaje, y demás trabajo requerido para la construcción de la carretera.

Se lo realizará mediante lo estipulado en los planos para la excavación y disposición del material. La unidad de medición de pago para este rubro es por Metro Cúbico (m³).

$$\text{Volumen total de relleno} = 24712,21\text{m}^3$$

2.5.2.6.5. Excavación para cunetas y encauzamiento

Consiste en la excavación en la que se dispondrá la construcción de zanjas, con el fin de recolectar y evacuar las aguas superficiales adyacentes a la zona del camino.

La ejecución de cada procedimiento en este rubro se lo toma de acuerdo a los planos en función de su alineamiento, pendiente y sección transversal; que se podrá llevar a cabo mediante método manuales o maquinaria conveniente, sin presentar restos de vegetación. La unidad de medición de pago para este rubro es por Metro Cúbico (m³).

$$\begin{aligned} \text{Área: Base * Altura} \\ \text{Área: } 0,90\text{m} * 0,30\text{m} \\ \text{Área: } 0,135\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen: Área * Longitud} \\ \text{Volumen: } 0,135\text{m}^2 * 3905\text{m} \\ \text{Volumen: } 527,18\text{m}^3 \end{aligned}$$

2.5.2.6.6. Conformación y compactación de la subrasante

En esta etapa se debe verificar la compactación y alineamientos de la construcción de la subrasante, al igual que sus pendientes y superficies conforme a los planos de diseño que satisfagan el acabado de la plataforma del camino a nivel de subrasante.

Se debe constatar el estado terminado de excavación y relleno de dicha plataforma, alcantarillas, obras de arte y otras construcciones ligadas. Para sus procedimientos se requiere el empleo de cargadora de ruedas neumáticas que eviten el daño ya sea de la plataforma, afirmados o capa de rodadura. La unidad de medición de pago para este rubro es por Metro Cuadrado (m²).

$$\text{Área: Ancho calzada * Longitud}$$

$$\text{Área: } 6,00\text{m} * 3905\text{m}$$

$$\text{Área: } 23430\text{m}^2$$

2.5.2.6.7. Sub-base granular Clase 3

Este rubro se define en la construcción de capas de sub-base, que se componen de agregados ya sea obtenidos por un proceso de trituración o por cribado, cumpliendo las especificaciones técnicas para dichos agregados. Esta capa se coloca encima de la plataforma de subrasante previamente preparada y aprobada cumpliendo alineaciones, pendientes y sección transversal según indica los planos.

Para este rubro se prevé un tipo de Sub-base Clase 3 que cumpla un CBR mayor o igual a 30%, que debe cumplir con materiales de agregados naturales y procesados, debidamente graduados de manera uniforme y dentro de los límites de esta Clase 3. Se

deberá contar con planta de trituración o cribado, equipo de transporte, maquinaria, tanqueros y rodillos lisos o vibratorios.

La unidad de medición de pago para este rubro es por Metro Cúbico (m3).

Volumen: (Espesor subbase) * (Longitud) * (Ancho calzada) * (Factor sobreancho)

Volumen: 0,20m * 3905m * 6,00m * 1,10

Volumen: 5154,6m³

2.5.2.6.8. Base granular Clase 4

Este rubro se define en la construcción de capas de base, que se componen de agregados por un proceso de trituración total o parcial o por cribado, estabilizados con agregado fino que procede de la trituración cumpliendo las especificaciones técnicas para dichos agregados. Esta capa se coloca sobre la capa de sub-base previamente preparada y aprobada cumpliendo alineaciones, pendientes y sección transversal según indica los planos.

Para este rubro se prevé un tipo de Base Clase 4 que cumpla un CBR mayor o igual a 80%, que debe cumplir con agregados triturados o por cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, y dentro de los límites de esta Clase 4. Se deberá contar con planta de trituración y cribado, planta de mezclado, equipo de transporte, maquinaria, tanqueros y rodillos lisos o vibratorios.

La unidad de medición de pago para este rubro es por Metro Cúbico (m3).

Volumen: (Espesor subbase) * (Longitud) * (Ancho calzada) * (Factor sobreancho)

Volumen: 0,12m * 3905m * 6,00m * 1,10

Volumen: 3092,76m³

2.5.2.6.9. Asfalto RC-250 para imprimación

Este proceso se constituye con el suministro y distribución de material bituminoso, mediante la aplicación de asfalto diluido de curado medio o asfalto emulsificado, que

se riega sobre la capa de base o subbase con los respectivos anchos, alineamientos y pendientes según lo determinan los planos de diseño.

Debe contarse con la previa limpieza de la superficie antes del riego de imprimación, y se hará uso como mínimo de una barredora mecánica, soplador y distribuidor de asfalto a presión autopropulsado. La unidad de medición de pago para este rubro es por Litros (l).

$$\text{Volumen} = \frac{(\text{Longitud}) * (\text{Factor sobreancho}) * (\text{Ancho calzada})}{1,5}$$

$$\text{Volumen} = \frac{(3905\text{m}) * (1,10) * (6,00\text{m})}{1,5}$$

$$\text{Volumen} = 17182\text{Litros}$$

2.5.2.6.10. Carpeta asfáltica mezclada en planta

Constituye la distribución y suministro de material de hormigón asfáltico, colocado sobre una base debidamente preparada o pavimento existente. Responden a agregados con granulometría especificada, procesados en caliente en una planta central y llevados hacia el proyecto para conformar el tendido.

Se requiere el uso de distribuidor de asfalto autopropulsado, barredora mecánica, esparcidor de agregados, motoniveladoras, mezcladora móvil, rodillos lisos tándem (8 a 10 ton), rodillos neumáticos, equipo de transporte. La unidad de medición de pago para este rubro es por Metros Cuadrados (m²).

$$\text{Área} = (\text{Longitud}) * (\text{Ancho calzada}) * (\text{Factor sobreancho})$$

$$\text{Área} = 3905\text{m} * 6,00\text{m} * 1,10$$

$$\text{Área} = 25773\text{m}^2$$

2.5.2.6.11. Hormigón simple para cunetas de f'c=180kg/cm²

Se establece mediante un hormigón de cemento Portland, que están debidamente dosificados por agregados finos, gruesos, aditivos y agua. Además, que se debe realizar

un terminado liso que disminuya la fricción de la corriente de agua con la superficie de la cuneta que se encuentra en contacto con el líquido.

Los procedimientos de trabajo se los realiza mediante medios manuales o mecánicos que permitan un óptimo trabajo, al igual que la colocación de un encofrado metálico que permita un mayor desempeño de las estructuras menores. La unidad de medición de pago para este rubro es por Metros Cúbicos (m³).

$$\text{Longitud total} = (\text{Longitud vía}) + (\text{Longitud descarga})$$

$$\text{Longitud total} = 3905\text{m} + 200\text{m}$$

$$\text{Longitud total} = 4105\text{m}$$

$$\text{Volumen} = (\text{Longitud total}) * (\text{Área cuneta})$$

$$\text{Volumen} = 4105\text{m} * (0,135\text{m}^2 * 2)$$

$$\text{Volumen} = 1108,35\text{m}^3$$

2.5.2.6.12. Hormigón simple para cabezales de entrada y salida de f'c=210kg/cm²

Se establece mediante un hormigón de cemento Portland, que están debidamente dosificados por agregados finos, gruesos, aditivos y agua. Además, que se debe realizar un terminado liso y curado periódico para aumentar el nivel de desempeño de la estructura menor (alcantarilla), que está en contacto con el agua.

Los procedimientos de trabajo se los realiza mediante medios manuales o mecánicos que permitan un óptimo trabajo, al igual que la colocación de un encofrado metálico que permita un mayor desempeño de las estructuras menores. La unidad de medición de pago para este rubro es por Metros Cúbicos (m³).

$$\text{Vol. Alas} = \left(\frac{\text{Base mayor} + \text{Base menor}}{2} * \text{Altura} \right) * \text{Largo} * \text{N}^\circ \text{ alas}$$

$$\text{Vol. Alas} = \left(\frac{0,60\text{m} + 0,30\text{m}}{2} * 1,50\text{m} \right) * 2,00\text{m} * 2$$

$$\text{Vol. Alas} = 2,7\text{m}^3$$

$$\text{Vol. Pantalla} = (\text{Base} * \text{Altura}) * \text{Largo}$$

$$\text{Vol. Pantalla} = (2,50\text{m} * 2,00\text{m}) * 0,30\text{m}$$

$$\text{Vol. Pantalla} = 1,50\text{m}^3$$

$$\text{Vol. Plataforma} = \left(\frac{\text{Base mayor} + \text{Base menor}}{2} * \text{Altura} \right) * \text{Largo}$$

$$\text{Vol. Plataforma} = \left(\frac{5,82\text{m} + 2,50}{2} * 1,36\text{m} \right) * 0,20\text{m}$$

$$\text{Vol. Plataforma} = 1,13\text{m}^3$$

$$\text{Vol. Total} = [\text{Volumen}(\text{Alas} + \text{Pantalla} + \text{Plataforma} - \text{Tubería})] * \text{N}^\circ \text{ cabezales}$$

$$\text{Vol. Total} = [2,7 + 1,50 + 1,13 - 0,34] * 6$$

$$\text{Vol. Total} = 29,94\text{m}^3$$

2.5.2.6.13. Suministro e instalación de tubería de acero corrugada

Se requiere para el suministro e instalación de alcantarillas de tamaños, tipos, calibre, espesores y dimensiones que indican los planos. Estas tuberías serán provistas en los lugares con el alineamiento y pendiente determinados según el diseño, que de igual manera serán colocadas en zanjas con alineaciones y pendientes indicadas en planos aprobados por Fiscalización.

La unidad de medición de pago para este rubro es por Metros Lineales (ml).

$$\text{Longitud} = (\text{N}^\circ \text{alcantarillas}) * (\text{Longitud tubería})$$

$$\text{Longitud} = 3 * 10\text{m}$$

$$\text{Longitud} = 30\text{ml}$$

2.5.2.6.14. Marcas de pavimento (pintura reflectiva amarilla, franjas de 10cm de ancho incl. microesferas)

Se considera como el trabajo de realización de marcas permanentes sobre el pavimento culminado (sobre nivel de rasante), de acuerdo a lo estipulado en los planos; además que, deberán cumplir con las especificaciones para microesferas de vidrio y franjas de material termoplástico. Las franjas deben fijarse con un ancho mínimo de 10cm, que en algunos casos cuenten con franjas dobles separadas entre sí por un espaciamiento de 14cm.

Se debe proveer la protección de la señalización horizontal ante el daño del tráfico y deben estar lo suficientemente bien adheridas a la superficie de rodadura, tomadas en este caso como pintura reflectiva amarilla que delimitará los carriles por sentido de circulación en una o doble franja. La unidad de medición de pago para este rubro es por Metros Lineales (ml).

$$\text{Longitud} = (\text{Longitud vía}) * 1$$

$$\text{Longitud} = 3905\text{m} * 1$$

$$\text{Longitud} = 3905\text{ml}$$

2.5.2.6.15. Marcas de pavimento (pintura reflectiva blanca, franjas de 10cm de ancho incl. microesferas)

Se atribuye como el trabajo de realización de marcas permanentes sobre el pavimento culminado (sobre nivel de rasante), de acuerdo a lo estipulado en los planos; además que, deberán cumplir con las especificaciones para microesferas de vidrio y franjas de material termoplástico. Las franjas deben fijarse con un ancho mínimo de 10cm.

Se debe proveer la protección de la señalización horizontal ante el daño del tráfico y deben estar lo suficientemente bien adheridas a la superficie de rodadura, tomadas en este caso como pintura reflectiva blanca que delimitará el carril con el sobrecarril por cada sentido de circulación. La unidad de medición de pago para este rubro es por Metros Lineales (ml).

$$\text{Longitud} = (\text{Longitud vía}) * 2$$

$$\text{Longitud} = 3905\text{m} * 2$$

$$\text{Longitud} = 7810\text{ml}$$

2.5.2.6.16. Marcas sobresalidas del pavimento (tachas reflectivas bidireccionales)

Este tipo de marcas deben ser colocadas en la superficie de rodamiento lo suficientemente seca y limpia. Las marcas (tachas) serán calentadas previamente a su colocación, en la que pueda alcanzar una temperatura máxima de 49°C por un periodo

de tiempo no mayor a 10 minutos. La mezcla adhesiva que se la añade a las marcas debe aplicarse previamente en su área, luego se la coloca y presiona en la ubicación considerada hasta que la mezcla adhesiva bordeé dicha marca (entre 20 y 40 gramos de adhesivo).

Deberán estar alineados junto con las marcas permanentes de pavimento, con un desplazamiento no mayor a 1,5cm ordenadas transversal y longitudinalmente a lo largo de la carretera. La unidad de medición de pago para este rubro es por Unidades (u).

$$\text{N}^\circ \text{ tachas} = \frac{\text{Longitud vía}}{\text{espaciamiento}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ tachas} = \frac{3905\text{m}}{10\text{m}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ tachas} = 391$$

2.5.2.6.17. Señal vertical – preventiva (0,75mx0,75m), incluye pintura reflectiva

Las consideraciones de estas señales preventivas conllevan la dirección que deba tomar el conductor en su tránsito por cierta carretera, al seguir una serie de recomendaciones que le ayuden a tener un viaje más cómodo y seguro que pueden resultar como situaciones medianamente peligrosas, buscando generar una mejor experiencia.

La unidad de medición de pago para este rubro es por Unidades (u).

$$\text{Cálculo estudio} = 45 \text{ unidades}$$

2.5.2.6.18. Señal vertical – reglamentaria (0,75mx0,75m), incluye pintura reflectiva

Estas señales reglamentarias se focalizan en la toma de decisiones del conductor que transita por cierta carretera, para que considere situaciones de peligro inminente que pueden obstaculizar su tránsito normal y guía durante su viaje, garantizando condiciones de comodidad y seguridad para todos sus ocupantes. Se dispone como

restricciones, prohibiciones y obligaciones que el usuario debe mantener en la carretera, para mantener una buena comunicación con su entorno.

La unidad de medición de pago para este rubro es por Unidades (u).

Cálculo estudio = 45 unidades

2.5.2.6.19. Suministro e instalación de guardacaminos, incluye gemas reflectivas y terminales

Se basa en la protección y comodidad de viaje para los usuarios, mediante guardacaminos tipo viga metálica que brindan al conductor una sensación más cómoda en sectores que resulten ser potencialmente peligrosos (curvas, quebradas, entre otros).

La unidad de medición de pago para este rubro es por Metros Lineales (ml).

Curva 3 ⇒ 55,748m
Curva 5 ⇒ 58,367m
Curva 10 ⇒ 54,671m
Curva 17 ⇒ 94,467m

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Levantamiento Topográfico

Una vez efectuado el levantamiento topográfico de la vía en estudio se logró fijar la longitud total del proyecto en 3,91 km, además que, se logró conocer las características orográficas del terreno con una topografía entre ondulada y montañosa.

Tabla 87. Coordenadas del levantamiento topográfico del proyecto

Abscisa (Km)	Norte	Este
20+000	9890654,581	700956,941
21+000	9890769,227	700021,936
22+000	9890564,523	699110,899
23+000	9890401,867	698158,972
23+905,22	9890161,442	697360,047

Fuente: Autor.

3.2. Estudio de tráfico

Tabla 88. Volumen de tráfico vehicular en el conteo de los 7 días y su día con mayor demanda

Día	Mes	Año	Volumen (vehículos)								
Sábado	Febrero	2022	410								
Domingo	Febrero	2022	444								
Lunes	Febrero	2022	322								
Martes	Febrero	2022	250								
Miércoles	Febrero	2022	351								
Jueves	Febrero	2022	380								
Viernes	Febrero	2022	379								
Día	Mes	Año	Sentido		Abscisa			Realizado	Día n°		
Domingo	Febrero	2022	Ambos sentidos		20+000			Reny Aldás	2		
Día	Livianos	Buses	Pesados							Total	Acumulado por hora
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
15:45 – 16:00	12	0	0	0	0	1	0	0	1	13	46
16:00 – 16:15	9	2	0	3	0	0	0	0	3	14	50
16:15 – 16:30	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	46
16:30 – 16:45	16	0	2	1	0	0	0	0	3	19	54
%	83,33%	3,70%	12,96%								100%

Fuente: Autor.

De acuerdo al estudio de tráfico efectuado en el que se hace partícipe a un parque automotor de motos, buses y pesados, se contempla que el día de mayor tráfico vehicular se concentra en el día domingo 21 de noviembre del 2022, al acumular un total de 444 vehículos en el día. Así mismo, le corresponde una hora pico entre las 15:45 a 16:45, valor acumulado en un total de 54 vehículos correspondientes al 100%, que logra distribuirse en 16 livianos en un 83,33%, buses en un 3,70% y pesados en un 12,96%. A partir de esto, se determina un TPDA para un período de diseño de 20 años de 891veh/día en un tipo de carretera de “Clase III – Colectora”, y total de número de ejes equivalentes por carril de diseño igual a 406120,90.

3.3. Ensayos de suelos

3.2.1. Contenido de humedad natural

Tabla 89. Datos de contenido de humedad natural del proyecto por cada abscisa

Abscisa	Contenido de humedad (%)
Km 20+000	67,08
Km 20+500	66,77
Km 21+000	66,50
Km 21+500	65,51
Km 22+000	64,31
Km 22+500	67,03
Km 23+000	69,83
Km 23+500	66,04
Km 24+000	57,43

Fuente: Autor.

De la Tabla 89 se recopila los contenidos de humedad para cada muestra de suelo, en la abscisa correspondiente a lo largo de los cuatro kilómetros. El valor de 69,83% es valorado como el mayor contenido de humedad natural en la abscisa 3+000, mientras que, el valor de 57,43% se considera como el menor contenido de humedad natural en la abscisa 4+000. Se pueden relacionar directamente a un tipo de suelo arcilloso y limoso, capaces de absorber gran cantidad de agua en su estructura, catalogadas de acuerdo a su disposición y forma como estructura laminar y masiva que retienen el líquido por un tiempo más prolongado.

3.2.2. Granulometría

Tabla 90. Datos de granulometría del proyecto por cada abscisa

Abscisa	Retiene tamiz 200 (%)	Pasa tamiz 200 (%)	Tipo de suelo		Nomenclatura
			SUCS	AASHTO	
Km 20+000	37,15	62,85	MH	A-7-5	Limos inorgánicos
Km 20+500	29,82	70,18	MH	A-7-5	Limos inorgánicos
Km 21+000	32,15	67,85	MH	A-5	Limos inorgánicos
Km 21+500	32,44	67,56	MH	A-7-5	Limos inorgánicos
Km 22+000	32,06	67,94	MH	A-7-5	Limos inorgánicos
Km 22+500	35,85	64,15	MH	A-7-5	Limos inorgánicos
Km 23+000	32,14	67,86	MH	A-7-5	Limos inorgánicos
Km 23+500	29,07	70,93	MH	A-7-5	Limos inorgánicos
Km 24+000	28,35	71,65	MH	A-7-5	Limos inorgánicos

Fuente: Autor.

Tabla 91. Características de los suelos, según AASHTO

Grupo Suelo	Permeabilidad	Elasticidad	Cambio de volumen	Capilaridad	Base de pavimentos	Sub bases	Terraplenes	Valoración escala
A-1	--	---	--	-	++	++	++	+++ Sobresaliente
A-2	-	++	+	m	-	m	+	++ Muy alto
A-3	+	-	--	-	+	+	+	+ Alto
A-4	-	+	+-	+++	-	-	+-	m Moderado
A-5	-	m	++	+++	---	-	--	- Deficiente
A-6	---	-	++	++	--	--	-	-- Bajo
A-7	--	m	++	++	--	--	--	--- Muy bajo

Fuente: Mecánica de los suelos, 2002 [33].

Tabla 92. Características de los suelos, según SUCS

Grupo	Valoración atributos				Aptitudes según usos
	GW	+++	++	+++	+++
GP	++	+++	++	+++	Mantos de presas y erosión de canales
GM	++	-	++	+++	Cimentaciones con flujo de agua
GC	++	--	+	++	Núcleos de presas, revestimientos de canales
SW	+++	++	+++	+++	Terraplenes y cimentación con poco flujo
SP	M	++	++	++	Diques y terraplenes de suave talud
SM	M	-	++	+	Cimentación con flujo, presas homogéneas
SC	++	--	+	+	Revestimiento de canales, capas de pavimento
ML	M	-	M	M	Inaceptable en pavimentos, licuable
CL	+	--	M	M	Revestimiento de canales, pero es erodable
OL	M	-	--	M	No recomendable, máximo si hay agua
MH	--	-	-	---	Inaceptable en cimentaciones o bases (hinchable)

CH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentación (hinchable)	
OH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentaciones o terraplenes	
Características fundamentales	Facilidad de tratamiento en	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Sobresaliente	+++
					Muy alto	++
					Alto	+
					Moderado	M
					Deficiente	-
					Bajo	--
					Muy bajo	---

Fuente: Mecánica de los suelos, 2002 [33].

De la Tabla 90 se recoge los valores de granulometría para cada muestra de suelo, en la abscisa correspondiente a lo largo de los cuatro kilómetros. El porcentaje en peso que pasa en el tamiz 200 es de 71,65%, con un porcentaje en peso retenido de 28,35% para la abscisa 4+000. En el caso de la abscisa 0+000 se toma un porcentaje en peso que pasa el tamiz 200 de 62,85%, mientras que, un 37,15% corresponden al retenido en el tamiz 200. Ambos datos de las dos abscisas tomadas como el mayor y menor porcentaje de granulometría, se atribuyen a suelos de partículas finas con materiales limo arcillosos con más del 50% y 35% que pasa el tamiz N° 200, correspondientes a la clasificación SUCS y AASHTO respectivamente. De esta manera de acuerdo con la Tabla 91, pueden responder a ciertos criterios ingenieriles con una valoración cualitativa según la AASHTO, identificando dos tipos de suelos como A-5 y A-7-5, que corresponden a suelos limosos y arcillosos respectivamente; definidos como bajos en permeabilidad, moderada elasticidad, muy alto cambio de volumen, muy alta capilaridad, bajo en base de pavimentos, bajo en sub-bases. A su vez para la Tabla 92 según el SUCS, se puede identificar un solo tipo de suelo como MH que, corresponden a suelos limosos inorgánicos de alta plasticidad; definidos como inaceptables en cimentaciones o bases, compresibilidad muy baja, resistencia al corte deficiente, permeabilidad deficiente, facilidad de tratamiento en obra bajo.

3.2.3. Límite líquido

Tabla 93. Valores característicos de un suelo plástico

Parámetro	Tipo de suelo	
	Limo	Arcilla
Límite líquido	30-40	40-150
Límite plástico	20-25	25-50
Límite de retracción	14-25	8-35
Índice de plasticidad	10-15	10-100

Fuente: Mecánica de suelos, 2018 [14].

Tabla 94. Datos de límite líquido del proyecto por cada abscisa

Abscisa	Límite líquido (%)
Km 20+000	58,32
Km 20+500	55,41
Km 21+000	52,00
Km 21+500	59,37
Km 22+000	69,71
Km 22+500	63,12
Km 23+000	58,63
Km 23+500	56,51
Km 24+000	54,43

Fuente: Autor.

Se determina los valores de límite líquido de acuerdo a la Tabla 94, que corresponden a las muestras tomadas a lo largo de los cuatro kilómetros por cada abscisa. Se toma como mayor valor de límite líquido a 69,71% que corresponde a la abscisa 2+000, mientras que, el menor valor se atribuye a un 52,00% para la abscisa 1+000. Con la Tabla 93 se puede comprobar la existencia de un suelo plástico que posee un rango de límite líquido entre 30 y 150, tanto para limos como para arcillas, que están presentes a lo largo del proyecto.

3.2.4. Límite plástico

Tabla 95. Datos de límite plástico del proyecto por cada abscisa

Abscisa	Límite plástico (%)
Km 20+000	45,97
Km 20+500	43,99
Km 21+000	41,88
Km 21+500	46,03
Km 22+000	52,01
Km 22+500	48,58
Km 23+000	43,91
Km 23+500	44,71
Km 24+000	44,09

Fuente: Autor.

Se determina los valores de límite plástico de acuerdo a la Tabla 95, que corresponden a las muestras tomadas a lo largo de los cuatro kilómetros por cada abscisa. Se toma como mayor valor de límite plástico a 52,01% que corresponde a la abscisa 2+000, mientras que, el menor valor se lleva un 41,88% para la abscisa 1+000. Con la Tabla 93 se puede comprobar la existencia de un suelo plástico que posee un rango de límite

plástico entre 20 y 50, tanto para limos como para arcillas, que están presentes a lo largo del proyecto.

3.2.5. Índice de plasticidad

Tabla 96. Datos de índice plástico del proyecto por cada abscisa

Abscisa	Índice de plasticidad (%)
Km 20+000	12,35
Km 20+500	11,42
Km 21+000	10,12
Km 21+500	13,34
Km 22+000	17,70
Km 22+500	14,54
Km 23+000	14,72
Km 23+500	11,80
Km 24+000	10,34

Fuente: Autor.

Se determina los valores de índice de plasticidad de acuerdo a la Tabla 96, que corresponden a las muestras tomadas a lo largo de los cuatro kilómetros por cada abscisa. Se toma como mayor valor de índice de plasticidad a 17,70% que corresponde a la abscisa 2+000, mientras que, el menor valor se lleva un 10,12% para la abscisa 1+000. Con la Tabla 93 se puede comprobar la existencia de un suelo plástico que posee un rango de índice de plasticidad entre 10 y 100, tanto para limos como para arcillas, que están presentes a lo largo del proyecto.

3.2.6. Índice de grupo

Tabla 97. Relación entre índice de grupo y calidad del suelo para terreno de fundación

Índice de grupo	Calidad del suelo
0	Excelente
0-4	Excelente a Muy bueno
4-8	Muy bueno a Bueno
8-12	Bueno a Regular
12-16	Regular a Malo
16-20	Malo a inaceptable

Fuente: Mecánica de Suelos I, Ing. Mg. Lorena Pérez.

Tabla 98. Datos de índice de grupo del proyecto por cada abscisa

Abscisa	Índice de grupo (%)
Km 20+000	9,06
Km 20+500	10,32
Km 21+000	8,59
Km 21+500	10,99
Km 22+000	12,96
Km 22+500	10,56
Km 23+000	11,52
Km 23+500	10,87
Km 24+000	10,11

Fuente: Autor.

De acuerdo a la Tabla 98 se fijan los valores de índice de grupo que, nos dan una pauta de la calidad del suelo que estamos analizando a lo largo de los cuatro kilómetros por cada abscisa. Se establece un valor mayor de 12,96% para la abscisa 2+000, en tanto que, para la abscisa 1+000 se tiene el menor valor con 8,59%. Con las características de índice de grupo y calidad del suelo referenciadas en la Tabla 97, se puede corroborar la presencia de suelos con calidad entre bueno, regular y malo a lo largo del proyecto.

3.2.7. Proctor modificado

Tabla 99. Valores de Proctor modificado del proyecto por cada abscisa

Abscisa	Contenido de humedad óptimo (%)	Densidad seca máxima
Km 20+000	27,11	1,432
Km 20+500	28,64	1,219
Km 21+000	28,79	1,361
Km 21+500	33,12	1,385
Km 22+000	39,22	1,265
Km 22+500	39,05	0,978
Km 23+000	36,24	1,270
Km 23+500	34,49	1,220
Km 24+000	31,68	1,320

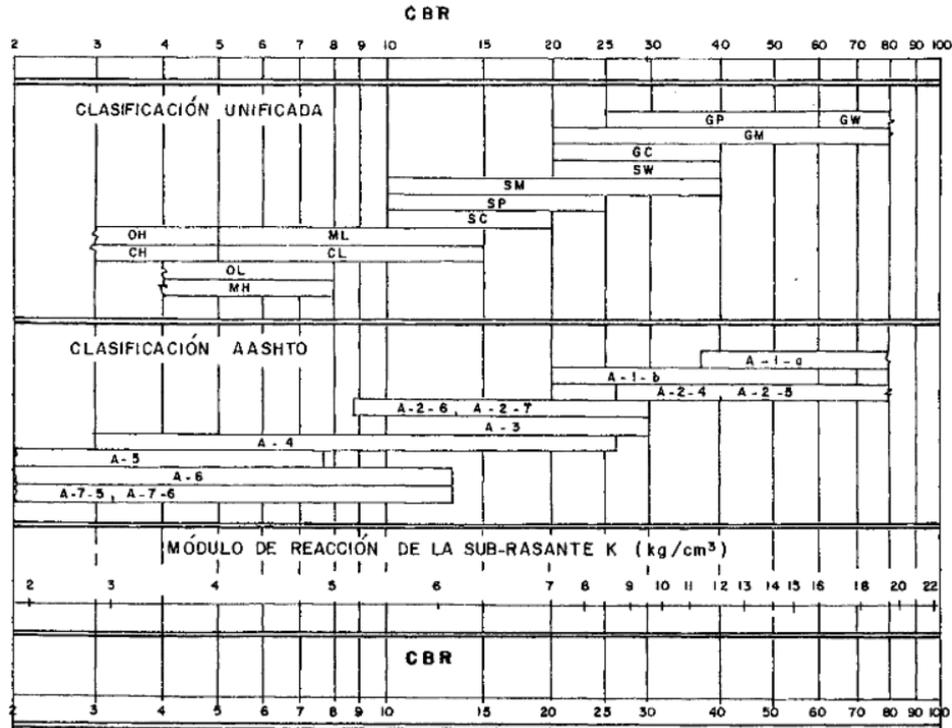
Fuente: Autor.

En correspondencia con la Tabla 99, mediante el análisis de los parámetros fijados para poder determinar el contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima del suelo, que son tomados a lo largo del proyecto por cada abscisa. Así pues, se puede emparejar como valor máximo de contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima para la abscisa 2+000, con 39,22% y 1,265 respectivamente; en tanto que,

como valor mínimo de contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima para la abscisa 0+000, con 27,11% y 1,432 respectivamente.

3.2.8. CBR

Gráfico 77. Relación entre la clasificación de suelo y valores de CBR



Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, 2002 [31].

Tabla 100. Datos de CBR del proyecto por cada abscisa

Abscisa	CBR (%)
Km 20+000	14,64
Km 20+500	9,21
Km 21+000	10,65
Km 21+500	11,81
Km 22+000	17,93
Km 22+500	9,54
Km 23+000	17,24
Km 23+500	12,55
Km 24+000	11,76

Fuente: Autor.

Se consideran los diferentes valores porcentuales de CBR siguiendo la Tabla 100, que corresponden a cada muestra tomada a lo largo del proyecto por cada abscisa. Se toma como el más alto porcentaje de CBR para la abscisa 3+000 con 17,24%, mientras que, como menor valor porcentual se tiene para la abscisa 0+500 con 9,21%. Si nosotros reflejamos los valores obtenidos de CBR con el Gráfico 77, se puede asumir valores

de CBR en un rango de entre 2% y 15% aproximadamente, que cumplen con los ya obtenidos a lo largo del proyecto en suelos MH, A-5 y A-7 con un tipo de subrasante de regular a buena.

3.2.9. Esponjamiento

Tabla 101. Datos de esponjamiento de las muestras de suelo del proyecto por cada abscisa

Abscisa	Esponjamiento (%)
Km 20+000	0,67
Km 20+500	0,25
Km 21+000	0,81
Km 21+500	0,57
Km 22+000	1,69
Km 22+500	1,75
Km 23+000	0,57
Km 23+500	0,80
Km 24+000	0,27

Fuente: Autor.

Se toma a consideración los distintos valores porcentuales de esponjamiento de cada muestra de suelo sumergida a través de mediciones con el dial, para cada abscisa a lo largo del proyecto y tomados como los valores más críticos de expansión del suelo por cada muestra (11, 27 y 56 golpes). En el caso de la abscisa 2+500 se tiene el mayor porcentaje de esponjamiento con un 1,75%, mientras que, para el caso de la abscisa 0+500 se encuentra el menor porcentaje con un 0,25%. Estos porcentajes nos indican que, tienen un potencial de expansión bajo entre el 0% y 2% aproximadamente en la escala de Seed, con los parámetros asociados a los límites de consistencia ejecutados anteriormente.

3.4. Diseño geométrico

Tabla 102. Resumen de diseño geométrico horizontal, vertical y transversal para carreteras de dos carriles y caminos vecinales

NORMAS	CLASE I 3000 – 8000 TPDA						CLASE II 1000 – 3000 TPDA						CLASE III 300 – 1000 TPDA						CLASE IV 100 – 300 TPDA						CLASE V MENOS DE 100 TPDA					
	R			A			R			A			R			A			R			A								
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
V. diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25	60	50	40	50	35	25
R. mín de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	75	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20
D. de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	55	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
D. de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110
Peralte	MÁXIMO = 10%															10% (Para V>50K.P.H) 8% (Para V<50K.P.H.)														
Coefficiente “K” para:																														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	7	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3

Gradiente longitudinal máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal mínima (%)	0,5%																													
Ancho de pavimento (m)	7,3		7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00			4,00									
Clase de pavimento	Carpeta asfáltica y hormigón						Carpeta asfáltica						Carpeta asfáltica o D. T. S. B						D. T. S. B, capa granular o empedrado						Capa granular o empedrado					
Ancho de espaldones estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						--					
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0					
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 – 4,0						2,0 – 4,0						2,0 – 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---					
Curvas de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																													
LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M= TERRENO MONTAÑOSO R = RECOMENDABLE A = ABSOLUTA																														

Fuente: Normas de Diseño geométrico de carreteras (MTO), 2003 [3].

Una vez determinada la topografía del terreno en el sector del proyecto como de tipo “Montañoso”, se toma a consideración todas las recomendaciones mínimas de la Tabla 102, a lo largo de los cuatro kilómetros para los sectores de El Deseo – Punta Brava, directamente relacionado con el TPDA de nuestra vía como de Clase “III”. En el caso del diseño geométrico horizontal, se asume un valor de velocidad de diseño igual a 40km/h, radio mínimo de curvas horizontales de 42m, distancia de visibilidad para parada de 40m, distancia de visibilidad para rebasamiento de 270m, y un peralte máximo del 10%. Para el diseño geométrico vertical, un coeficiente “K” en curvas verticales convexas de 4m, un coeficiente “K” en curvas verticales cóncavas de 6m, gradiente longitudinal máxima de 9%, gradiente longitudinal mínima de 0,5%. En cuestión del diseño geométrico transversal se tiene un ancho de pavimento de 6m, clase de pavimento del proyecto tomado y diseñado como carpeta asfáltica, ancho de espaldones estables de 0,5m (por razones de seguridad y comodidad se considera un valor de 0,6m), gradiente transversal para pavimento del 2,0%, y gradiente transversal para espaldones del 2,0%.

3.5. Estructuras menores y obras complementarias

Tabla 103. Dimensiones de obras complementarias presentes en el proyecto

Dimensiones cuneta (m)				
Base		Altura		Espesor
1,00		0,30		0,10
Dimensiones alcantarilla (m)				
Alas	B. mayor	B. menor	Altura	Longitud
	0,60	0,30	1,50	2,00
Pantalla	Base	Altura	Espesor	D. tubería
	2,50	2,00	0,30	1,20
Plataforma	B. mayor	B. menor	Altura	Espesor
	5,82	2,50	1,36	0,20

Fuente: Autor.

En el caso de estructuras menores y obras complementarias se presenta a la sección triangular de la cuneta y las alcantarillas presentes a lo largo del proyecto. Se tomó un coeficiente de escorrentía de 0,50 y un caudal presente de 0,074m³/seg, que cumplen el requerimiento de diseño para la sección de cuneta provista con base de 1,00m, altura de 0,30m y espesor de 0,10m. En el caso de las alcantarillas se verificó el cumplimiento del diseño para un coeficiente de escorrentía de 0,60 con un caudal presente en

0,34m³/seg, de diámetro de tubería igual a 1,20m por condiciones mínimas del proyecto y mantenimiento de dicha obra complementaria.

3.6. Estructura de pavimento

Tabla 104. Estructura de pavimento del proyecto

Tipo de pavimento	Flexible
Espesor carpeta asfáltica (cm)	5,0
Espesor sub-base granular (cm)	12,0
Espesor base granular (cm)	20,0
Espesor total (cm)	37,0

Fuente: Autor.

Se puede verificar que, al espesor total de la estructura de pavimento, le corresponde 37cm; constituidos en 5cm de carpeta asfáltica, 12cm de capa de base y 20cm de capa de sub-base, que satisfacen el requisito en el que el número estructural requerido de 2,11 es menor al número estructural propuesto dado por 2,14.

3.7. Presupuesto referencial

Tabla 105. Presupuesto referencial del proyecto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."					
REALIZADO: EGDO. RENY ALEXANDER ALDÁS HERRERA					
TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
No.	Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
OBRAS PRELIMINARES					
1	Charlas de concientización para la comunidad	u	1,000	52,550	52,550
2	Desbroce, desbrosque y limpieza	Ha	19,530	475,910	9294,522
3	Replanteo y nivelación (Equipo topográfico)	Km	3,910	549,530	2148,662
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
4	Excavación sin clasificar incluye desalojo	m ³	61987,620	3,780	234313,20
5	Relleno natural compactado con material de sitio	m ³	24712,210	4,510	111452,067
6	Excavación para cunetas y encauzamiento	m ³	527,180	20,820	10975,888
DRENAJE					
7	Suministro e instalación de tubería de acero corrugada D=1,20m E=1,5mm	ml	30,000	246,580	7397,400
8	Hormigón simple para cunetas de f'c=180kg/cm ² , incluye encofrado	m ³	1108,350	145,240	160976,754
9	Hormigón simple para cabezales de entrada y salida de f'c=210kg/cm ² , incluye encofrado	m ³	29,940	163,180	4885,609
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO					
10	Conformación y compactación de la subrasante	m ²	23430,000	3,700	86691,000
11	Sub-base granular Clase 3 (e=20cm)	m ³	5151,600	14,100	72637,560
12	Base granular Clase 4 (e=12cm)	m ³	3092,760	8,030	24834,863

13	Asfalto RC-250 para imprimación	lts.	17182,000	0,680	11683,760
14	Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta (e=5cm)	m ²	25773,000	6,970	179637,810
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL					
15	Marcas de pavimento (pintura reflectiva amarilla, franjas de 10cm de ancho incl. microesferas)	ml	3905,000	0,850	3319,250
16	Marcas de pavimento (pintura reflectiva blanca, franjas de 10cm de ancho incl. microesferas)	ml	7810,000	0,850	6638,500
17	Marcas sobresalidas del pavimento (tachas reflectivas bidireccionales)	u	391,000	4,280	1673,480
18	Señal vertical preventiva (0,75mx0,75m), incluye pintura reflectiva	u	45,000	187,570	8440,650
19	Señal vertical reglamentaria (0,75mx0,75m), incluye pintura reflectiva	u	45,000	181,270	8157,150
20	Suministro e instalación de guardacaminos, incluye gemas reflectivas y terminales	ml	263,253	210,110	55312,088
SUBTOTAL					1000522,767
IVA 12%					120062,732
TOTAL					1120585,499

Fuente: Autor.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se determinó mediante el levantamiento topográfico una longitud total de 3+905,22 km, mediante el uso de equipo de precisión (estación total) con abscisas cada 20 metros y faja topográfica de 50 metros; además de presentar un ancho de la vía en estado actual de un promedio de 4,50 metros sin la presencia de cunetas de drenaje en un tipo de terreno con condiciones orográficas entre ondulado y montañoso, pero sin que exista mayor problema para la construcción de dicha carretera.
- Se concluyó que una vez efectuado el estudio de tráfico se obtiene un TPDA actual de 360 veh/día, y que para un periodo de diseño de 20 años se tiene un total de 891 veh/día. Entonces, se le atribuye a la vía como de Clase III o Colectora, ubicado en el rango de entre 300 y 1000 vehículos/día.
- Se estableció un diseño geométrico horizontal, vertical y transversal de acuerdo a especificaciones de la MTOP (2003). El diseño geométrico horizontal se basó en la velocidad de diseño en nuestro proyecto de 40 km/h para un tipo de terreno montañoso, radio mínimo de 42 metros, distancia de parada de 40 metros, distancia de rebasamiento de 270 metros. El diseño geométrico vertical se tomó con 4 metros y 6 metros para coeficiente “K” en curvas convexas y cóncavas respectivamente, gradiente longitudinal máxima y mínima del 9% y 0,5% respectivamente. El diseño geométrico transversal se consideró un ancho de pavimento flexible de 6 metros, ancho de espaldones de 0,60 metros, gradiente transversal para pavimento y espaldones del 2%.
- Se determinó mediante el análisis de estudio de suelos en el laboratorio que, existe a lo largo de las abscisas 20+000 a 24+000 del sector El Deseo – Punta Brava un conjunto de material fino que pasa más del 35% al tamiz N°200, con presencia de arcilla y limo de alta plasticidad, ubicando una predominancia de suelos limosos de alta plasticidad según SUCS (MH) y según AASHTO (A-7-5), que determinan una calidad de la subrasante entre aceptable a mala. El estudio de sus propiedades físicas y mecánicas nos aporta un parámetro ingenieril fundamental como lo es el

CBR, que se tomó con un valor de densidad máxima y humedad óptima de $1,432\text{gr/cm}^3$ y $39,22\%$ respectivamente, en la abscisa 20+000 y 22+000. También se atribuyó un parámetro de calidad del suelo por medio del índice de grupo, que como valor crítico se tiene un $12,96\%$ en la abscisa 22+000, que indica una calidad de suelo entre regular a malo.

- Se logró obtener un CBR de diseño del $13,5\%$ como valor de diseño en percentil 75% , a partir de la recomendación de diseño de la AASHTO-93. De acuerdo a especificaciones del MTOP y de la AASHTO se diseñó un tipo de pavimento flexible con un espesor total de la estructura de pavimento igual a 37cm , compuestos en 20cm de sub-base, 12cm de base y 5cm de carpeta asfáltica; que, deben garantizar una superficie de rodadura segura, lisa y confortable al distribuir sus cargas de manera efectiva cumpliendo el número estructural de $2,11$ para el presente proyecto, en un periodo de diseño de 20 años que garantice su serviciabilidad durante su vida útil.
- Se estableció el diseño de las obras complementarias en la carretera en que, se tomó una sección triangular para el caso de cunetas que permitan el transporte del agua y sirvan de estacionamiento temporal en caso de incidentes con los usuarios de la vía, que cumplen con el caudal admisible de $0,74\text{m}^3/\text{seg}$. Así también, se estableció un sistema de drenaje (alcantarilla) con una tubería de acero corrugada de $1,20\text{m}$ de diámetro, que garantizarán el transporte de las aguas y cumplen con el caudal requerido mínimo de $0,34\text{m}^3/\text{seg}$.
- Se determinó el monto referencial del proyecto de alrededor de $\$1'120.585,50$ USD “un millón ciento veinte mil quinientos ochenta y cinco dólares con cincuenta centavos”, que, considera un valor por kilómetro de carretera de aproximadamente $\$280.146,38$ USD “doscientos ochenta mil ciento cuarenta y seis dólares con treinta y ocho centavos”.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda efectuar un estudio que abarque la implementación de señalización vertical en puntos específicos que obedezcan a la normativa INEN, permitiendo mejorar la experiencia de viaje de los usuarios al transitar por la vía y, con esto generar un mayor confort y seguridad.
- Se sugiere considerar en la etapa de construcción un estudio del clima en el que, pueda fijarse el tiempo más favorable para mantener un trabajo continuo y que genere una mayor productividad con el manejo de los materiales presentes por cada rubro.
- Se recomienda que los moradores del sector El Deseo – Punta Brava sean partícipes de la construcción de esta carretera, esto a través de llevar procesos de contratación de personal de mano de obra calificada y no calificada en cada etapa constructiva, que genere un crecimiento económico en las familias del sector con una mayor productividad en la que se conoce más detalladamente la topografía local.
- Se sugiere que los puentes y obras complementarias situadas a lo largo del proyecto se respeten y salvaguarden, una vez que se ejecute la etapa de construcción en la que puedan culminar con su vida útil predeterminada. A su vez, tomar a consideración el mantenimiento de la vía de manera periódica para extender su vida útil a pesar de las condiciones climáticas adversas y, que puedan cumplir con las especificaciones técnicas de acuerdo a cada material que se prevé colocar.
- Se recomienda ejecutar un estudio de estabilización de taludes, que permita manejar de la mejor manera los cortes y rellenos que se generen con ayuda de la maquinaria pesada, así pues, evitar el deterioro de la estructura de pavimento por desprendimientos de suelo que darían una sensación de inseguridad en el recorrido.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. S. Cevallos, “RECTIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA VÍA PUNTA DE AHUANO,” Universidad Internacional del Ecuador, 2015.
- [2] C. M. Robalino, “DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA UBICADA ENTRE LOS TRAMOS LAS ESTANCIAS- COLONIA GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA RÍO NEGRO, DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.,” Universidad Técnica de Ambato, 2017. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25752>
- [3] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, *Normas de Diseño Geometrico de Carreteras*, vol. 2. Quito: MTOP, 2003. [Online]. Available: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- [4] GAD MUNICIPAL PANGUA, *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial del Cantón Pangua*. Pangua: GAD MUNICIPAL PANGUA, 2020.
- [5] M. Rincón, W. Vargas, and C. González, *Topografía: conceptos y aplicaciones*. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2017. [Online]. Available: <https://www.digitaliapublishing.com/a/66625>
- [6] A. García, *Topografía*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2014. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/59887>
- [7] Á. Gallego and M. Sánchez, *Manual de topografía en ingeniería*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2014. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/57376>
- [8] J. C. Grisales, *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE EDICIONES, 2013.
- [9] J. J. Agudelo, *Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano*. Medellín: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2002. [Online]. Available: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>
- [10] Pedro Antonio Choconta Rojas, *Diseño Geometrico De Vias*. Bogotá: EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA, 2008.
- [11] MTOP, “Normas de Diseño Geometrico de Carreteras,” *Mtop*, vol. 2, p. 475, 2003, [Online]. Available: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- [12] W. M. Cárdenas, ““LAS CONDICIONES GEOMÉTRICAS Y DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA DE INGRESO A LA COLONIA EL VERGEL, EN EL CANTÓN PASTAZA, PROVINCIA DE PASTAZA, INCIDEN EN LA MOVILIDAD VEHICULAR,”” Universidad Técnica de Ambato, 2013. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3748>

- [13] E. Juárez, *MECÁNICA DE SUELOS. TOMO 1 FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS*. México, D.F.: LIMUSA, S.A. DE C.V., 2005.
- [14] J. C. Guerra, *MECÁNICA DE SUELOS CONCEPTOS BÁSICOS Y APLICACIONES*. Madrid: Dextra Editorial S. L., 2018.
- [15] F. Villalobos, *MECÁNICA DE SUELOS SEGUNDA EDICIÓN*. Concepción: Editorial UCSC y OyP, 2016.
- [16] R. F. C. Cifuentes, “IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA CAPA DE RODADURA DE LA VÍA AMBATO – QUISAPINCHA EN EL TRAMO DE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+200 DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.” Universidad Técnica de Ambato, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32500>
- [17] ASTM INTERNATIONAL, “Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes,” *ASTM Int.*, vol. 04.08, p. 6, 2004, doi: 10.1520/D3282-15.
- [18] L. H. Ramos, “Análisis de la estructura y del diseño geométrico de la vía Piatúa 4 de Agosto, hasta San Juan de Piatúa del Cantón SANTA CLARA, provincia de PASTAZA para mejorar el tráfico vehicular y fomentar la producción agrícola.” Universidad Técnica de Ambato, 2013. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3773>
- [19] Ministerio de Transporte de Colombia, *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*, vol. 84. Bogotá: INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, 2008.
- [20] Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, *Manual De Carreteras Diseño Geométrico DG-2014*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.
- [21] R. Leclair, *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*, no. 596. Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana, SIECA, 2004.
- [22] F. Justo and A. Débora, *LIBRO VERDE AASHTO 2011 Política sobre diseño geométrico de caminos y calles*. San Juan: DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD, 2011.
- [23] O. Cordo, *Diseño de Pavimentos (AASHTO-93)*. La Paz: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2006.
- [24] A. Montejo Fonseca, *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*. Bogotá: Agora Editores, 2002.
- [25] G. Bonett, “GUÍA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VIA EN PAVIMENTO FLEXIBLE,” UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, 2014.
- [26] A. Duarte and S. Martínez, *MANUAL PRÁCTICO DE CONTROL DE COSTOS EN OBRAS CIVILES , APLICADO A CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES. ENFOQUE BÁSICO PARA EL INGENIERO*. Caracas: UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO, 2011.

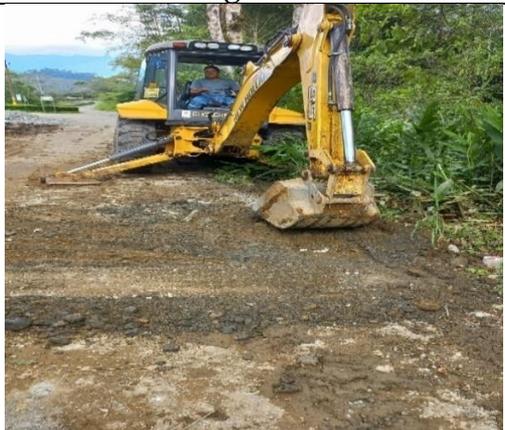
- [27] H. Rondón and F. Reyes, *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. Bogotá: ECOE EDICIONES, 2015.
- [28] P. Rodríguez, *HIDRÁULICA DE CANALES*. Oaxaca: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del IPN, 2008. [Online]. Available: https://carlosquispeanccasi.files.wordpress.com/2011/12/hidraulica_ruiz.pdf
- [29] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, *Anuario meteorológico Nro. 53-2013*, GESTIÓN DE. Quito: INHAMI, 2017.
- [30] V. Murillo, B. Botero, and J. Vélez, *Manual de Hidrología para Obras Viales*. Bogotá: Dirección de Investigación y Extensión de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2012.
- [31] A. Montejo, *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*. Bogotá: Agora Editores, 2002.
- [32] MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES, *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES*. Quito: MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES, 2002.
- [33] G. D. Escobar and C. E. Potes, *Mecánica De Los Suelos*. Manizales: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2002.

ANEXOS

**ANEXO A.-
MATERIALES,
EQUIPOS Y PROCESOS
(ANEXO
FOTOGRAFICO)**

RECONOCIMIENTO DEL LUGAR	
Fotografía 1	Fotografía 2
	
Fotografía 3	Fotografía 4
	
Fotografía 5	Fotografía 6
	
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	
Fotografía 7	Fotografía 8
	
Toma de puntos de la vía (ejes, bordes de carretera, detalles, etc.)	Toma de puntos con el prisma y jalones, con ayuda de moradores del sector.

<p style="text-align: center;">Fotografía 9</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 10</p> 
<p>Mojones colocados en cada kilómetro a lo largo del proyecto.</p>	<p>Levantamiento de los puntos en todo el terreno.</p>
<p>ENSAYOS DE SUELOS</p>	
<p style="text-align: center;">Fotografía 11</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 12</p> 
<p>Tendido y secado de muestras al ambiente.</p>	<p>Tendido y secado de muestras al ambiente.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 13</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 14</p> 
<p>Desbroce y limpieza de la capa vegetal con maquinaria pesada, para la toma de muestras de suelos.</p>	<p>Excavación con maquinaria pesada para formar las calicatas cada 500 metros.</p>

<p style="text-align: center;">Fotografía 15</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 16</p> 
<p>Conformación de la calicata para obtener la muestra de suelo, con ayuda de un pico, barra y pala.</p>	<p>Almacenamiento de muestras de suelo en fundas plásticas y sacas, con su respectiva nomenclatura.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 17</p> 	
<p>Granulometría</p>	
<p style="text-align: center;">Fotografía 18</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 19</p> 
<p>Herramientas y equipos de granulometría.</p>	<p>Pesaje de suelo en balanza digital, por cada porción en los diferentes tamices.</p>

<p style="text-align: center;">Fotografía 20</p> 	
<p style="text-align: center;">Tamizado de la muestra de suelo, en un arreglo de tamices ordenado descendentemente.</p>	
<p style="text-align: center;">Límite líquido</p>	
<p style="text-align: center;">Fotografía 21</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía 22</p>
	
<p style="text-align: center;">Equipos y materiales para el ensayo.</p>	<p style="text-align: center;">Amasado de la muestra de suelo con una pequeña porción de agua en el mortero, y con ayuda de la espátula.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 23</p>	<p style="text-align: center;">Fotografía 24</p>
	
<p style="text-align: center;">Enrasado de porción de suelo en la copa de Casagrande, para determinar el número de golpes en el ensayo</p>	<p style="text-align: center;">Pesado de muestras en balanza digital, para límite líquido.</p>

Límite plástico	
Fotografía 25	Fotografía 26
	
Mezclado de la muestra de suelo con una pequeña porción de agua, en un mortero.	Amasado de la muestra en rollitos de aproximadamente 3mm, sobre una superficie de vidrio.
Fotografía 27	Fotografía 28
	
Pesado de muestras (rollitos) en balanza digital.	Colocación y secado de muestras en el horno, por aproximadamente 1 día.
Proctor modificado	
Fotografía 29	Fotografía 30
	
Tamizado de muestra de suelo por cada abscisa, que pase el tamiz N°4	Dimensionamiento del molde en altura y diámetro, con la ayuda del flexómetro.

<p style="text-align: center;">Fotografía 31</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 32</p> 
<p>Llenado de la probeta con distintos porcentajes de humedad.</p>	<p>Mezclado de la muestra de suelo con diferentes porcentajes de volumen de agua</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 33</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 34</p> 
<p>Compactación de muestra de suelo en 5 distintas capas, consecutivamente en 11, 27 y 56 golpes.</p>	<p>Enrasado de la muestra de suelo una vez compactado las 5 capas con el martillo cilíndrico.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 35</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 36</p> 
<p>Secado de muestras en el horno, durante aproximadamente 1 día.</p>	<p>Pesado de muestras secas en balanza digital, una vez retiradas del horno.</p>

CBR y esponjamiento

Fotografía 37



Herramientas y equipos para ensayo CBR.

Fotografía 38



Herramientas y equipos para ensayo CBR.

Fotografía 39



Pesaje de alrededor de 6000gr. de suelo en balanza digital, para realizar ensayo CBR.

Fotografía 40



Compactación de la muestra de suelo con el contenido de humedad óptimo obtenido del ensayo Proctor Modificado, en 5 capas con 56 golpes.

Fotografía 41

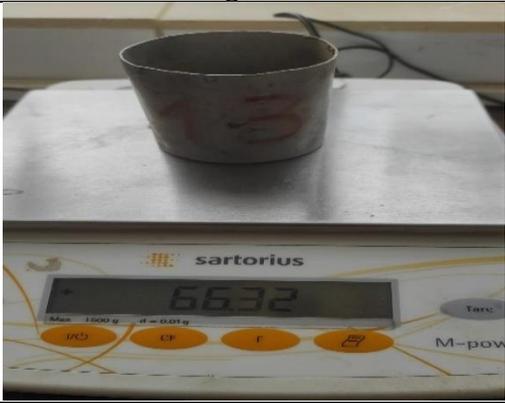


Colocado de las 3 muestras en piscina para 11, 27 y 56 golpes; durante 3 días aproximadamente de sumersión.

Fotografía 42



Lectura de diales para las 3 muestras sumergidas con 11, 27 y 56 golpes.

<p style="text-align: center;">Fotografía 43</p> 	<p style="text-align: center;">Fotografía 44</p> 
<p style="text-align: center;">Ensayado de muestras por cada abscisa, en equipo manual para ensayo CBR.</p>	<p style="text-align: center;">Ensayado de muestras por cada abscisa, en equipo automático para ensayo CBR.</p>
<p style="text-align: center;">Fotografía 45</p>  <p style="text-align: center;">Pesado de muestras secas en balanza digital, una vez retiradas del horno.</p>	

**ANEXO B.-
LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO**

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	9890656,452	700900,7686	423,719	DET
2	9890658,616	700878,8239	422,46	DET
3	9890682,336	700889,8288	423,439	EJE
4	9890682,886	700889,9074	423,446	VIA
5	9890678,768	700889,6046	423,392	VIA
6	9890667,884	700959,8881	427,374	CASA
7	9890747,787	700910,8549	425,006	CASA
8	9890703,44	700888,2302	422,513	CASA
9	9890681,885	700869,8815	422,585	EJE
10	9890683,241	700869,887	422,558	VIA
11	9890679,43	700870,2015	422,634	VIA
12	9890671,856	700866,1537	422,138	DET
13	9890681,447	700849,8571	421,788	EJE
14	9890679,468	700850,0957	421,739	VIA
15	9890682,943	700849,7906	421,773	VIA
16	9890680,965	700829,9302	420,993	EJE
17	9890678,55	700830,1162	420,909	VIA
18	9890682,733	700829,8817	420,915	VIA
19	9890680,455	700809,9426	420,449	EJE
20	9890681,939	700809,8188	420,361	VIA
21	9890677,364	700810,3359	420,323	VIA
22	9890680,782	700806,3103	420,355	EST
23	9890679,958	700789,9452	419,948	DET
24	9890680,591	700789,9338	419,913	VIA
25	9890676,566	700790,2385	419,919	VIA
26	9890702,363	700824,6131	420,468	CASA
27	9890707,003	700824,0858	420,652	CASA
28	9890731,886	700800,3551	419,625	CASA
29	9890718,582	700769,1039	418,809	CASA
30	9890653,533	700811,2345	420,125	DET
31	9890632,666	700744,2123	417,893	DET
32	9890679,434	700769,9221	419,018	EJE
33	9890676,495	700770,1231	419,03	VIA
34	9890679,969	700769,9595	418,971	VIA
35	9890679,304	700750,3978	418,501	EJE
36	9890677,708	700750,7848	418,323	VIA
37	9890681,57	700750,9526	418,564	VIA
38	9890678,749	700738,559	418,3	PI
39	9890679,617	700741,2378	418,273	EST
40	9890680,167	700730,1181	418,036	EJE
41	9890680,902	700730,2383	418,024	VIA

42	9890685,629	700730,5598	418,108	VIA
43	9890709,663	700699,271	417,581	CASA
44	9890683,714	700710,3868	417,79	EJE
45	9890684,194	700710,4663	417,79	VIA
46	9890688,727	700711,2045	417,817	VIA
47	9890668,004	700693,2756	416,604	VIA
48	9890687,165	700690,6872	417,722	EJE
49	9890687,404	700690,6942	417,569	VIA
50	9890692,215	700691,6055	417,619	VIA
51	9890690,316	700671,0514	417,177	VIA
52	9890690,732	700671,053	417,223	EJE
53	9890694,994	700671,5373	417,15	VIA
54	9890693,849	700651,346	416,823	VIA
55	9890698,969	700652,1329	416,803	VIA
56	9890694,258	700651,3862	416,898	EJE
57	9890697,78	700631,726	416,518	EJE
58	9890698,109	700631,8193	416,412	VIA
59	9890702,935	700632,9287	416,345	VIA
60	9890701,314	700612,0979	416,013	EJE
61	9890700,587	700611,9302	416,053	VIA
62	9890705,602	700612,5102	415,962	VIA
63	9890701,851	700606,7885	416,046	EST
64	9890654,996	700700,8544	416,241	EST
65	9890670,468	700661,966	415,647	CASA
66	9890679,799	700595,6189	415,455	CASA
67	9890681,035	700589,6165	415,416	CASA
68	9890668,913	700595,3953	415,258	CASA
69	9890676,922	700576,5645	415,103	CASA
70	9890677,982	700569,7875	414,723	CASA
71	9890608,21	700611,5589	412,419	VIA
72	9890608,649	700608,3561	412,363	VIA
73	9890704,76	700592,4421	415,612	EJE
74	9890704,335	700592,3583	415,602	VIA
75	9890708,719	700593,307	415,547	VIA
76	9890670,045	700610,2768	415,157	VIA
77	9890670,822	700607,2796	415,109	VIA
78	9890692,599	700610,2311	416,035	VIA
79	9890692,329	700606,9656	415,962	VIA
80	9890730,559	700589,033	414,247	VIA
81	9890713,39	700632,9867	415,622	VIA
82	9890708,463	700572,8631	415,219	EJE
83	9890708,876	700572,9638	415,159	VIA

84	9890712,727	700573,75	415,111	VIA
85	9890691,063	700530,2269	412,523	DET
86	9890712,176	700553,1555	414,757	EJE
87	9890710,878	700552,7275	414,64	VIA
88	9890715,772	700553,7455	414,652	VIA
89	9890714,043	700533,5798	414,455	VIA
90	9890719,085	700533,602	414,456	VIA
91	9890715,801	700533,6259	414,543	EJE
92	9890719,577	700513,9691	414,387	EJE
93	9890717,182	700513,5625	414,368	VIA
94	9890721,674	700514,1665	414,303	VIA
95	9890724,925	700494,5014	413,846	VIA
96	9890719,658	700493,1604	413,698	VIA
97	9890723,25	700494,3553	413,908	EJE
98	9890721,448	700491,2406	413,804	EST
99	9890726,914	700474,6033	413,164	EJE
100	9890727,849	700474,7683	413,159	VIA
101	9890722,942	700474,222	413,141	VIA
102	9890726,567	700455,3419	412,311	EJE
103	9890727,597	700455,2321	412,31	VIA
104	9890723,3	700455,8722	412,285	VIA
105	9890657,286	700507,6825	413,057	VIA
106	9890657,877	700504,2994	413,029	VIA
107	9890683,876	700502,3667	413,682	VIA
108	9890684,225	700506,112	413,804	VIA
109	9890654,209	700496,5692	413,747	CASA
110	9890681,94	700491,1596	413,335	CASA
111	9890683,016	700485,388	413,308	CASA
112	9890698,435	700486,5826	413,164	CASA
113	9890705,675	700487,7076	413,308	CASA
114	9890709,488	700482,4812	413,335	CASA
115	9890715,369	700483,3364	413,429	CASA
116	9890716,984	700472,4895	413,246	CASA
117	9890712,707	700501,0799	413,798	VIA
118	9890711,423	700505,5532	413,807	VIA
119	9890684,819	700523,2388	413,963	VIA
120	9890685,891	700515,6267	413,833	VIA
121	9890743,592	700514,7462	412,492	DET
122	9890755,596	700484,8693	411,279	DET
123	9890730,872	700482,9222	413,079	DET
124	9890729,167	700463,098	412,708	PI
125	9890723,754	700463,4857	412,566	VIA

126	9890728,553	700463,114	412,62	VIA
127	9890720,321	700436,4735	411,44	EJE
128	9890719,059	700436,4904	411,392	VIA
129	9890722,876	700436,1954	411,336	VIA
130	9890719,044	700424,2124	410,823	EST
131	9890749,539	700435,7469	410,924	DET
132	9890732,644	700381,5112	408,141	DET
133	9890661,687	700442,2267	411,086	DET
134	9890641,859	700408,9741	410,107	DET
135	9890611,373	700341,0292	409,212	CASA
136	9890617,864	700334,7434	409,148	CASA
137	9890713,998	700417,4507	410,516	EJE
138	9890713,114	700417,6676	410,481	VIA
139	9890717,082	700416,1964	410,474	VIA
140	9890707,233	700398,5694	409,83	VIA
141	9890707,694	700398,4425	409,832	EJE
142	9890711,088	700397,3321	409,86	VI
143	9890701,355	700379,3972	409,56	EJE
144	9890700,89	700379,6222	409,561	VIA
145	9890704,657	700378,0358	409,513	VIA
146	9890695,894	700358,8112	409,189	EJE
147	9890694,048	700359,5013	409,118	VIA
148	9890697,832	700358,5419	409,209	VIA
149	9890669,807	700284,5371	406,511	EST
150	9890688,765	700341,5423	408,687	EJE
151	9890687,678	700341,8779	408,659	VIA
152	9890691,945	700340,2152	408,654	VIA
153	9890724,031	700323,2472	407,662	DET
154	9890682,455	700322,5357	407,898	EJE
155	9890680,105	700323,0879	407,906	VIA
156	9890685,35	700321,4475	407,848	VIA
157	9890680,104	700330,4403	407,941	CASA
158	9890674,057	700317,5286	407,506	CASA
159	9890664,684	700330,2646	408,015	CASA
160	9890676,108	700303,5329	407,096	EJE
161	9890673,158	700304,2539	407,022	VIA
162	9890678,51	700302,3518	406,977	VIA
163	9890664,559	700274,6334	405,613	VIA
164	9890663,608	700267,8402	405,239	VIA
165	9890652,738	700276,5055	405,181	VIA
166	9890604,308	700307,4504	406,05	VIA
167	9890604,108	700302,3811	405,862	VIA

168	9890626,995	700297,0391	406,495	VIA
169	9890628,288	700300,7463	406,478	VIA
170	9890670,599	700288,7853	406,567	PI
171	9890658,507	700294,2706	406,753	VIA
172	9890664,998	700294,7643	406,742	VIA
173	9890669,509	700299,6988	406,862	VIA
174	9890677,68	700293,0375	406,604	VIA
175	9890679,494	700288,1985	406,303	VIA
176	9890681,975	700284,7737	406,115	VIA
177	9890679,729	700281,8465	406,172	EJE
178	9890678,032	700279,8141	406,22	EJE
179	9890687,009	700273,692	406,116	EJE
180	9890688,632	700275,3594	406,149	VIA
181	9890685,615	700272,2767	406,152	VIA
182	9890726,275	700280,825	406,654	VIA
183	9890703,113	700263,9726	406,572	VIA
184	9890701,235	700261,3148	406,551	VIA
185	9890702,158	700262,5329	406,553	EJE
186	9890719,068	700250,2183	407,349	PI
187	9890719,334	700250,9054	407,225	VIA
188	9890720,177	700254,074	407,31	VIA
189	9890722,319	700250,1835	407,466	EST
190	9890722,288	700273,6007	407,695	DET
191	9890750,07	700279,5548	409,157	DET
192	9890748,953	700258,5377	409,262	DET
193	9890742,936	700257,7316	409,107	DET
194	9890706,795	700230,7015	407,396	DET
195	9890720,662	700210,934	407,915	DET
196	9890738,906	700215,6411	409,199	DET
197	9890738,301	700244,5722	408,448	EJE
198	9890738,903	700246,6835	408,495	VIA
199	9890737,972	700243,6658	408,455	VIA
200	9890757,451	700239,5976	409,916	EJE
201	9890757,846	700241,1323	409,913	VIA
202	9890757,045	700237,7727	409,84	VIA
203	9890773,998	700230,4283	411,325	VIA
204	9890774,544	700230,8068	411,388	PI EST
205	9890794,551	700260,173	414,104	DET
206	9890817,744	700223,3868	414,638	DET
207	9890807,424	700225,2521	414,51	DET
208	9890776,728	700209,149	412,924	EJE
209	9890776,712	700209,1365	412,925	VIA

210	9890774,175	700209,5376	412,924	EJE
211	9890773,128	700209,6439	412,956	VIA
212	9890774,288	700189,554	414,469	VIA
213	9890770,64	700189,8036	414,535	VIA
214	9890773,717	700189,5014	414,545	EJE
215	9890772,773	700169,7726	415,373	EJE
216	9890774,047	700169,7136	415,375	VIA
217	9890769,178	700168,9117	415,312	VIA
218	9890772,553	700156,3983	415,478	EST
219	9890744,022	700179,423	412,545	DET
220	9890744,682	700157,2299	412,428	DET
221	9890781,408	700160,8846	415,879	CASA
222	9890780,572	700154,2753	415,984	CASA
223	9890772,856	700149,456	415,346	EJE
224	9890769,008	700149,5796	415,256	VIA
225	9890773,187	700149,4251	415,317	VIA
226	9890753,585	700135,8368	412,412	DET
227	9890772,858	700145,6554	415,164	PI
228	9890768,921	700144,7512	415,111	VIA
229	9890771,813	700129,597	414,463	VIA
230	9890768,261	700130,1453	414,431	VIA
231	9890772,261	700129,6195	414,68	EJE
232	9890771,158	700109,5966	413,189	EJE
233	9890771,557	700109,5174	413,162	VIA
234	9890767,983	700109,7717	413,106	VIA
235	9890780,201	700112,7232	414,616	DET
236	9890770,266	700089,6224	412,442	EJE
237	9890767,934	700089,4975	412,343	VIA
238	9890771,815	700089,6851	412,374	VIA
239	9890772,057	700069,6756	412,229	VIA
240	9890769,385	700069,4885	412,197	VIA
241	9890769,406	700069,4854	412,197	EJE
242	9890768,386	700049,4909	412,724	EJE
243	9890767,978	700049,4337	412,655	VIA
244	9890771,561	700050,0115	412,674	VIA
245	9890771,448	700062,0584	412,312	EST
246	9890808,849	700102,6933	417,359	DET
247	9890791,119	700135,5224	416,304	DET
248	9890747,878	700066,3833	409,619	DET
249	9890739,581	700054,0426	410,031	DET
250	9890801,257	700059,3432	416,195	DET
251	9890782,746	700034,3347	415,311	CASA

252	9890768,37	700049,4423	412,72	EJE
253	9890767,9	700049,2431	412,668	VIA
254	9890771,653	700049,4726	412,706	VIA
255	9890767,982	700029,4343	413,714	VIA
256	9890772,645	700028,7384	413,822	VIA
257	9890767,555	700029,4889	413,734	EJE
258	9890767,357	700029,4815	413,792	BM1
259	9890773,223	700028,7533	413,918	BM1
260	9890767,758	700009,4239	413,369	EJE
261	9890767,062	700009,4818	413,304	VIA
262	9890770,363	700009,4514	413,494	VIA
263	9890767,926	699994,0529	412,358	EST
264	9890789,998	700041,446	414,553	CASA
265	9890794,961	700009,509	408,085	EST
266	9890804,726	699984,0622	401,174	EST
267	9890758,398	700003,2856	413,295	DET
268	9890738,681	700005,7376	413,183	DET
269	9890763,688	699977,6931	410,181	DET
270	9890763,683	699977,7117	410,023	DET
271	9890768,026	699989,507	412,062	EJE
272	9890767,437	699989,3837	412,042	VIA
273	9890770,739	699989,7048	412,021	VIA
274	9890768,676	699969,5488	411,382	VIA
275	9890772,772	699969,1851	411,412	VIA
276	9890768,245	699969,4976	411,474	EJE
277	9890768,524	699949,5526	411,525	EJE
278	9890768,877	699949,4323	411,449	VIA
279	9890772,636	699949,0288	411,483	VIA
280	9890768,784	699929,4244	411,71	PI
281	9890781,522	699969,9336	407,139	DET
282	9890768,378	699929,3462	411,767	EST
283	9890764,52	699910,1138	411,099	EJE
284	9890765,032	699910,0597	411,093	VIA
285	9890761,905	699910,3414	411,082	VIA
286	9890728,276	699929,5983	405,346	VIA
287	9890749,3	699911,4956	409,914	VIA
288	9890778,654	699944,2462	411,549	DET
289	9890764,399	699930,1188	411,67	VIA
290	9890760,385	699891,8998	409,516	PI EST
291	9890747,934	699885,2353	408,39	DET
292	9890791,854	699885,6973	410,761	DET
293	9890760,324	699890,5131	409,443	EJE

294	9890763,929	699889,5237	409,1	EJE
295	9890772,349	699904,129	412,843	EJE
296	9890758,713	699870,7544	406,414	EJE
297	9890761,6	699870,1122	406,343	VIA
298	9890758,25	699870,7967	406,433	VIA
299	9889559,573	695132,7382	266,503	PI
300	9890757,064	699851,0546	403,407	PI
301	9889555,568	695133,0486	266,504	VIA
302	9890761,479	699851,5795	403,358	VIA
303	9889557,715	695112,7677	266,403	VIA
304	9890757,194	699851,0299	403,299	VIA
305	9889553,047	695112,9693	266,404	EJE
306	9890761,746	699831,7449	401,088	EJE
307	9890760,56	699831,4302	401,048	VIA
308	9890764,047	699832,378	400,967	VIA
309	9890760,235	699836,4742	401,584	EST
310	9890799,493	699885,2744	410,595	DET
311	9889391,709	694739,6531	264,403	DET
312	9890784,217	699850,019	403,575	DET
313	9889388,515	694742,441	264,646	DET
314	9890877,872	699804,8158	402,646	DET
315	9889362,973	694695,9746	264,403	DET
316	9890810,961	699739,9406	392,358	DET
317	9889360,111	694694,6449	264,646	DET
318	9890718,506	699797,6852	401,976	DET
319	9890705,232	699826,2291	402,554	DET
320	9890736,37	699855,1479	402,147	DET
321	9890718,036	699898,2165	409,786	DET
322	9890766,431	699812,32	399,56	EJE
323	9890768,346	699812,8036	399,458	VIA
324	9890765,041	699812,0114	399,534	VIA
325	9890771,174	699792,9606	397,861	EJE
326	9890773,062	699793,6264	397,801	VIA
327	9890769,965	699792,671	397,86	VIA
328	9890775,903	699773,6641	395,715	EJE
329	9890777,844	699774,1228	395,699	VIA
330	9890774,607	699773,3828	395,706	VIA
331	9890780,546	699754,3409	393,924	EJE
332	9890783,033	699755,2364	393,923	VIA
333	9890779,895	699754,1548	393,925	VIA
334	9890785,257	699735,1583	392,28	EJE
335	9890788,669	699735,8063	392,01	VIA

336	9890785,228	699735,1567	392,276	VIA
337	9890789,942	699715,8388	389,915	EJE
338	9890789,335	699717,1013	389,938	EST
339	9890786,834	699696,3163	386,909	EJE
340	9890789,801	699695,953	386,824	VIA
341	9890786,37	699696,397	386,942	VIA
342	9890786,283	699717,0261	389,775	VIA
343	9890789,627	699715,7547	389,78	VIA
344	9890783,507	699676,7325	384,428	EJE
345	9890786,375	699675,9968	384,37	VIA
346	9890771,605	699680,0508	384,37	VIA
347	9890782,874	699676,848	384,43	VIA
348	9890768,123	699707,2426	393,393	VIA
349	9890768,001	699732,453	397,126	VIA
350	9890779,936	699657,0075	382,102	EJE
351	9890782,105	699656,4046	382,049	VIA
352	9890778,711	699657,3174	382,121	VIA
353	9890821,667	699726,8124	381,748	DET
354	9890823,185	699714,2163	381,748	DET
355	9890776,965	699637,7724	376,87	EJE
356	9890777,446	699637,6273	376,862	VIA
357	9890774,199	699638,6694	376,886	VIA
358	9890773,687	699618,09	374,539	EJE
359	9890773,061	699618,2941	374,48	VIA
360	9890769,657	699619,0629	374,605	VIA
361	9890800,922	699688,7758	384,594	DET
362	9890789,846	699686,5455	384,594	DET
363	9890765,799	699596,977	372,498	EST
364	9890770,455	699598,3634	372,361	EJE
365	9890770,781	699598,3757	372,356	VIA
366	9890796,472	699621,152	368,018	VIA
367	9890760,708	699625,3595	368,018	VIA
368	9890830,818	699665,0084	370,046	VIA
369	9890767,52	699580,3019	369,868	PI
370	9890767,988	699580,4381	369,87	VIA
371	9890771,693	699580,6698	369,745	VIA
372	9890768,05	699578,9947	369,692	CASA
373	9890768,395	699579,0173	369,688	VIA
374	9890771,935	699579,2341	369,545	VIA
375	9890758,323	699576,3139	371,824	DET
376	9890775,577	699560,6007	366,637	EJE
377	9890773,995	699560,1112	366,623	VIA

378	9890777,457	699560,9459	366,586	VIA
379	9890839,113	699557,8975	358,913	RIO
380	9890776,939	699550,8213	358,913	RIO
381	9890741,123	699568,481	376,929	DET
382	9890783,096	699542,2949	363,382	EJE
383	9890784,621	699543,0861	363,392	VIA
384	9890781,606	699541,5727	363,365	VIA
385	9890796,358	699506,3299	358,017	EJE
386	9890790,679	699524,0089	360,184	EJE
387	9890789,347	699523,3758	360,145	VIA
388	9890792,673	699524,2793	360,157	VIA
389	9890791,548	699506,4831	357,979	VIA
390	9890798,379	699505,5279	357,966	PI
391	9890748,482	699502,4754	363,965	PI
392	9890748,089	699499,9031	364,122	PI
393	9890812,902	699545,968	358,631	CASA
394	9890748,175	699549,4285	358,631	CASA
395	9890820,314	699545,6113	358,598	CASA
396	9890754,93	699546,3565	358,598	CASA
397	9890789,29	699502,1512	357,577	CASA
398	9890789,161	699506,6954	357,908	CASA
399	9890764,272	699517,9306	362,605	CASA
400	9890764,019	699484,2325	358,675	CASA
401	9890788,962	699487,9514	356,615	EJE
402	9890789,97	699487,6609	356,568	VIA
403	9890786,011	699488,7047	356,712	VIA
404	9890819,475	699469,9866	354,516	CASA
405	9890726,188	699476,4013	354,516	CASA
406	9890794,504	699468,2782	355,222	CASA
407	9890797,59	699477,662	354,867	CASA
408	9890779,549	699470,2345	355,761	EJE
409	9890781,492	699469,4999	355,638	VIA
410	9890778,484	699470,6228	355,807	VIA
411	9890770,16	699452,4506	355,126	EJE
412	9890769,321	699452,8365	355,109	VIA
413	9890772,199	699451,2811	354,975	VIA
414	9890760,667	699434,7992	354,773	EJE
415	9890762,667	699433,5236	354,727	VIA
416	9890759,043	699435,5238	354,755	VIA
417	9890751,451	699417,0718	355,204	EJE
418	9890751,611	699417,0093	355,155	VIA
419	9890755,391	699421,2586	354,846	PI EST

420	9890748,533	699418,5461	355,145	VIA
421	9890739,062	699370,845	351,91	CASA
422	9890822,685	699326,854	348,114	DET
423	9890675,146	699351,383	360,819	DET
424	9890738,396	699401,9655	356,771	EJE
425	9890739,242	699401,2817	356,809	VIA
426	9890736,944	699403,1047	356,672	VIA
427	9890733,284	699434,1192	358,024	VIA
428	9890725,283	699388,4935	359,059	EJE
429	9890726,402	699386,2557	359,204	PUEN
430	9890724,244	699390,8263	359,22	PUEN
431	9890725,396	699390,3467	359,062	EST
432	9890689,018	699372,0947	359,061	EJE
433	9890690,032	699369,9084	359,254	PUEN
434	9890688,025	699374,5788	359,217	PUEN
435	9890677,119	699364,6306	360,185	PI
436	9890676,234	699365,4004	360,195	VIA
437	9890679,732	699362,7595	360,055	VIA
438	9890678,63	699351,1385	360,978	EST
439	9890674,969	699338,4717	362,045	EJE
440	9890674,14	699338,4166	362,063	VIA
441	9890677,286	699338,3643	362,044	VIA
442	9890683,816	699334,1895	360,314	CASA
443	9890682,68	699327,3	360,103	CASA
444	9890689,689	699333,253	360,29	CASA
445	9890673,31	699318,545	362,911	EJE
446	9890672,829	699318,5465	362,861	VIA
447	9890676,057	699318,7154	362,91	VIA
448	9890671,601	699298,5985	363,114	EJE
449	9890669,86	699298,9103	363,091	VIA
450	9890673,173	699298,5321	363,081	VIA
451	9890668,93	699339,5073	364,102	DET
452	9890664,765	699325,1537	364,544	DET
453	9890670,754	699288,6478	363,317	PI
454	9890667,7	699289,6195	363,216	VIA
455	9890666,86	699279,3008	363,413	EJE
456	9890667,652	699289,6242	363,206	VIA
457	9890666,297	699278,1724	363,468	EST
458	9890653,419	699303,6439	370,561	DET
459	9890642,954	699282,4147	370,093	DET
460	9890642,613	699267,2556	366,731	CASA
461	9890650,438	699263,8149	365,432	CASA

462	9890667,225	699277,4541	362,939	CASA
463	9890671,448	699274,1876	361,424	CASA
464	9890656,083	699262,2614	364,385	EJE
465	9890657,985	699261,079	364,39	VIA
466	9890655,485	699262,5806	364,385	VIA
467	9890646,389	699244,8535	364,924	EJE
468	9890647,758	699244,24	364,879	VIA
469	9890644,95	699246,0889	364,931	VIA
470	9890636,648	699227,3771	364,609	PI
471	9890636,318	699227,6327	364,526	VIA
472	9890633,683	699229,5779	364,552	VIA
473	9890755,998	699290,2728	348,693	DET
474	9890600,761	699332,8939	348,693	DET
475	9890625,719	699210,6632	363,679	EJE
476	9890626,103	699210,4758	363,643	VIA
477	9890623,204	699212,0865	363,67	VIA
478	9890621,188	699209,1493	363,76	EST
479	9890662,996	699207,9934	361,432	DET
480	9890661,683	699230,9943	362,474	CASA
481	9890624,181	699194,4851	363,162	CASA
482	9890621,755	699186,0824	362,984	CASA
483	9890631,277	699192,5392	363,445	CASA
484	9890591,565	699199,7645	368,992	CASA
485	9890590,874	699192,3295	369,893	CASA
486	9890592,295	699242,739	371,424	CASA
487	9890624,717	699236,2845	365,14	CASA
488	9890614,786	699193,8769	363,411	EJE
489	9890614,013	699194,2456	363,398	VIA
490	9890617,392	699192,9351	363,419	VIA
491	9890607,995	699175,39	363,403	EJE
492	9890607,112	699176,0021	363,403	VIA
493	9890610,026	699174,5944	363,415	VIA
494	9890600,138	699157,7265	363,189	EJE
495	9890598,623	699158,8038	363,108	VIA
496	9890601,141	699157,2996	363,191	VIA
497	9890602,987	699160,9469	363,332	EST
498	9890629,056	699183,7831	360,642	CASA
499	9890648,157	699158,9634	359,499	DET
500	9890615,302	699131,6718	358,018	DET
501	9890585,001	699164,8257	365,244	DET
502	9890594,374	699126,0975	361,768	CASA
503	9890598,802	699134,4151	362,104	CASA

504	9890585,916	699143,7572	362,845	EJE
505	9890587,401	699141,9629	362,83	VIA
506	9890584,865	699144,7743	362,809	VIA
507	9890572,065	699128,9327	362,874	ALC
508	9890569,629	699131,1067	362,819	ALC
509	9890567,04	699128,0549	362,675	ALC
510	9890569,895	699126,0124	362,612	ALC
511	9890571,686	699129,7315	362,91	EJE
512	9890572,345	699129,0503	362,961	BM2
513	9890569,708	699131,3873	362,918	BM2
514	9890562,725	699120,8996	362,355	EST
515	9890593,296	699103,1272	357,795	DET
516	9890592,707	699087,9575	360,893	DET
517	9890553,95	699156,929	361,736	DET
518	9890543,371	699144,0002	363,071	DET
519	9890530,404	699117,991	366,605	DET
520	9890541,688	699096,1944	364,575	DET
521	9890562,987	699113,347	362,306	DET
522	9890560,828	699113,4222	362,289	DET
523	9890564,433	699113,0087	362,248	DET
524	9890563,555	699093,3681	362,594	EJE
525	9890560,712	699093,1902	362,631	VIA
526	9890564,018	699093,3974	362,592	VIA
527	9890563,986	699073,3437	364,06	EJE
528	9890562,081	699073,4895	363,983	VIA
529	9890565,248	699073,554	364,082	VIA
530	9890564,447	699053,4217	365,101	EJE
531	9890561,772	699053,3038	365,136	VIA
532	9890565,514	699053,4766	365,072	VIA
533	9890564,349	699033,3789	364,886	EJE
534	9890561,974	699033,521	364,787	VIA
535	9890565,231	699033,5133	364,906	VIA
536	9890564,571	699046,5466	365,227	EST
537	9890494,18	699046,9273	372,278	VIA
538	9890518,735	699045,6442	369,537	VIA
539	9890517,242	699046,053	369,277	VIA
540	9890517,301	699048,4668	369,347	VIA
541	9890542,822	699048,5875	366,66	VIA
542	9890543,025	699046,1893	366,687	VIA
543	9890559,211	699045,9933	365,42	VIA
544	9890559,2	699050,7565	365,414	VIA
545	9890594,924	699062,4363	364,839	CASA

546	9890594,253	699035,9907	362,499	CASA
547	9890541,867	699017,8844	364,498	CASA
548	9890564,357	699041,6153	365,172	PI
549	9890565,271	699041,7355	365,201	VIA
550	9890561,659	699041,8735	365,151	VIA
551	9890560,674	699013,6263	363,336	EJE
552	9890558,215	699014,1719	363,429	VIA
553	9890561,239	699013,4802	363,366	VIA
554	9890558,164	698993,9603	360,909	EJE
555	9890555,163	698994,5135	360,976	VIA
556	9890558,361	698993,9198	360,851	VIA
557	9890555,615	698974,2221	358,537	EJE
558	9890556,288	698974,2422	358,577	VIA
559	9890553,244	698974,6361	358,597	VIA
560	9890552,54	698963,6448	357,084	EST
561	9890575,64	698986,9386	356,766	DET
562	9890611,279	698966,5384	350,43	DET
563	9890579,419	698942,0831	349,84	DET
564	9890560,16	698943,5186	353,528	DET
565	9890524,181	698977,0077	362,851	DET
566	9890531,558	698945,1333	355,621	DET
567	9890548,347	698955,7488	356	DET
568	9890534,145	698928,8175	352,711	DET
569	9890552,983	698954,4837	355,618	PI
570	9890551,591	698954,7058	355,693	VIA
571	9890554,982	698954,4495	355,64	VIA
572	9890551,79	698934,813	352,274	EJE
573	9890549,899	698935,0635	352,283	VIA
574	9890553,685	698934,6336	352,211	VIA
575	9890550,437	698915	349,55	EJE
576	9890548,272	698915,0488	349,502	VIA
577	9890551,91	698915,1144	349,591	VIA
578	9890554,028	698915,137	349,438	ALC
579	9890553,79	698909,3931	349,497	ALC
580	9890553,115	698911,6922	349,503	ALC
581	9890553,236	698913,0861	349,487	ALC
582	9890549,205	698895,0613	349,252	EJE
583	9890547,904	698895,083	349,188	VIA
584	9890551,722	698895,1281	349,211	VIA
585	9890548,004	698875,1558	350,308	EJE
586	9890546,499	698875,2851	350,262	VIA
587	9890550,921	698876,3102	350,262	EST

588	9890544,803	698909,7478	349,522	ALC
589	9890545,687	698911,8763	349,555	ALC
590	9890547,766	698898,9071	349,614	ALC
591	9890544,872	698915,4782	349,332	ALC
592	9890569,337	698903,979	350,358	CASA
593	9890508,309	698895,9997	354,936	CASA
594	9890537,701	698887,6428	349,63	CASA
595	9890536,767	698880,868	349,977	CASA
596	9890537,732	698875,7863	350,842	CASA
597	9890537,481	698868,6483	351,229	CASA
598	9890559,23	698864,6911	349,581	CASA
599	9890558,56	698856,2745	349,572	CASA
600	9890550,581	698874,9474	350,321	VIA
601	9890546,757	698855,1961	351,244	EJE
602	9890549,038	698855,1745	351,137	VIA
603	9890545,484	698855,2281	351,209	VIA
604	9890545,514	698835,3432	352,757	EJE
605	9890543,949	698835,4937	352,711	VIA
606	9890547,758	698835,3143	352,575	VIA
607	9890544,278	698815,3866	354,67	EJE
608	9890542,037	698815,687	354,774	VIA
609	9890544,98	698815,3182	354,671	VIA
610	9890543,967	698810,9183	354,955	PI
611	9890544,635	698810,8798	354,918	VIA
612	9890541,51	698811,167	355,111	VIA
613	9890542,049	698795,5332	355,46	EJE
614	9890542,97	698795,538	355,392	VIA
615	9890539,665	698795,7848	355,565	VIA
616	9890537,968	698783,5671	355,442	EST
617	9890557,258	698840,3118	351,775	EST
618	9890565,249	698840,7002	350,133	CASA
619	9890557,744	698831,6951	350,451	CASA
620	9890556,969	698786,5801	354,678	CASA
621	9890535,113	698848,2735	352,164	DET
622	9890555,546	698778,0975	353,501	CASA
623	9890539,554	698775,6543	354,745	EJE
624	9890541,51	698775,5404	354,661	VIA
625	9890538,083	698775,6325	354,714	VIA
626	9890546,052	698761,1004	352,608	DET
627	9890502,048	698790,2426	361,264	DET
628	9890522,308	698755,8716	356,067	DET
629	9890538,028	698758,1641	353,684	EJE

630	9890540,891	698758,2924	353,634	VIA
631	9890537,328	698758,1604	353,705	VIA
632	9890537,74	698755,8685	353,669	EJE
633	9890538,042	698755,9401	353,48	VIA
634	9890540,803	698756,0095	353,467	VIA
635	9890541,892	698736,4353	351,412	EJE
636	9890539,319	698736,1832	351,446	VIA
637	9890542,587	698736,3468	351,357	VIA
638	9890544,692	698714,1405	348,888	EST
639	9890545,918	698717,051	349,31	PI
640	9890542,19	698716,7436	349,087	VIA
641	9890546,056	698717,0541	349,219	VIA
642	9890561,523	698741,5237	349,832	DET
643	9890536,229	698699,5912	347,929	EJE
644	9890534,849	698700,9632	347,882	VIA
645	9890537,405	698698,5079	347,849	VIA
646	9890526,547	698682,0573	348,952	EJE
647	9890524,506	698682,6141	348,907	VIA
648	9890527,561	698681,8817	348,928	VIA
649	9890537,849	698699,1234	347,873	ALC
650	9890535,354	698701,8065	347,74	ALC
651	9890529,618	698695,0482	348,08	ALC
652	9890532,697	698693,1008	347,929	ALC
653	9890527,613	698709,3986	346,075	DET
654	9890514,087	698714,8081	348,905	DET
655	9890532,072	698700,3683	349,752	DET
656	9890545,284	698685,9683	344,258	DET
657	9890529,762	698665,5955	350,091	DET
658	9890519,177	698668,6989	350,504	PI
659	9890514,004	698653,7521	351,622	EST
660	9890520,169	698662,7953	350,957	VIA
661	9890517,376	698664,5388	350,856	VIA
662	9890516,872	698664,7639	350,976	EJE
663	9890522,536	698667,2207	350,533	VIA
664	9890502,89	698686,205	353,608	VIA
665	9890454,778	698669,7965	358,691	DET
666	9890506,656	698647,4992	352,123	EJE
667	9890506,165	698647,9149	352,127	VIA
668	9890508,923	698645,6766	352,12	VIA
669	9890531,483	698643,9255	343,289	DET
670	9890525,424	698618,7792	344,795	DET
671	9890500,926	698608,3513	348,489	DET

672	9890496,504	698630,2893	352,856	EJE
673	9890494,523	698631,8583	352,9	VIA
674	9890497,345	698629,8363	352,797	VIA
675	9890478,464	698607,8555	354,23	EST
676	9890486,34	698613,09	353,852	EJE
677	9890487,105	698612,6614	353,808	VIA
678	9890482,599	698615,1216	353,978	VIA
679	9890457,067	698605,5042	356,098	VIA
680	9890457,898	698602,6527	356,177	VIA
681	9890444,412	698602,2289	357,868	VIA
682	9890444,125	698599,1591	358,019	VIA
683	9890476,934	698606,7651	354,26	VIA
684	9890428,696	698597,3331	360,289	VIA
685	9890429,33	698594,6671	360,215	VIA
686	9890477,569	698612,2317	354,312	VIA
687	9890442,672	698642,3639	356,431	DET
688	9890476,294	698654,8374	354,567	DET
689	9890479,811	698602,3135	353,989	PI
690	9890478,36	698602,4018	353,993	VIA
691	9890483,776	698602,0032	353,77	VIA
692	9890481,992	698595,2041	353,333	EJE
693	9890479,039	698594,9789	353,418	VIA
694	9890483,727	698595,4093	353,238	VIA
695	9890487,685	698576,2488	350,275	EJE
696	9890485,279	698575,3997	350,215	VIA
697	9890488,956	698576,7238	350,234	VIA
698	9890493,375	698557,1453	348,806	EJE
699	9890492,89	698557,0239	348,872	VIA
700	9890496,358	698558,351	348,798	VIA
701	9890499,006	698537,984	347,083	EJE
702	9890498,005	698537,9329	347,053	VIA
703	9890501,243	698538,2718	347,069	VIA
704	9890503,268	698525,0117	346,451	VIA
705	9890502,833	698524,9213	346,455	PI EST
706	9890500,029	698524,7297	346,378	VIA
707	9890475,878	698544,1644	349,581	VIA
708	9890501,537	698555,6681	347,666	VIA
709	9890514,474	698562,3803	345,893	VIA
710	9890528,479	698503,0864	344,984	VIA
711	9890503,861	698518,5389	346,19	EJE
712	9890504,506	698518,6814	346,198	VIA
713	9890501,066	698518,2914	346,076	VIA

714	9890474,08	698494,4316	345,641	DET
715	9890506,904	698498,8096	344,998	EJE
716	9890508,835	698499,4573	344,964	VIA
717	9890505,462	698498,6551	344,872	VIA
718	9890470,072	698525,9124	348,434	DET
719	9890509,723	698480,0595	344,44	EJE
720	9890509,067	698479,9071	344,422	VIA
721	9890513,16	698479,6701	344,44	VIA
722	9890512,809	698459,4127	345,99	EJE
723	9890514,548	698459,3701	345,857	VIA
724	9890511,339	698459,4947	345,915	VIA
725	9890515,339	698450,5567	346,701	EST
726	9890511,377	698450,4163	346,622	V
727	9890483,19	698451,7014	354,467	DET
728	9890490,547	698468,7389	350,993	DET
729	9890547,176	698455,3868	338,784	DET
730	9890546,629	698427,5597	342,216	DET
731	9890510,082	698439,754	347,669	EJE
732	9890512,624	698438,765	347,74	VIA
733	9890509,442	698440,0055	347,8	VIA
734	9890502,765	698421,8969	349,415	EJE
735	9890501,072	698423,2965	349,352	VIA
736	9890503,922	698421,0017	349,405	VIA
737	9890498,164	698419,677	349,696	VIA
738	9890500,88	698417,2611	349,734	PI EST
739	9890482,371	698431,9698	350,66	EST
740	9890489,874	698407,2163	350,69	EJE
741	9890490,574	698406,4306	350,665	VIA
742	9890488,384	698408,8527	350,623	VIA
743	9890499,239	698403,4139	348,881	VIA
744	9890475,128	698393,7569	352,149	PI
745	9890476,93	698392,1958	352,112	VIA
746	9890473,396	698395,2141	352,172	VIA
747	9890470,842	698390,6499	351,977	EST
748	9890455,306	698388,693	353,285	CASA
749	9890457,448	698397,2257	354,656	CASA
750	9890488,228	698358,4403	344,791	CASA
751	9890485,904	698385,0943	349,414	DET
752	9890463,347	698377,5859	350,362	EJE
753	9890461,923	698378,7507	350,347	VIA
754	9890464,64	698376,841	350,335	VIA
755	9890456,708	698358,981	347,456	DET

756	9890451,541	698361,5879	347,352	EJE
757	9890451,702	698361,452	347,325	VIA
758	9890449,176	698363,0658	347,313	VIA
759	9890439,773	698345,5488	345,732	EJE
760	9890440,368	698345,2386	345,643	VIA
761	9890436,55	698347,642	345,847	VIA
762	9890428,008	698329,3331	346,236	EJE
763	9890426,485	698330,2677	346,174	VIA
764	9890428,875	698328,8463	346,166	VIA
765	9890422,281	698320,7372	346,882	VIA
766	9890421,846	698320,9938	346,948	PI EST
767	9890422,867	698348,212	347,425	CASA
768	9890445,316	698319,3807	344,35	DET
769	9890432,139	698297,313	347,408	DET
770	9890379,88	698305,2624	350,076	DET
771	9890399,394	698293,124	349,962	DET
772	9890425,148	698319,7095	346,957	VIA
773	9890420,117	698311,6167	347,78	EJE
774	9890418,965	698311,9242	347,75	VIA
775	9890422,3	698310,7214	347,842	VIA
776	9890416,305	698292,0985	350,11	EJE
777	9890418,259	698291,6939	350,032	VIA
778	9890414,808	698292,2778	350,109	VIA
779	9890412,543	698272,4149	351,692	EJE
780	9890411,461	698272,5214	351,63	VIA
781	9890414,81	698271,8043	351,64	VIA
782	9890453,366	698335,3736	344,073	DET
783	9890408,799	698252,7564	351,936	EJE
784	9890407,573	698253,0892	351,869	VIA
785	9890411,502	698252,6678	351,838	VIA
786	9890407,579	698250,8768	351,918	EST
787	9890423,968	698269,1872	349,326	DET
788	9890450,987	698247,1421	348,238	DET
789	9890407,475	698232,8595	351,921	EJE
790	9890408,535	698232,8375	351,851	VIA
791	9890404,431	698233,2771	351,952	VIA
792	9890438,982	698213,5594	349,738	DET
793	9890406,143	698212,8579	352,169	EJE
794	9890406,538	698212,7961	352,102	VIA
795	9890402,663	698213,0312	352,102	VIA
796	9890379,278	698241,7888	352,805	VIA
797	9890404,796	698192,8218	352,462	EJE

798	9890405,551	698192,8251	352,423	VIA
799	9890402,167	698192,6736	352,496	VIA
800	9890405,932	698192,7718	352,456	BM3
801	9890401,91	698192,6361	352,526	BM3
802	9890385,108	698204,7248	353,403	BM3
803	9890403,464	698172,919	353,561	EJE
804	9890401,68	698172,9346	353,563	VIA
805	9890405,5	698172,9574	353,502	VIA
806	9890402,108	698152,924	353,595	EJE
807	9890401,603	698152,9809	353,559	VIA
808	9890404,873	698152,8051	353,56	VIA
809	9890401,643	698143,1955	352,797	VIA
810	9890404,606	698143,2222	352,799	VIA
811	9890401,392	698143,2358	352,871	PIEST
812	9890384,647	698163,0244	355,88	CASA
813	9890414,802	698172,3506	352,931	CASA
814	9890420,612	698173,2748	352,708	CASA
815	9890436,359	698180,4282	351,94	DET
816	9890445,008	698157,3175	350,765	DET
817	9890379,456	698153,3345	355,913	DET
818	9890375,57	698122,1817	352,149	DET
819	9890402,735	698133,0043	351,958	EJE
820	9890401,516	698133,168	351,903	VIA
821	9890404,835	698133,187	351,94	VIA
822	9890405,339	698113,2634	350,105	EJE
823	9890402,944	698113,018	350,091	VIA
824	9890406,211	698113,4965	350,101	VIA
825	9890391,546	698113,9154	349,961	DET
826	9890385,496	698065,7375	345,891	DET
827	9890407,903	698093,4462	348,784	EJE
828	9890405,73	698092,9409	348,766	VIA
829	9890408,952	698093,659	348,754	VIA
830	9890494,124	698004,8222	340,092	DET
831	9890410,442	698073,5906	346,935	EJE
832	9890409,164	698073,4415	346,726	VIA
833	9890412,603	698073,9174	346,904	VIA
834	9890413,166	698053,8898	344,777	EJE
835	9890412,356	698053,8581	344,747	VIA
836	9890415,85	698054,1289	344,81	VIA
837	9890415,661	698034,0304	343,717	EJE
838	9890418,41	698034,3108	343,668	VIA
839	9890414,643	698033,8687	343,647	VIA

840	9890418,148	698014,1383	343,674	EJE
841	9890420,37	698014,5678	343,622	VIA
842	9890417,085	698013,9564	343,583	VIA
843	9890420,546	697994,3327	344,382	EJE
844	9890419,241	697994,1071	344,352	VIA
845	9890422,833	697994,7105	344,31	VIA
846	9890421,191	697986,2612	344,734	EST
847	9890422,879	697994,4553	347,347	VIA
848	9890417,229	697996,1729	347,343	CASA
849	9890423,815	698008,8055	346,098	CASA
850	9890425,111	698002,0577	346,545	CASA
851	9890439,261	698004,739	344,859	CASA
852	9890445,888	697997,8888	345,838	CASA
853	9890445,903	697997,8965	345,838	CASA
854	9890446,566	697991,5406	345,948	CASA
855	9890456,662	697980,1768	345,958	CASA
856	9890455,178	697991,6453	346,027	CASA
857	9890418,581	697985,4405	347,832	CASA
858	9890439,169	698066,0789	346,605	CASA
859	9890417,193	697995,0265	347,987	CASA
860	9890423,121	697974,3721	348,268	EJE
861	9890426,548	697974,9298	348,087	VIA
862	9890421,559	697974,0932	348,282	VIA
863	9890467,938	697961,7589	344,965	DET
864	9890449,064	697949,938	346,084	DET
865	9890424,632	697954,4732	347,991	EJE
866	9890423,74	697954,4193	347,96	VIA
867	9890427,458	697954,7356	347,896	VIA
868	9890413,87	697956,5815	348,213	CASA
869	9890415,479	697947,455	347,785	CASA
870	9890426,115	697934,526	346,991	EJE
871	9890425,551	697934,5407	346,948	VIA
872	9890429,547	697934,9218	347,059	VIA
873	9890384,316	697971,4588	351,486	DET
874	9890427,495	697916,0493	345,605	PIEST
875	9890422,962	697918,3197	345,406	VIA
876	9890426,117	697915,3543	345,536	EJE
877	9890422,352	697916,8956	345,321	VIA
878	9890425,245	697913,9507	345,394	VIA
879	9890416,12	697894,5336	343,852	CASA
880	9890416,08	697900,2788	344,207	CASA
881	9890405,926	697900,3663	344,148	CASA

882	9890461,465	697929,3816	344,258	INGLE
883	9890401,614	697812,6187	339,663	INGLE
884	9890391,128	697813,3084	339,655	INGLE
885	9890446,749	697907,8899	345,227	CASA
886	9890432,232	697912,2689	345,104	CASA
887	9890445,684	697902,1441	344,921	CASA
888	9890400,302	697922,2145	346,189	CASA
889	9890407,879	697907,1337	344,744	EJE
890	9890407,748	697906,666	344,897	VIA
891	9890408,757	697903,0821	344,689	VIA
892	9890389,546	697898,8619	343,852	EJE
893	9890389,033	697900,9393	343,822	VIA
894	9890390,001	697897,4372	343,766	VIA
895	9890371,287	697890,6744	342,75	EJE
896	9890370,289	697891,9662	342,712	VIA
897	9890367,359	697888,8355	342,586	PIEST
898	9890372,727	697889,0633	342,655	VIA
899	9890370,925	697886,7256	342,502	VIA
900	9890367,975	697873,0633	342,186	EJE
901	9890367,757	697873,0376	342,176	VIA
902	9890364,453	697872,7884	342,148	VIA
903	9890353,93	697881,3176	342,557	CASA
904	9890354,846	697871,172	342,215	CASA
905	9890346,46	697900,6361	343,243	DET
906	9890365,511	697922,0902	344,898	DET
907	9890343,619	697880,8626	342,287	CASA
908	9890368,735	697852,984	341,491	EJE
909	9890370,817	697853,1791	341,476	VIA
910	9890367,709	697852,9945	341,429	VIA
911	9890357,752	697853,588	341,844	CASA
912	9890358,299	697847,4021	341,494	CASA
913	9890350,554	697853,2554	342,004	CASA
914	9890369,469	697832,9444	340,595	EJE
915	9890368,935	697833,0111	340,59	VIA
916	9890372,519	697832,8131	340,492	VIA
917	9890370,136	697812,9234	339,485	PI
918	9890369,027	697813,6277	339,393	VIA
919	9890367,496	697805,008	339,209	EST
920	9890379,904	697869,2666	342,029	CASA
921	9890390,245	697869,186	342,108	CASA
922	9890391,67	697802,526	338,74	INGL
923	9890377,51	697777,592	335,921	CASA

924	9890369,283	697777,3764	335,678	CASA
925	9890365,72	697815,5949	339,422	VIA
926	9890361,462	697809,756	338,94	VIA
927	9890338,954	697835,4084	340,683	DET
928	9890420,507	697787,3243	339,645	CASA
929	9890427,503	697788,2596	339,626	CASA
930	9890364,244	697796,1331	338,535	CASA
931	9890344,781	697791,0654	337,397	CASA
932	9890352,939	697802,7739	337,946	EJE
933	9890352,658	697803,2036	337,939	VIA
934	9890353,483	697799,765	337,846	VIA
935	9890341,587	697796,028	336,253	PI
936	9890341,343	697799,5302	336,278	VIA
937	9890341,523	697795,8958	336,219	VIA
938	9890341,227	697812,4745	338,264	DET
939	9890348,394	697794,2543	338,54	EST
940	9890335,067	697797,3483	335,082	EJE
941	9890334,847	697795,4634	335,124	VIA
942	9890334,915	697799,0365	334,95	VIA
943	9890317,434	697805,1011	331,223	VIA
944	9890315,185	697800,6905	330,924	VIA
945	9890316,275	697803,4306	331,079	EJE
946	9890296,408	697805,5166	328,006	PI
947	9890297,108	697803,9433	327,929	VIA
948	9890283,451	697740,1265	325,612	EST
949	9890292,206	697786,2376	326,054	VIA
950	9890291,5	697786,3252	326,086	EJE
951	9890287,068	697787,0173	326,025	VIA
952	9890294,849	697794,6016	326,919	VIA
953	9890285,99	697766,3998	325,596	EJE
954	9890285,074	697766,4276	325,583	VIA
955	9890288,974	697766,0039	325,583	VIA
956	9890283,623	697769,9452	325,47	PUEN
957	9890289,853	697764,9259	325,596	PUEN
958	9890290,337	697769,0325	325,579	PUEN
959	9890283,178	697765,5851	325,492	PUEN
960	9890259,344	697854,855	342,319	DET
961	9890225,497	697849,7979	348,223	DET
962	9890224,683	697774,319	329,638	DET
963	9890260,356	697789,9722	327,593	CASA
964	9890284,284	697746,9479	325,427	EJE
965	9890288,847	697747,1806	325,326	EJE

966	9890285,031	697746,89	325,372	EJE
967	9890283,538	697726,8418	326,667	EJE
968	9890284,285	697726,6313	326,569	VIA
969	9890287,739	697725,9906	326,547	VIA
970	9890269,96	697737,3091	329,443	VIA
971	9890269,501	697733,7182	329,359	VIA
972	9890277,685	697734,8908	327,651	VIA
973	9890276,346	697731,2412	327,727	VIA
974	9890282,738	697706,8338	328,257	PI
975	9890302,727	697735,2228	323,803	DET
976	9890303,44	697704,1875	323,097	DET
977	9890264,823	697712,2898	335,19	DET
978	9890251,386	697695,5628	340,164	DET
979	9890279,512	697705,881	328,459	VIA
980	9890273,82	697688,8887	330,667	E
981	9890272,471	697689,4822	330,702	VIA
982	9890275,536	697687,842	330,675	VIA
983	9890264,941	697671,0828	333,466	EJE
984	9890266,758	697669,8633	333,417	VIA
985	9890263,732	697671,4737	333,466	VIA
986	9890256,074	697653,2483	335,573	EJE
987	9890257,118	697652,4811	335,525	VIA
988	9890254,416	697654,5728	335,556	VIA
989	9890248,877	697638,8986	336,285	PI
990	9890249,126	697638,7598	336,258	VIA
991	9890246,042	697634,1716	336,438	EST
992	9890246,368	697640,3407	336,287	VIA
993	9890247,21	697635,268	336,389	VIA
994	9890246,817	697635,476	336,395	EJE
995	9890243,995	697636,7243	336,417	VIA
996	9890252,048	697668,8715	336,062	VIA
997	9890266,435	697629,0198	334,532	CASA
998	9890266,261	697617,4623	334,434	CASA
999	9890269,651	697579,3183	331,643	DET
1000	9890248,934	697591,5167	333,604	DET
1001	9890220,755	697631,6979	340,173	CASA
1002	9890236,59	697618,1723	336,427	EJE
1003	9890237,652	697617,7277	336,363	VIA
1004	9890234,277	697619,713	336,481	VIA
1005	9890229,371	697606,1083	336,076	PI EST
1006	9890229,777	697605,8328	336,038	VIA
1007	9890232,763	697605,0801	336,012	VIA

1008	9890229,349	697606,0702	336,075	PI EST
1009	9890228,648	697600,1593	335,753	EJE
1010	9890228,129	697600,2582	335,754	VIA
1011	9890231,315	697599,2919	335,71	VIA
1012	9890226,379	697580,4005	334,421	EJE
1013	9890225,012	697580,473	334,346	VIA
1014	9890228,482	697580,1217	334,346	VIA
1015	9890194,31	697578,7123	333,316	DET
1016	9890200,409	697619,5457	340,881	DET
1017	9890239,277	697591,9354	334,003	DET
1018	9890251,595	697573,5527	331,9	DET
1019	9890224,159	697560,5606	333,979	EJE
1020	9890222,965	697560,6282	333,958	VIA
1021	9890226,499	697560,439	333,877	VIA
1022	9890221,908	697540,6186	333,893	EJE
1023	9890224,785	697540,2461	333,855	VIA
1024	9890221,312	697540,6935	333,836	VIA
1025	9890219,608	697520,7251	333,721	EJE
1026	9890218,655	697520,8481	333,673	VIA
1027	9890222,16	697520,3775	333,684	VIA
1028	9890241,109	697570,0671	332,024	DET
1029	9890217,624	697502,8765	333,214	PI EST
1030	9890214,459	697503,9739	333,18	VIA
1031	9890216,751	697501,1004	333,095	EJE
1032	9890213,688	697502,0532	333,061	VIA
1033	9890206,709	697483,8716	331,444	EJE
1034	9890208,391	697483,1307	331,418	VIA
1035	9890205,127	697484,976	331,377	VIA
1036	9890196,747	697466,6064	329,963	EJE
1037	9890198,139	697465,6933	329,919	VIA
1038	9890194,907	697467,7068	329,953	VIA
1039	9890186,646	697449,2839	328,334	EJE
1040	9890185,392	697449,9565	328,298	VIA
1041	9890188,501	697448,3594	328,271	VIA
1042	9890183,037	697443,1846	327,853	PI
1043	9890182,397	697443,5363	327,851	VIA
1044	9890185,397	697441,9039	327,759	VIA
1045	9890190,869	697489,2905	332,085	DET
1046	9890181,589	697484,5786	332,365	DET
1047	9890189,023	697509,8993	334,484	DET
1048	9890200,013	697530,4943	334,571	DET
1049	9890210,62	697553,8755	334,474	DET

1050	9890238,088	697507,4135	332,303	DET
1051	9890231,552	697455,794	329,257	DET
1052	9890207,92	697452,4247	329,645	DET
1053	9890179,969	697430,7415	327,077	EJE
1054	9890177,892	697431,5066	327,119	VIA
1055	9890181,296	697430,4891	327,038	VIA
1056	9890173,269	697417,0477	326,526	EST
1057	9890166,477	697452,542	329,298	DET
1058	9890136,962	697449,9968	332,297	DET
1059	9890183,487	697405,3212	323,148	DET
1060	9890144,538	697408,0696	328,999	VIA
1061	9890144,054	697410,9177	329,04	VIA
1062	9890153,242	697409,6545	328,318	VIA
1063	9890152,896	697412,7212	328,481	VIA
1064	9890167,598	697410,6326	326,741	VIA
1065	9890167,505	697415,3688	327,028	VIA
1066	9890175,065	697411,3069	326,1	EJE
1067	9890170,226	697391,9024	324,583	EJE
1068	9890171,178	697391,7517	324,636	VIA
1069	9890167,413	697392,5336	324,636	VIA
1070	9890165,33	697372,6038	322,589	EJE
1071	9890165,96	697372,5271	322,56	VIA
1072	9890162,6	697373,3421	322,589	VIA
1073	9890160,415	697353,3167	320,705	EJE
1074	9890161,678	697353,3298	320,728	VIA
1075	9890158,668	697353,743	320,689	VIA
1076	9890155,371	697334,0117	318,684	EJE
1077	9890154,924	697334,1686	318,635	VIA
1078	9890158,285	697333,3902	318,609	VIA
1079	9890154,628	697334,2333	318,702	BM4
1080	9890157,67	697342,4376	319,613	PI
1081	9890160,193	697342,0398	319,648	VIA
1082	9890156,785	697342,5112	319,609	VIA
1083	9890151,21	697312,5697	315,547	EST
1084	9890159,416	697333,127	318,469	BM4
1085	9890154,609	697334,0736	318,342	BM4

ANEXO C.- CONTEO VEHICULAR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

Sector: El Deseo – Punta Brava **Fecha:** 20/11/2021 **Sentido:** Ambos

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR LADO
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
6h00-6h15	9	1	2	0	0	0	0	0	2	12	
6h15-6h30	5	1	0	1	1	0	0	0	2	8	
6h30-6h45	8	0	1	0	0	2	1	0	4	12	
6h45-7h00	7	1	1	2	0	0	0	0	3	11	43
7h00-7h15	3	0	0	0	1	0	0	1	2	5	36
7h15-7h30	10	1	0	0	0	1	0	0	1	12	40
7h30-7h45	4	1	2	0	1	0	0	0	3	8	36
7h45-8h00	9	0	0	0	0	1	0	0	1	10	35
8h00-7h15	7	1	1	0	0	0	0	0	1	9	39
8h15-8h30	5	0	0	1	0	0	0	0	1	6	33
8h30-8h45	6	0	1	0	0	0	1	0	2	8	33
8h45-9h00	3	1	0	0	0	2	0	0	2	6	29
9h00-9h15	1	0	2	1	1	0	0	0	4	5	25
9h15-9h30	0	2	0	1	0	0	0	0	1	3	22
9h30-9h45	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	18
9h45-10h00	4	0	0	0	2	0	0	0	2	6	18
10h00-10h15	6	1	1	0	0	0	0	0	1	8	21
10h15-10h30	11	0	1	2	0	0	0	0	3	14	32
10h30-10h45	9	0	0	0	0	1	0	0	1	10	38
10h45-11h00	4	1	0	0	1	0	0	0	1	6	38
11h00-11h15	5	0	1	0	0	0	0	0	1	6	36
11h15-11h30	6	1	0	1	0	0	0	0	1	8	30
11h30-11h45	3	0	0	0	1	0	0	0	1	4	24
11h45-12h00	9	1	0	0	0	0	0	0	0	10	28
12h00-12h15	6	0	1	0	0	0	0	0	1	7	29
12h15-12h30	6	0	0	2	1	2	0	0	5	11	32
12h30-12h45	8	0	0	0	1	0	0	0	1	9	37
12h45-13h00	7	0	0	0	1	0	0	0	1	8	35
13h00-13h15	5	0	1	0	0	0	0	0	1	6	34
13h15-13h30	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	30
13h30-13h45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	25
13h45-14h00	2	2	0	0	1	1	0	0	2	6	23
14h00-14h15	4	0	1	2	0	0	0	0	3	7	24
14h15-14h30	6	2	0	0	0	0	0	0	0	8	25
14h30-14h45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	26
14h45-15h00	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25
15h00-15h15	8	0	0	0	2	0	1	0	3	11	29
15h15-15h30	11	1	0	0	0	0	0	0	0	12	33
15h30-15h45	10	0	0	1	0	0	0	1	2	12	40
15h45-16h00	12	0	1	0	0	1	0	0	2	14	49
16h00-16h15	9	2	0	1	0	0	0	0	1	12	50
16h15-16h30	8	1	0	0	0	0	1	0	1	10	48
16h30-16h45	11	0	0	1	0	0	0	0	1	12	48
16h45-17h00	11	0	0	0	1	0	0	0	1	12	46
17h00-17h15	9	2	1	0	0	0	0	0	1	12	46
17h15-17h30	4	1	0	1	0	0	0	0	1	6	42
17h30-17h45	12	0	0	1	0	0	0	0	1	13	43
17h45-18h00	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	41
Total	316	25	19	18	15	11	4	2	69	410	1514

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

Sector: El Deseo – Punta Brava **Fecha:** 21/11/2021 **Sentido:** Ambos

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
6h00-6h15	13	2	3	1	0	0	0	0	4	19	
6h15-6h30	8	1	0	1	1	0	0	0	2	11	
6h30-6h45	7	0	1	0	0	0	0	0	1	8	
6h45-7h00	6	2	1	0	0	0	1	0	2	10	48
7h00-7h15	8	0	0	0	1	0	0	0	1	9	38
7h15-7h30	11	1	0	0	0	1	0	0	1	13	40
7h30-7h45	9	1	2	0	1	0	0	0	3	13	45
7h45-8h00	11	0	0	0	0	1	0	0	1	12	47
8h00-7h15	8	1	1	1	0	0	0	0	2	11	49
8h15-8h30	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	40
8h30-8h45	5	0	1	0	0	0	0	0	1	6	33
8h45-9h00	6	2	0	1	0	2	0	0	3	11	32
9h00-9h15	4	0	0	0	1	0	0	0	1	5	26
9h15-9h30	2	0	0	0	0	0	1	0	1	3	25
9h30-9h45	4	1	1	0	0	0	0	0	1	6	25
9h45-10h00	4	0	0	2	0	0	0	0	2	6	20
10h00-10h15	8	1	1	1	0	0	0	0	2	11	26
10h15-10h30	10	0	1	0	0	0	0	0	1	11	34
10h30-10h45	10	0	0	1	0	1	1	0	3	13	41
10h45-11h00	6	1	0	1	1	0	0	0	2	9	44
11h00-11h15	5	0	1	1	0	0	0	0	2	7	40
11h15-11h30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	33
11h30-11h45	5	0	0	1	1	0	0	0	2	7	27
11h45-12h00	8	1	0	0	0	0	0	0	0	9	27
12h00-12h15	3	2	1	0	0	0	0	0	1	6	26
12h15-12h30	5	0	0	1	1	0	0	0	2	7	29
12h30-12h45	11	0	0	1	1	0	0	0	2	13	35
12h45-13h00	7	0	0	1	1	0	0	0	2	9	35
13h00-13h15	4	0	1	0	0	0	0	0	1	5	34
13h15-13h30	7	0	0	1	0	0	0	0	1	8	35
13h30-13h45	2	0	0	1	0	0	0	0	1	3	25
13h45-14h00	2	1	0	0	0	1	0	0	1	4	20
14h00-14h15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	19
14h15-14h30	6	2	0	0	0	0	0	0	0	8	19
14h30-14h45	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	19
14h45-15h00	5	0	2	0	0	0	0	0	2	7	22
15h00-15h15	8	0	0	0	2	0	0	0	2	10	28
15h15-15h30	11	1	0	0	0	0	0	0	0	12	32
15h30-15h45	10	0	0	1	0	0	0	0	1	11	40
15h45-16h00	12	0	0	0	0	1	0	0	1	13	46
16h00-16h15	9	2	0	3	0	0	0	0	3	14	50
16h15-16h30	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	46
16h30-16h45	16	0	2	1	0	0	0	0	3	19	54
16h45-17h00	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	52
17h00-17h15	9	1	1	0	0	0	0	0	1	11	49
17h15-17h30	4	0	0	1	0	0	1	0	2	6	47
17h30-17h45	14	0	0	1	0	0	0	0	1	15	43
17h45-18h00	17	1	0	1	0	0	0	0	1	19	51
Total	353	25	20	24	11	7	4	0	66	444	1596

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

Sector: El Deseo – Punta Brava **Fecha:** 22/11/2021 **Sentido:** Ambos

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
6h00-6h15	7	1	0	0	0	0	0	0	0	8	
6h15-6h30	9	2	0	0	2	0	2	0	4	15	
6h30-6h45	4	0	0	0	0	0	0	1	1	5	
6h45-7h00	6	1	1	0	0	0	0	0	1	8	36
7h00-7h15	10	0	0	0	0	1	0	0	1	11	39
7h15-7h30	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	28
7h30-7h45	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	26
7h45-8h00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19
8h00-7h15	11	1	0	0	0	0	0	0	0	12	20
8h15-8h30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	21
8h30-8h45	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27
8h45-9h00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	30
9h00-9h15	10	0	0	0	0	0	1	0	1	11	29
9h15-9h30	13	0	0	0	0	0	0	0	0	13	37
9h30-9h45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	32
9h45-10h00	8	0	0	0	1	0	0	0	1	9	37
10h00-10h15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	32
10h15-10h30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	21
10h30-10h45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	19
10h45-11h00	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15
11h00-11h15	14	0	1	0	0	0	0	0	1	15	24
11h15-11h30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23
11h30-11h45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	23
11h45-12h00	3	2	0	0	0	0	0	0	0	5	23
12h00-12h15	7	0	0	0	0	2	0	0	2	9	17
12h15-12h30	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	22
12h30-12h45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	24
12h45-13h00	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	28
13h00-13h15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	27
13h15-13h30	2	1	0	0	0	0	1	0	1	4	25
13h30-13h45	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	32
13h45-14h00	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	32
14h00-14h15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	29
14h15-14h30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	35
14h30-14h45	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	30
14h45-15h00	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	28
15h00-15h15	2	2	0	0	0	0	2	0	2	6	29
15h15-15h30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20
15h30-15h45	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17
15h45-16h00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14
16h00-16h15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14
16h15-16h30	9	1	0	0	0	0	0	0	0	10	23
16h30-16h45	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30
16h45-17h00	4	0	0	0	0	1	0	0	1	5	31
17h00-17h15	8	0	0	0	2	0	0	0	2	10	35
17h15-17h30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	28
17h30-17h45	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	29
17h45-18h00	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5	29
Total	291	13	2	0	5	4	6	1	18	322	1189

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

Sector: El Deseo – Punta Brava **Fecha:** 23/11/2021 **Sentido:** Ambos

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR LADO
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
6h00-6h15	8	1	0	0	0	0	0	0	0	9	
6h15-6h30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
6h30-6h45	9	0	0	2	0	0	0	1	0	12	
6h45-7h00	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	33
7h00-7h15	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	35
7h15-7h30	5	0	1	0	0	0	0	0	1	6	36
7h30-7h45	6	2	0	0	0	0	0	1	1	9	33
7h45-8h00	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	33
8h00-7h15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	24
8h15-8h30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	21
8h30-8h45	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	18
8h45-9h00	4	0	0	0	0	1	0	0	1	5	16
9h00-9h15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16
9h15-9h30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16
9h30-9h45	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	18
9h45-10h00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14
10h00-10h15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16
10h15-10h30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	15
10h30-10h45	5	0	0	1	0	0	0	0	1	6	13
10h45-11h00	9	2	2	0	0	0	0	0	2	13	25
11h00-11h15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24
11h15-11h30	4	0	0	0	1	0	0	0	1	5	27
11h30-11h45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	26
11h45-12h00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	15
12h00-12h15	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	23
12h15-12h30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23
12h30-12h45	7	0	0	0	0	0	0	1	1	8	26
12h45-13h00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	25
13h00-13h15	4	0	0	0	1	0	0	0	1	5	19
13h15-13h30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16
13h30-13h45	3	2	0	0	0	0	0	0	0	5	13
13h45-14h00	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	21
14h00-14h15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	25
14h15-14h30	8	0	0	0	0	1	0	0	1	9	32
14h30-14h45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	32
14h45-15h00	4	0	1	0	0	0	0	0	1	5	28
15h00-15h15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20
15h15-15h30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14
15h30-15h45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	14
15h45-16h00	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12
16h00-16h15	4	0	0	1	0	0	0	0	1	5	16
16h15-16h30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	15
16h30-16h45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14
16h45-17h00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12
17h00-17h15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	13
17h15-17h30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	14
17h30-17h45	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5	15
17h45-18h00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16
Total	227	8	4	4	2	2	1	2	15	250	932

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

Sector: El Deseo – Punta Brava **Fecha:** 24/11/2021 **Sentido:** Ambos

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
6h00-6h15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
6h15-6h30	2	0	1	0	0	0	0	0	1	3	
6h30-6h45	7	2	0	0	0	0	0	0	0	9	
6h45-7h00	6	0	0	1	0	0	0	0	1	7	28
7h00-7h15	8	0	0	0	0	0	1	0	1	9	28
7h15-7h30	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	27
7h30-7h45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	22
7h45-8h00	11	0	2	0	0	0	0	0	2	13	28
8h00-7h15	8	1	0	0	0	2	0	0	2	11	30
8h15-8h30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	31
8h30-8h45	10	0	0	0	0	1	0	0	1	11	38
8h45-9h00	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	30
9h00-9h15	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	26
9h15-9h30	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	32
9h30-9h45	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12	33
9h45-10h00	7	2	0	0	0	0	0	0	0	9	37
10h00-10h15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	36
10h15-10h30	9	0	0	1	0	0	0	0	1	10	37
10h30-10h45	4	0	2	0	0	0	0	0	2	6	31
10h45-11h00	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	27
11h00-11h15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	29
11h15-11h30	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	25
11h30-11h45	10	0	1	0	0	0	0	0	1	11	30
11h45-12h00	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	34
12h00-12h15	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5	31
12h15-12h30	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	33
12h30-12h45	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	28
12h45-13h00	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	26
13h00-13h15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	23
13h15-13h30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18
13h30-13h45	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	20
13h45-14h00	9	0	0	1	0	0	0	1	2	11	24
14h00-14h15	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	29
14h15-14h30	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	37
14h30-14h45	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	34
14h45-15h00	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	29
15h00-15h15	3	0	0	0	1	0	0	0	1	4	26
15h15-15h30	8	0	2	0	0	0	0	0	2	10	25
15h30-15h45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	23
15h45-16h00	4	0	0	0	1	2	0	0	3	7	24
16h00-16h15	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	27
16h15-16h30	5	1	0	0	0	0	1	0	1	7	24
16h30-16h45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	24
16h45-17h00	6	0	1	0	2	0	0	0	3	9	26
17h00-17h15	7	0	0	2	0	0	0	0	2	9	28
17h15-17h30	8	1	0	0	0	2	0	1	3	12	33
17h30-17h45	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	39
17h45-18h00	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	38
Total	311	10	9	5	5	7	2	2	30	351	1308

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

Sector: El Deseo – Punta Brava **Fecha:** 25/11/2021 **Sentido:** Ambos

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
6h00-6h15	5	1	0	0	0	0	0	0	0	6	
6h15-6h30	11	1	1	0	2	0	0	0	3	15	
6h30-6h45	2	1	1	0	0	0	0	1	2	5	
6h45-7h00	6	2	0	0	0	1	2	0	3	11	37
7h00-7h15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	40
7h15-7h30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	35
7h30-7h45	5	0	0	1	0	0	0	0	1	6	36
7h45-8h00	8	0	0	0	0	0	1	0	1	9	34
8h00-7h15	3	0	2	0	0	0	0	0	2	5	30
8h15-8h30	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	24
8h30-8h45	9	0	0	1	0	0	0	0	1	10	28
8h45-9h00	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	30
9h00-9h15	5	0	0	0	0	1	1	0	2	7	32
9h15-9h30	7	0	0	0	1	0	0	0	1	8	36
9h30-9h45	9	1	0	0	1	0	0	0	1	11	37
9h45-10h00	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	36
10h00-10h15	6	0	0	2	0	0	0	0	2	8	37
10h15-10h30	3	0	0	0	2	0	0	2	4	7	36
10h30-10h45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	27
10h45-11h00	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	22
11h00-11h15	6	0	0	0	0	1	0	0	1	7	21
11h15-11h30	9	0	1	0	0	0	0	0	1	10	24
11h30-11h45	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	24
11h45-12h00	3	0	1	0	1	0	1	0	3	6	25
12h00-12h15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	26
12h15-12h30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	26
12h30-12h45	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	31
12h45-13h00	6	0	1	0	0	0	0	0	1	7	32
13h00-13h15	12	0	0	2	0	0	0	0	2	14	38
13h15-13h30	3	0	0	0	0	1	0	0	1	4	32
13h30-13h45	8	2	0	0	1	0	0	0	1	11	36
13h45-14h00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	33
14h00-14h15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	22
14h15-14h30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	20
14h30-14h45	8	0	0	2	0	0	0	0	2	10	19
14h45-15h00	10	1	0	0	0	0	0	0	0	11	26
15h00-15h15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	26
15h15-15h30	9	1	0	0	1	0	0	1	2	12	36
15h30-15h45	6	0	0	0	1	0	1	0	2	8	34
15h45-16h00	12	0	1	0	0	0	0	0	1	13	36
16h00-16h15	8	0	0	1	0	0	0	0	1	9	42
16h15-16h30	7	0	0	1	0	0	0	0	1	8	38
16h30-16h45	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	36
16h45-17h00	8	0	1	0	2	0	0	0	3	11	34
17h00-17h15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	35
17h15-17h30	4	2	0	1	0	0	1	0	2	8	35
17h30-17h45	6	0	0	0	1	0	0	0	1	7	36
17h45-18h00	9	1	0	0	0	0	0	0	0	10	35
Total	319	13	9	11	13	4	7	4	48	380	1415

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

Sector: El Deseo – Punta Brava **Fecha:** 26/11/2021 **Sentido:** Ambos

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR
			2D	2DA	2DB	3A	V2DB	V3A	TOTAL		
6h00-6h15	11	1	2	0	0	0	0	0	2	14	
6h15-6h30	8	1	0	2	0	0	2	0	4	13	
6h30-6h45	3	1	1	0	0	1	0	0	2	6	
6h45-7h00	5	2	0	0	0	0	0	0	0	7	40
7h00-7h15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	36
7h15-7h30	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	32
7h30-7h45	6	0	2	0	1	0	0	1	4	10	36
7h45-8h00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	31
8h00-7h15	8	1	0	0	0	0	1	0	1	10	31
8h15-8h30	7	0	0	0	2	0	0	0	2	9	31
8h30-8h45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	25
8h45-9h00	6	0	1	1	0	0	0	0	2	8	31
9h00-9h15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	29
9h15-9h30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	23
9h30-9h45	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20
9h45-10h00	5	0	0	2	0	1	0	0	3	8	20
10h00-10h15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	21
10h15-10h30	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	25
10h30-10h45	6	1	0	0	0	0	0	0	0	7	31
10h45-11h00	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	33
11h00-11h15	4	0	0	0	1	0	0	0	1	5	29
11h15-11h30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	26
11h30-11h45	8	0	0	1	0	0	0	0	1	9	28
11h45-12h00	9	0	0	1	0	0	1	0	2	11	29
12h00-12h15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	26
12h15-12h30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	25
12h30-12h45	9	2	0	0	1	0	0	0	1	12	28
12h45-13h00	11	0	1	0	1	0	0	0	2	13	30
13h00-13h15	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	35
13h15-13h30	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	38
13h30-13h45	3	0	0	2	0	0	0	0	2	5	31
13h45-14h00	4	1	0	0	0	1	0	0	1	6	24
14h00-14h15	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12	29
14h15-14h30	6	0	0	0	2	0	0	0	2	8	31
14h30-14h45	8	0	0	0	0	0	1	0	1	9	35
14h45-15h00	3	0	0	0	0	2	0	0	2	5	34
15h00-15h15	9	0	1	0	0	0	0	0	1	10	32
15h15-15h30	4	0	2	0	2	0	0	0	4	8	32
15h30-15h45	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9	32
15h45-16h00	7	0	0	2	1	0	2	0	5	12	39
16h00-16h15	5	2	0	0	0	0	0	0	0	7	36
16h15-16h30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	38
16h30-16h45	3	0	0	0	0	2	0	0	2	5	34
16h45-17h00	9	0	0	0	0	0	0	1	1	10	32
17h00-17h15	10	0	0	0	2	0	0	0	2	12	37
17h15-17h30	9	1	0	0	0	0	0	0	0	10	37
17h30-17h45	11	0	0	1	0	0	0	0	1	12	44
17h45-18h00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	36
Total	313	15	10	12	13	7	7	2	51	379	1402

CUADRO DEMOSTRATIVO DEL TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				largo	Ancho	Alto		
2D			7	5,00	2,60	3,00		
2DA			10	7,50	2,60	3,50		
2DB			18	12,20	2,60	4,10		
3A			27	12,20	2,60	4,10		
4C			31	12,20	2,60	4,10		
4-0			32	12,20	2,60	4,10		
V2DB			18	12,20	2,60	4,10		
V3A			27	12,20	2,60	4,10		
VZ5			27	12,20	2,60	4,10		
T2			18	8,50	2,60	4,10		
T3			27	8,50	2,60	4,10		
S3			24	13,00	3,00	4,30		
S2			20	13,00	3,00	4,30		
S1			11	13,00	3,00	4,30		
R2			22	10,00	3,00	4,30		
R3			31	10,00	3,00	4,30		
B1			11	10,00	3,00	4,30		
B2			20	10,00	3,00	4,30		
B3			24	10,00	3,00	4,30		

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				Largo	Ancho	Alto	
2S1			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	29	20,50	2,60	4,30
2S2			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	38	20,50	2,60	4,30
2S3			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	42	20,50	2,60	4,30
3S1			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	38	20,50	2,60	4,30
3S2			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	47	20,50	2,60	4,30
3S3			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES Y SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30
2R2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES	40	20,50	2,60	4,30
2R3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30
3R2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES	48	20,50	2,60	4,30
3R3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30
2B1			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE	29	20,50	2,60	4,30
2B2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	38	20,50	2,60	4,30
2B3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 2 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	42	20,50	2,60	4,30
3B1			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE	38	20,50	2,60	4,30
3B2			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	47	20,50	2,60	4,30
3B3			CAMIÓN REMOLCADOR DE 3 EJES Y REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	48	20,50	2,60	4,30

ANEXO D.- ENSAYOS DE SUELOS

MUESTRA N° 1

UBICACIÓN

Abscisa: Km 0+000

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
- Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA: Km 0+000

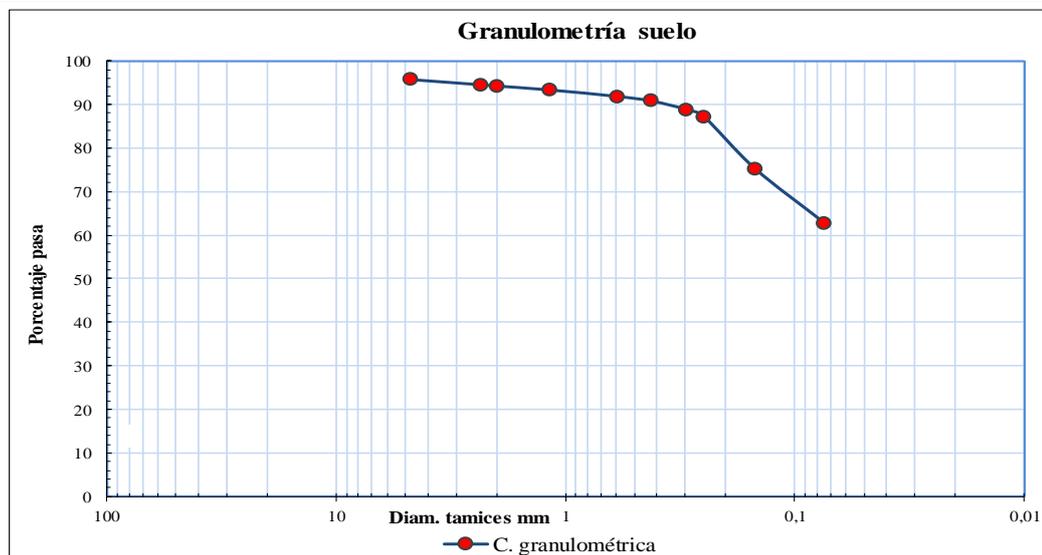
UBICACIÓN: Pangua

FECHA: 7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	11,40	11,40	4,24	95,76
N.º 8	2,360	3,20	14,60	5,44	94,56
N.º 10	2,000	0,80	15,40	5,73	94,27
N.º 16	1,180	2,40	17,80	6,63	93,37
N.º 30	0,600	4,00	21,80	8,12	91,88
N.º 40	0,425	2,80	24,60	9,16	90,84
N.º 50	0,300	5,20	29,80	11,09	88,91
N.º 60	0,250	4,60	34,40	12,81	87,19
N.º 100	0,150	32,00	66,40	24,72	75,28
N.º 200	0,075	33,40	99,80	37,15	62,85
PASA N.º 200			168,81	62,85	
TOTAL			268,61		
PESO ANTES DEL LAVADO		268,61	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		99,80	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		168,81	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

				ω %	67,08
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua	Wss	
244,9	184,21	93,74	60,69	90,47	

Clasificación SUCS:	MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)
Clasificación AASHTO:	A-7-5 (SUELOS ARCILLOSOS)



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

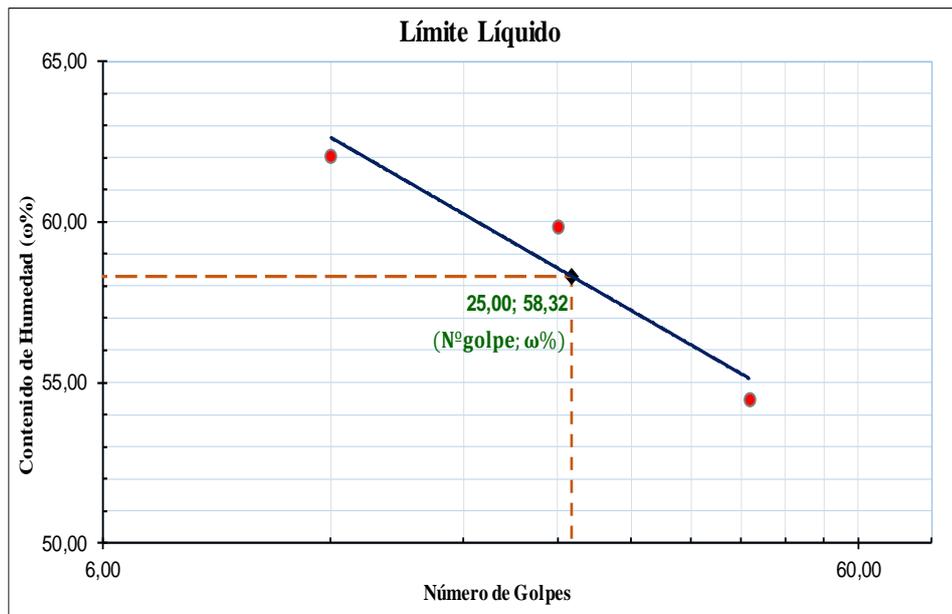
UBICACIÓN: Muestra 1, Km 0+000

FECHA:

4/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		43		24		12	
		8-T	L02	L01	L03	11-F	133T
Recipiente Número							
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	27,23	37,04	38,73	35,25	28,24	31,50
Peso seco + recipiente	Ws + rec	21,69	32,44	33,23	31,02	21,77	23,88
Peso recipiente	rec	11,45	24,04	24,00	23,98	11,30	11,65
Peso del agua	Ww	5,54	4,60	5,50	4,23	6,47	7,62
Peso de los sólidos	WS	10,24	8,40	9,23	7,04	10,47	12,23
Contenido de humedad	$\omega\%$	54,10	54,76	59,59	60,09	61,80	62,31
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	54,43		59,84		62,05	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		A-2	A-3	1A
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	7,12	5,53	5,27
Peso seco + recipiente	Ws + rec	6,23	5,15	4,95
Peso recipiente	rec	4,36	4,31	4,24
peso del agua	Ww	0,89	0,38	0,32
Peso de los sólidos	WS	1,87	0,84	0,71
Contenido de humedad	$\omega\%$	47,59	45,24	45,07
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	45,97		

Límite líquido =	58,32 %
Límite plástico =	45,97 %
índice plástico =	12,35 %



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua

SECTOR: El Deseo – Punta Brava

NORMA: AASHTO T - 180

FECHA: 11/4/2022

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ABSCISA: Km 0+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

NÚMERO DE GOLPES:	56	VOLUMEN MOLDE cm	2283,11	PESO MARTILLO:	10 lb
ALTURA DE CAÍDA:	18"	PESO MOLDE (g):	13348,00	N.º CAPAS:	5

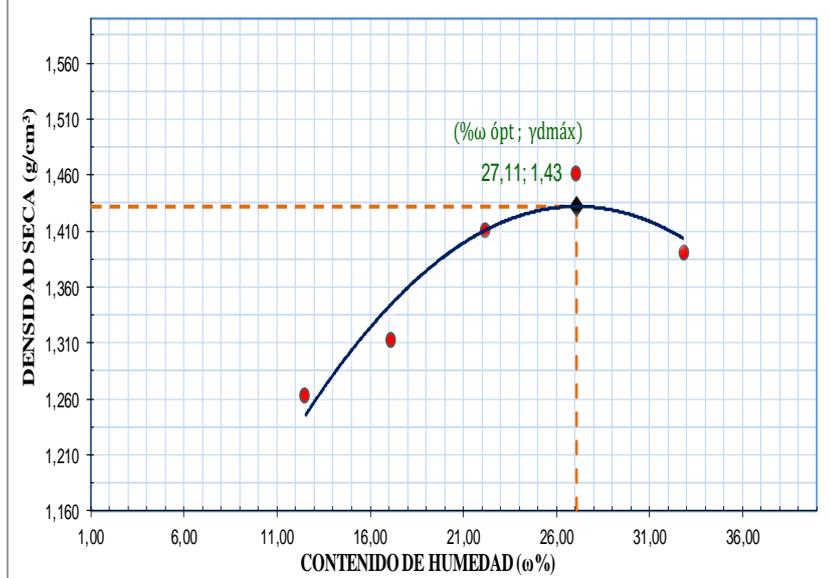
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida %	4	8	12	16	20
Humedad inicial añadida cm³	300	600	900	1200	1500
P molde + suelo húmedo g	16590,00	16858,00	17282,00	17586,00	17564,00
Peso suelo húmedo g	3242,00	3510,00	3934,00	4238,00	4216,00
Densidad Húmeda g/cm³	1,420	1,537	1,723	1,856	1,847

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º	171	94	64	01c	28	74	46	83	52	88A
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	130,36	126,62	92,83	89,67	97,02	88,78	91,89	113,69	89,12	94,98
Peso seco + recipiente Ws+rec	119,36	116,24	83,79	79,98	83,52	78,36	77,60	96,36	74,65	79,16
Peso del recipiente rec	31,09	33,61	30,73	23,77	23,08	31,17	24,84	32,31	31,02	30,52
Peso del agua Ww	11	10,38	9,04	9,69	13,5	10,42	14,29	17,33	14,47	15,82
Peso suelo seco Ws	88,27	82,63	53,06	56,21	60,44	47,19	52,76	64,05	43,63	48,64
Contenido humedad ω%	12,46	12,56	17,04	17,24	22,34	22,08	27,08	27,06	33,17	32,52
Contenido humedad promedio ω%	12,51		17,14		22,21		27,07		32,84	
Densidad Seca γd	1,262		1,312		1,410		1,461		1,390	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ω_{óptima} = 27,11

γ_d máxima = 1,432



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

TIPO: PROCTOR MODIFICADO

SECTOR: El Deseo - Punta Brava

UBICACIÓN: Pangua

NORMA: AASHTO T-180

FECHA: 18/4/2022

SUELO: MH

ENSAYO CBR

N.º DEMOLDE	M007		M008		M009	
N.º DE CAPAS	5		5		5	
N.º DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	9915,00	9974,40	9717,80	9864,20	9469,60	9733,80
PESO MOLDE	5393,60	5393,60	6370,80	6370,80	6372,40	6372,40
PESO MUESTRA HÚMEDA	4521,40	4580,80	3347,00	3493,40	3097,20	3361,40
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2112,26	2112,26	2105,60	2105,60	2116,49	2116,49
DENSIDAD HÚMEDA	2,141	2,169	1,590	1,659	1,463	1,588
DENSIDAD SECA	1,447	1,405	1,052	1,006	0,953	0,946
DENSIDAD SECA PROMEDIO	1,426		1,029		0,949	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º	M2	R-4	M8	W1	M1	F3
PESO HÚMEDO + TARRO	253,14	191,96	242,05	208,99	240,12	226,18
PESO MUESTRA SECA + TARRO	202,99	139,51	192,08	147,87	190,81	157,07
PESO AGUA	50,15	52,45	49,97	61,12	49,31	69,11
PESO TARRO	98,30	42,96	94,31	53,82	98,72	55,32
PESO MUESTRA SECA	104,69	96,55	97,77	94,05	92,09	101,75
CONTENIDO DE HUMEDAD	47,90	54,32	51,11	64,99	53,55	67,92
AGUA ABSORBIDA	6,42		13,88		14,38	

DATOS DE MOLDES USADOS EN ENSAYO CBR

COD	MOLDE				PESA		VOLUMEN		VOLUMEN
	MOLDE	PESO	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	MOLDE	PESA	ÚTIL
M007	7	5393,60	15,17	17,77	15,1	6,14	3211,80	1099,54	2112,26
M008	8	6370,80	15,15	17,78	15,1	6,14	3205,14	1099,54	2105,60
M009	9	6372,40	15,18	17,77	15,1	6,14	3216,04	1099,54	2116,49



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

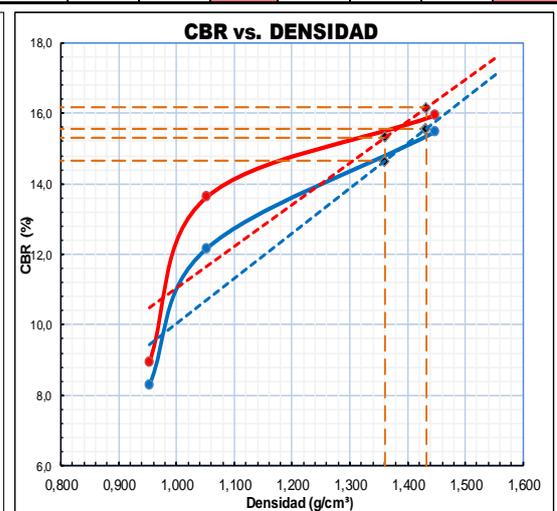
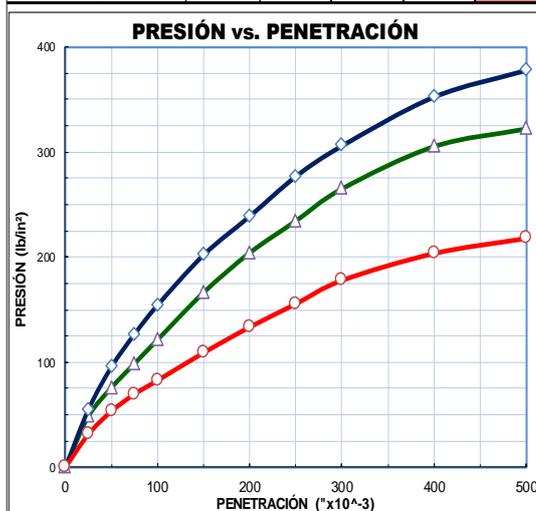
LECTURA DIAL en (in x 10⁻²)

MOLDE NÚMERO			M007				M008				M009			
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL in	h	ESPONJ		LECT DIAL in	h	ESPONJ		LECT DIAL in	h	ESPONJ	
	HORA	DÍAS		Mues in	in	% x10 ⁻²		Mues in	in	% x10 ⁻²		Mues in	in	% x10 ⁻²
18/4/2022	12:00	0	0,06	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00	0,03	5,00	0,00	0,00
19/4/2022	12:10	1	0,06		0,35	0,07	0,05		0,98	0,20	0,04		1,42	0,28
20/4/2022	12:20	2	0,07		0,83	0,17	0,07		2,68	0,54	0,06		3,35	0,67

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in²

MOLDE NÚMERO			M007				M008				M009				
TIEMPO			Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	
MIN	SEG	PENET. "x10 ⁻³ "		LEÍDA	CORRG			LEÍDA	CORRG			LEÍDA	CORRG		
			lb/in ²	%		lb/in ²			%		lb/in ²			%	
		0	0,0	0			0,0	0			0,0	0			
0	30	25	75,1	55,2			66,1	48,6			43,0	31,6			
1	0	50	130,3	95,7			103,3	75,9			72,9	53,6			
1	30	75	172,8	127,0			134,6	98,9			95,1	69,9			
2	0	100	210,4	154,6	154,6	15,46	165,4	121,5	121,5	12,15	112,8	82,9	82,9	8,29	8,29
3	0	150	275,6	202,5			226,6	166,5			148,8	109,3			
4	0	200	325,7	239,3	239,3	15,95	278,0	204,2	204,2	13,62	182,0	133,7	133,7	8,91	8,91
5	0	250	377,2	277,1			319,2	234,5			212,1	155,8			
6	0	300	416,8	306,2			360,8	265,1			242,5	178,2			
8	0	400	480,2	352,8			415,5	305,3			277,4	203,8			
10	0	500	514,8	378,2			438,3	322,0			297,0	218,2			
CBR corregido 1"						15,46				12,15					8,29
CBR corregido 2"						15,95				13,62					8,91



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR		Densidad Máxima Seca	1,432	gr/cm ³
g/cm ³	1,447	15,46 %	15,95 %	95% de DMS	1,360	gr/cm ³
g/cm ³	1,052	12,15 %	13,62 %	CBR PUNTUAL AL 100 % c		
g/cm ³	0,953	8,29 %	8,91 %	CBR PUNTUAL AL 95 % c		
				15,55 %		
				14,64 %		

MUESTRA N° 2

UBICACIÓN

Abscisa: Km 0+500

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
- Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA:

Km 0+000

UBICACIÓN: Pangua

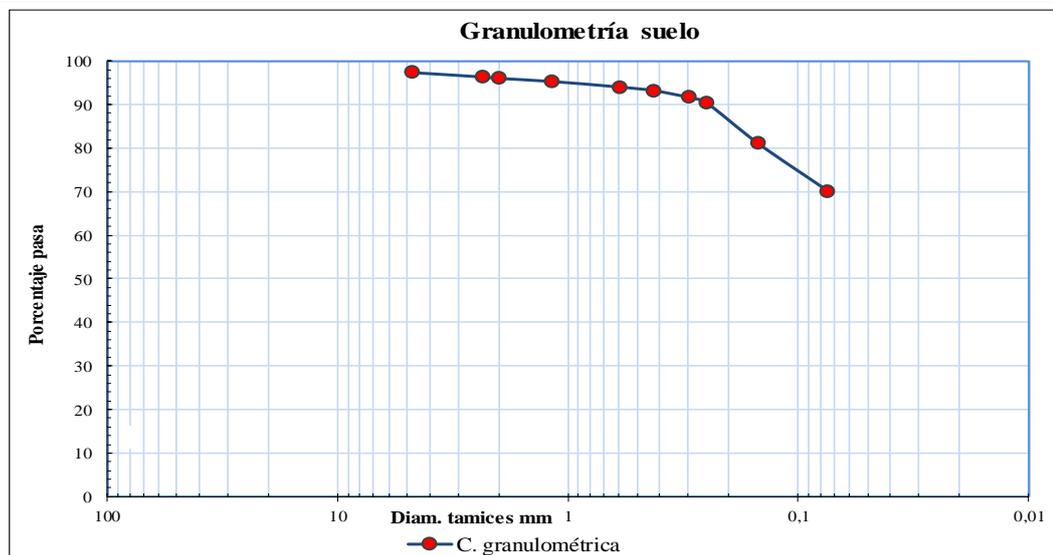
FECHA:

7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	7,90	7,90	2,62	97,38
N.º 8	2,360	3,08	10,98	3,64	96,36
N.º 10	2,000	1,00	11,98	3,97	96,03
N.º 16	1,180	2,10	14,08	4,67	95,33
N.º 30	0,600	3,87	17,95	5,95	94,05
N.º 40	0,425	2,50	20,45	6,78	93,22
N.º 50	0,300	4,75	25,20	8,36	91,64
N.º 60	0,250	4,00	29,20	9,69	90,31
N.º 100	0,150	27,90	57,10	18,94	81,06
N.º 200	0,075	32,80	89,90	29,82	70,18
PASA N.º 200			211,59	70,18	
TOTAL			301,49		
PESO ANTES DEL LAVADO		301,49	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		89,90	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		211,59	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

ω %					66,77
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua	Wss	
233,23	169,93	75,13	63,3	94,8	
Clasificación SUCS:		MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)			
Clasificación AASHTO:		A-7-5 (SUELOS ARCILLOSOS)			



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

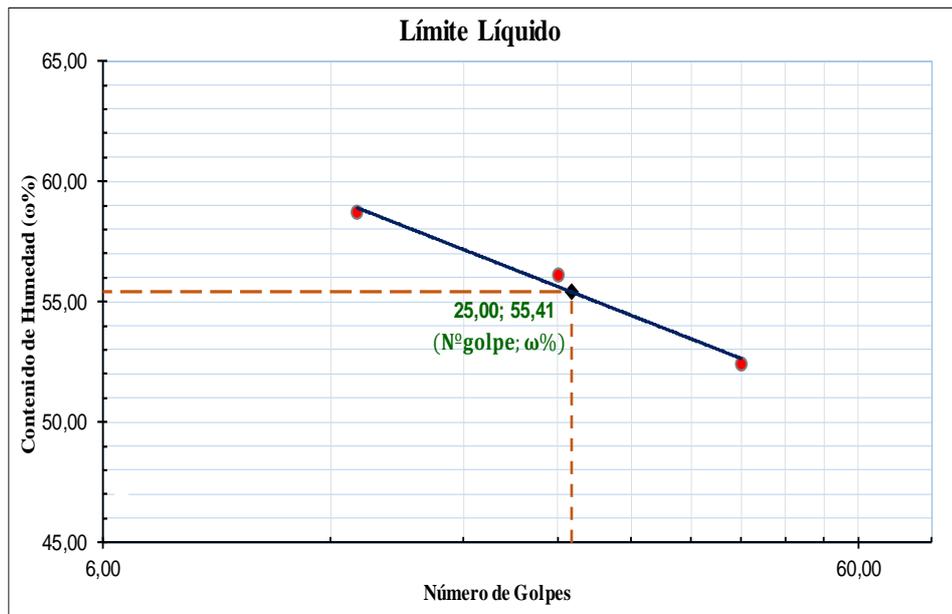
UBICACIÓN: Muestra 2, Km 0+500

FECHA:

4/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

		42		24		13	
Número de golpes		4	60	107	72	35I	102B
Recipiente Número		4	60	107	72	35I	102B
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	26,44	30,07	30,53	28,21	27,57	28,57
Peso seco + recipiente	Ws + rec	21,31	25,77	25,83	24,42	21,47	22,28
Peso recipiente	rec	11,26	17,77	17,49	17,63	11,32	11,30
Peso del agua	Ww	5,13	4,30	4,70	3,79	6,10	6,29
Peso de los sólidos	WS	10,05	8,00	8,34	6,79	10,15	10,98
Contenido de humedad	$\omega\%$	51,04	53,75	56,35	55,82	60,10	57,29
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	52,40		56,09		58,69	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

		1	71	100
Recipiente Número		1	71	100
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	6,24	5,31	5,15
Peso seco + recipiente	Ws + rec	5,63	5,00	4,87
Peso recipiente	rec	4,35	4,26	4,21
peso del agua	Ww	0,61	0,31	0,28
Peso de los sólidos	WS	1,28	0,74	0,66
Contenido de humedad	$\omega\%$	47,66	41,89	42,42
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	43,99		

Límite líquido =	55,41 %
Límite plástico =	43,99 %
índice plástico =	11,42 %



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua

SECTOR: El Deseo – Punta Brava

NORMA: AASHTO T - 180

FECHA: 11/4/2022

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ABSCISA: Km 0+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

NÚMERO DE GOLPES:	56	VOLUMEN MOLDE cm	2304,37	PESO MARTILLO:	10 lb
ALTURA DE CAÍDA:	18"	PESO MOLDE (g):	14470,00	N.º CAPAS:	5

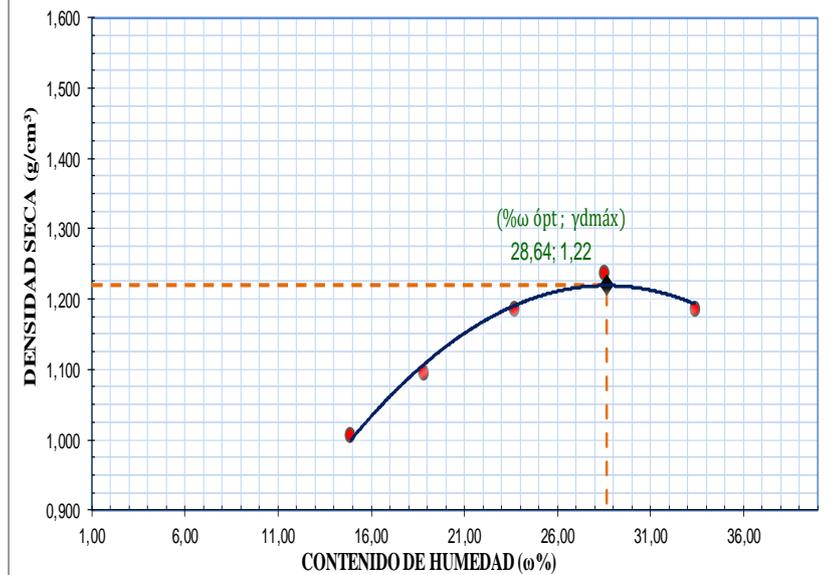
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida	%	4	8	12	16	20
Humedad inicial añadida	cm³	300	600	900	1200	1500
P molde + suelo húmedo	g	17133,00	17468,00	17849,00	18133,00	18113,00
Peso suelo húmedo	g	2663,00	2998,00	3379,00	3663,00	3643,00
Densidad Húmeda	g/cm³	1,156	1,301	1,466	1,590	1,581

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º		171	94	64	01c	28	74	46	83	52	88A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	132,62	130,75	113,11	89,74	104,32	98,08	98,01	107,04	91,64	96,22
Peso seco + recipiente	Ws+rec	119,50	117,94	100,02	79,86	89,84	84,62	82,10	90,40	76,22	78,99
Peso del recipiente	rec	30,925	32,185	30,605	27,23	28,7	27,965	26,81	31,52	29,995	27,405
Peso del agua	Ww	13,115	12,805	13,095	9,88	14,48	13,455	15,915	16,64	15,42	17,23
Peso suelo seco	Ws	88,58	85,76	69,41	52,63	61,14	56,66	55,285	58,88	46,22	51,58
Contenido humedad	ω%	14,81	14,93	18,87	18,77	23,68	23,75	28,79	28,26	33,36	33,40
Contenido humedad promedio	ω%	14,87		18,82		23,72		28,52		33,38	
Densidad Seca	γd	1,006		1,095		1,185		1,237		1,185	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ωóptima = 28,64

γd máxima = 1,219



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

TIPO: PROCTOR MODIFICADO

SECTOR: El Deseo - Punta Brava

UBICACIÓN: Pangua

NORMA: AASHTO T-180

FECHA: 18/4/2022

SUELO: MH

ENSAYO CBR

N.º DEMOLDE	M007		M008		M009	
	5		5		5	
N.º DE CAPAS	56		27		11	
N.º DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	9585,00	10379,00	10204,00	11021,00	9620,00	10470,00
PESO MOLDE	5393,60	5393,60	6370,80	6370,80	6372,40	6372,40
PESO MUESTRA HÚMEDA	4191,40	4985,40	3833,20	4650,20	3247,60	4097,60
VOLUMEN DE LA MUESTRA	2112,26	2112,26	2105,60	2105,60	2116,49	2116,49
DENSIDAD HÚMEDA	1,984	2,360	1,820	2,208	1,534	1,936
DENSIDAD SECA	1,399	1,607	1,244	1,398	0,992	1,122
DENSIDAD SECA PROMEDIO	1,503		1,321		1,057	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º	M2	R-4	M8	W1	M1	F3
PESO HÚMEDO + TARRO	106,55	122,87	134,90	95,95	108,25	125,26
PESO MUESTRA SECA + TARRO	84,33	93,77	110,44	69,12	80,77	85,30
PESO AGUA	22,22	29,10	24,46	26,83	27,48	39,96
PESO TARRO	31,17	31,72	57,64	22,84	30,52	30,19
PESO MUESTRA SECA	53,16	62,05	52,80	46,28	50,25	55,11
CONTENIDO DE HUMEDAD	41,80	46,90	46,33	57,97	54,69	72,51
AGUA ABSORBIDA	5,10		11,65		17,82	

DATOS DE MOLDES USADOS EN ENSAYO CBR

COD	MOLDE				PESA		VOLUMEN		VOLUMEN
	MOLDE	PESO	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	MOLDE	PESA	ÚTIL
M007	7	5393,60	15,17	17,77	15,1	6,14	3211,80	1099,54	2112,26
M008	8	6370,80	15,15	17,78	15,1	6,14	3205,14	1099,54	2105,60
M009	9	6372,40	15,18	17,77	15,1	6,14	3216,04	1099,54	2116,49



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

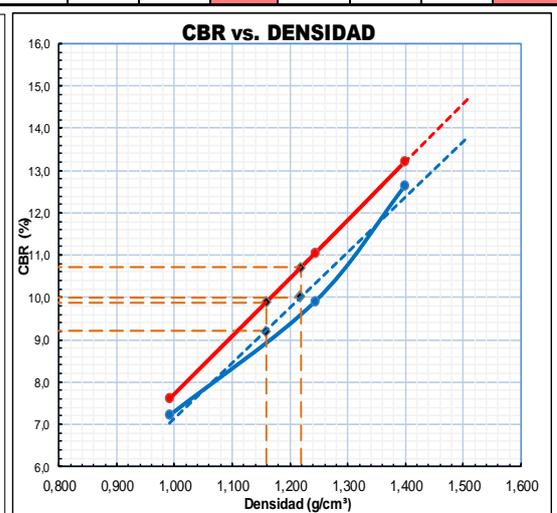
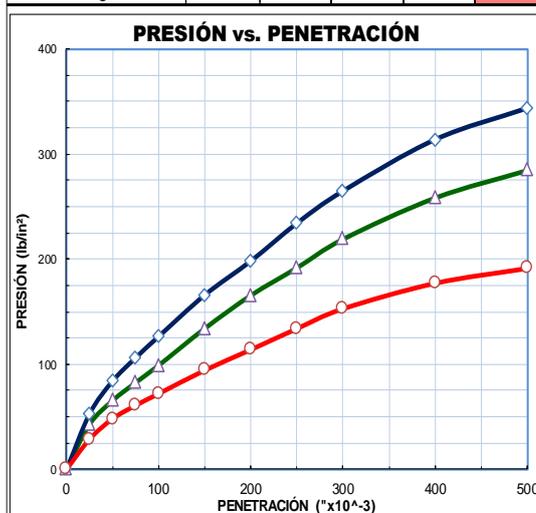
LECTURA DIAL en (in x 10⁻²)

MOLDE NÚMERO			M007				M008				M009						
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL in	h		ESPONJ in x10 ⁻²	%	LECT DIAL in	h		ESPONJ in x10 ⁻²	%	LECT DIAL in	h		ESPONJ in x10 ⁻²	%
	HORA	DÍAS		Mues	in				Mues	in				Mues	in		
18/4/2022	12:00	0	0,07	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19/4/2022	12:10	1	0,09		1,02	0,20	0,04		0,59	0,12	0,04		0,55	0,11			
20/4/2022	12:20	2	0,10		2,13	0,43	0,06		1,97	0,39	0,05		1,26	0,25			

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in²

MOLDE NÚMERO			M007				M008				M009			
TIEMPO			Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET. "x10 ⁻³ "		LEÍDA	CORRG			LEÍDA	CORRG			LEÍDA	CORRG	
			in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%
		0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0	30	25	71,9	52,8		58,4	42,9		39,2	28,8				
1	0	50	114,3	84,0		89,2	65,5		65,6	48,2				
1	30	75	144,4	106,0		112,5	82,7		83,0	60,9				
2	0	100	172,0	126,3	126,3	12,63	134,8	99,0	9,90	98,1	72,1	72,1	7,21	7,21
3	0	150	225,6	165,7		182,6	134,2		128,4	94,3				
4	0	200	269,6	198,1	198,1	13,20	225,5	165,6	11,04	155,1	113,9	113,9	7,60	7,60
5	0	250	318,5	234,0		261,1	191,8		182,4	134,0				
6	0	300	360,1	264,5		298,2	219,1		208,1	152,8				
8	0	400	426,6	313,4		351,6	258,3		241,1	177,1				
10	0	500	467,2	343,2		387,3	284,5		260,3	191,2				
CBR corregido 1"						12,63			9,90					7,21
CBR corregido 2"						13,20			11,04					7,60



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR	
g/cm ³ 1,399		12,63 %	13,20 %
g/cm ³ 1,244		9,90 %	11,04 %
g/cm ³ 0,992		7,21 %	7,60 %
Densidad Máxima Seca 1,219 gr/cm ³			
95% de DMS 1,158 gr/cm ³			
CBR PUNTUAL AL 100 % c		10,01 %	
CBR PUNTUAL AL 95 % c		9,21 %	

MUESTRA N° 3

UBICACIÓN

Abscisa: Km 1+000

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
- Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA:

Km 1+000

UBICACIÓN: Pangua

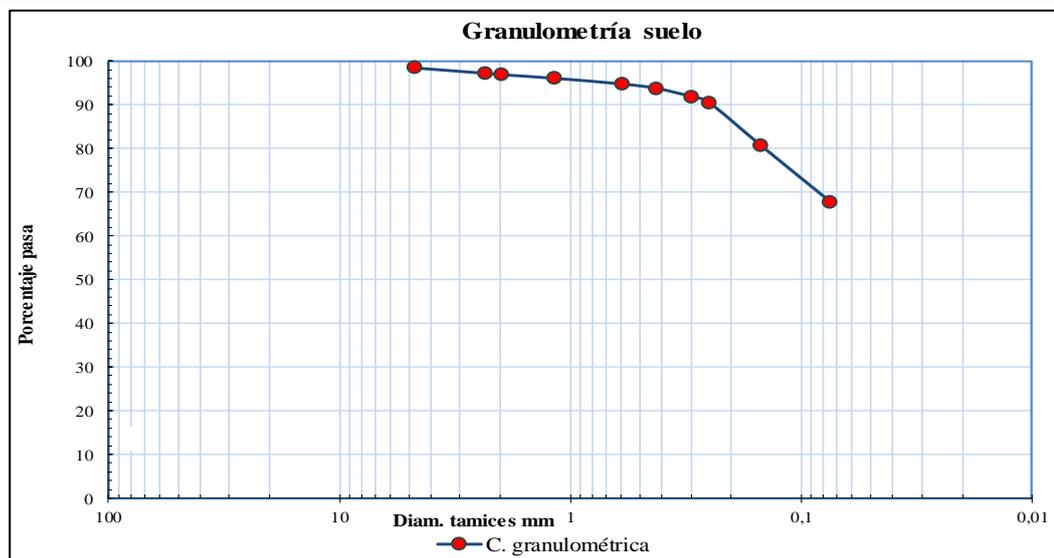
FECHA:

7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	3,60	3,60	1,48	98,52
N.º 8	2,360	3,00	6,60	2,71	97,29
N.º 10	2,000	0,80	7,40	3,03	96,97
N.º 16	1,180	2,00	9,40	3,85	96,15
N.º 30	0,600	3,20	12,60	5,17	94,83
N.º 40	0,425	2,40	15,00	6,15	93,85
N.º 50	0,300	4,60	19,60	8,04	91,96
N.º 60	0,250	3,40	23,00	9,43	90,57
N.º 100	0,150	23,80	46,80	19,19	80,81
N.º 200	0,075	31,60	78,40	32,15	67,85
PASA N.º 200			165,45	67,85	
TOTAL			243,85		
PESO ANTES DEL LAVADO		243,85	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		78,40	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		165,45	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

			ω %	66,50
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua	Wss
221,55	155,64	56,52	65,91	99,12

Clasificación SUCS:	MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)
Clasificación AASHTO:	A-5 (SUELOS LIMOSOS)



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

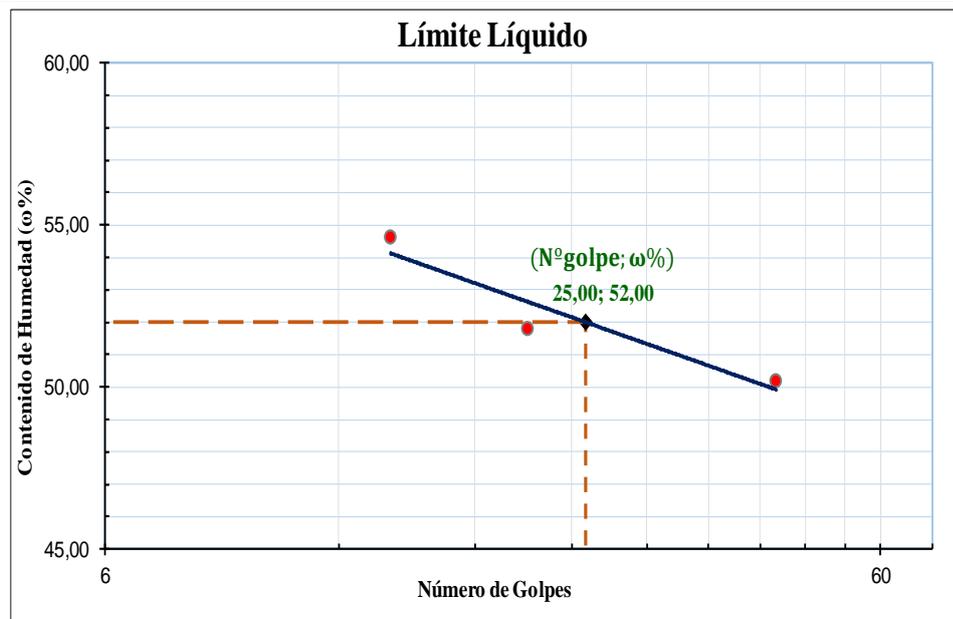
UBICACIÓN: Muestra 3, Km 1+000

FECHA:

4/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		44		21		14	
Recipiente Número		37	60	8A	79	09AI	03AI
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	25,64	23,10	22,33	21,16	26,89	25,64
Peso seco + recipiente	Ws + rec	20,92	19,10	18,43	17,81	21,16	20,68
Peso recipiente	rec	11,06	11,49	10,98	11,28	11,34	10,94
Peso del agua	Ww	4,72	4,00	3,90	3,35	5,73	4,96
Peso de los sólidos	WS	9,86	7,61	7,45	6,53	9,82	9,74
Contenido de humedad	$\omega\%$	47,87	52,56	52,35	51,30	58,38	50,92
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	50,22		51,83		54,65	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		57	58	76
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	5,36	5,09	5,03
Peso seco + recipiente	Ws + rec	5,03	4,85	4,78
Peso recipiente	rec	4,33	4,21	4,17
peso del agua	Ww	0,33	0,24	0,25
Peso de los sólidos	WS	0,70	0,64	0,61
Contenido de humedad	$\omega\%$	47,14	37,50	40,98
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	41,88		

Límite líquido =	52,00 %
Límite plástico =	41,88 %
índice plástico =	10,12 %



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua

SECTOR: El Deseo – Punta Brava

NORMA: AASHTO T - 180

FECHA: 12/4/2022

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ABSCISA: Km 1+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

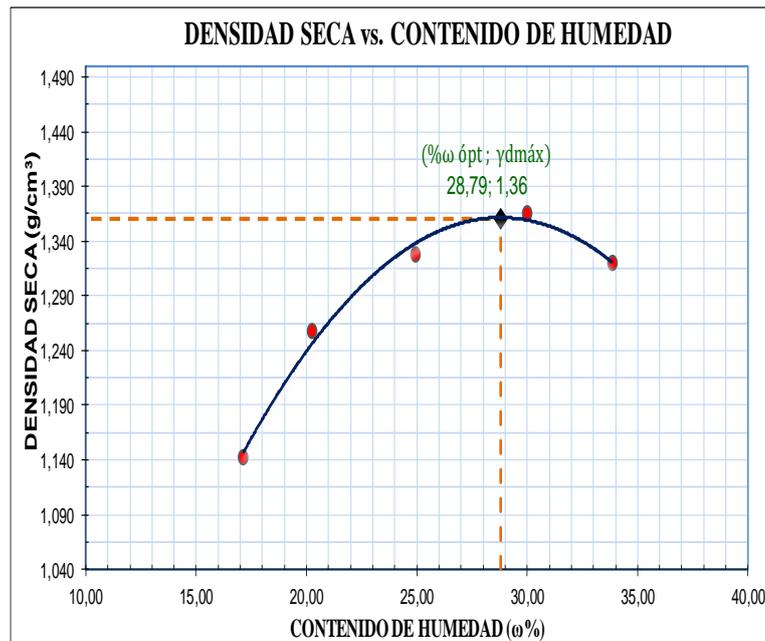
NÚMERO DE GOLPES:	56	VOLUMEN MOLDE cm³:	2304,37	PESO MARTILLO:	10 lb
ALTURA DE CAÍDA:	18"	PESO MOLDE (g):	14593,00	N.º CAPAS:	5

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida	%	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida	cm ³	0	240	480	720	960
P molde + suelo húmedo	g	17676,00	18078,00	18417,00	18681,00	18663,00
Peso suelo húmedo	g	3083,00	3485,00	3824,00	4088,00	4070,00
Densidad Húmeda	g/cm ³	1,338	1,512	1,659	1,774	1,766

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º		87	88	P2	90	6	7	8	64	89	25
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	134,87	134,87	133,39	89,81	111,62	107,37	104,13	100,39	94,15	97,45
Peso seco + recipiente	Ws+rec	119,64	119,64	116,24	79,74	96,16	90,88	86,59	84,44	77,78	78,81
Peso del recipiente	rec	30,76	30,76	30,48	30,69	34,32	24,76	28,78	30,73	28,97	24,29
Peso del agua	Ww	15,23	15,23	17,15	10,07	15,46	16,49	17,54	15,95	16,37	18,64
Peso suelo seco	Ws	88,88	88,88	85,76	49,05	61,84	66,12	57,81	53,71	48,81	54,52
Contenido humedad	ω%	17,14	17,14	20,00	20,53	25,00	24,94	30,34	29,70	33,54	34,19
Contenido humedad promedio	ω%	17,14	20,26	24,97	30,02	33,86					
Densidad Seca	γd	1,142	1,258	1,328	1,364	1,319					



%ωóptima = 28,79

γd máxima = 1,361



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

TIPO: PROCTOR MODIFICADO

SECTOR: El Deseo - Punta Brava

SECTOR: Pangua

NORMA: AASHTO T-180

FECHA: 21/4/2022

SUELO: MH

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE	M3/R2		M011		M02		
	5		5		5		
N.º DE CAPAS	56		27		11		
N.º DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
PESO HÚMEDO + MOLDE	g	12285,00	13079,00	12904,00	13721,00	12320,00	13170,00
PESO MOLDE	g	8677,00	8677,00	9644,00	9644,00	9309,00	9309,00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	3608,00	4402,00	3260,00	4077,00	3011,00	3861,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³	2353,68	2353,68	2311,04	2311,04	2311,04	2311,04
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³	1,533	1,870	1,411	1,764	1,303	1,671
DENSIDAD SECA	g/cm³	1,246	1,276	1,146	1,158	1,056	1,090
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³	1,261		1,152		1,073	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º	54	102	29	42	2B	70	13	83	5	61	H4	108	
PESO HÚMEDO + TARRO	g	93,89	96,55	94,08	122,87	108,71	134,90	90,85	76,61	95,74	94,52	108,24	118,26
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g	82,03	84,33	71,35	95,77	92,76	120,44	66,32	61,71	82,22	82,30	80,77	88,19
PESO AGUA	g	11,86	12,22	22,73	27,10	15,95	14,46	24,53	14,90	13,52	12,22	27,47	30,07
PESO TARRO	g	30,60	31,17	26,63	31,72	24,04	57,64	22,84	30,84	24,20	30,14	30,52	30,19
PESO MUESTRA SECA	g	51,43	53,16	44,72	64,05	68,72	62,80	43,48	30,87	58,02	52,16	50,25	58,00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	23,06	22,99	50,83	42,31	23,21	23,03	56,42	48,27	23,30	23,43	54,67	51,84
CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO	%	23,02		46,57		23,12		52,34		23,37		53,26	
AGUA ABSORBIDA	%	23,55		29,22		29,89							

DATOS DE MOLDES USADOS EN ENSAYO CBR

MOLDE					PESA		VOLUMEN		VOLUMEN
COD	MOLDE	PESO	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	MOLDE	PESA	ÚTIL
M3/R2	3/R2	8677,00	15,3	17,8	15	5,2	3272,60	918,92	2353,68
M011	11	9644,00	15,2	17,8	15	5,2	3229,96	918,92	2311,04
M02	2	9309,00	15,2	17,8	15	5,2	3229,96	918,92	2311,04



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

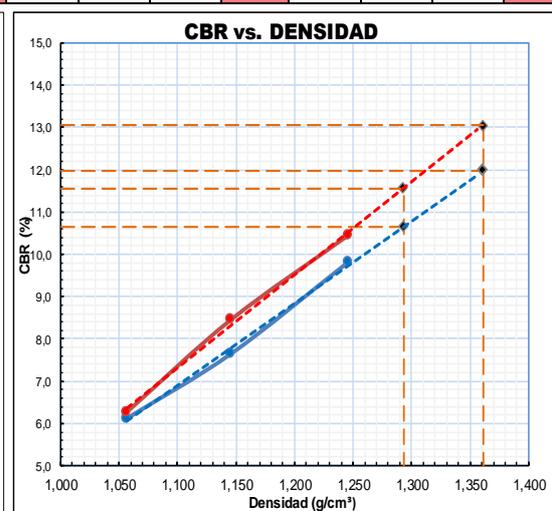
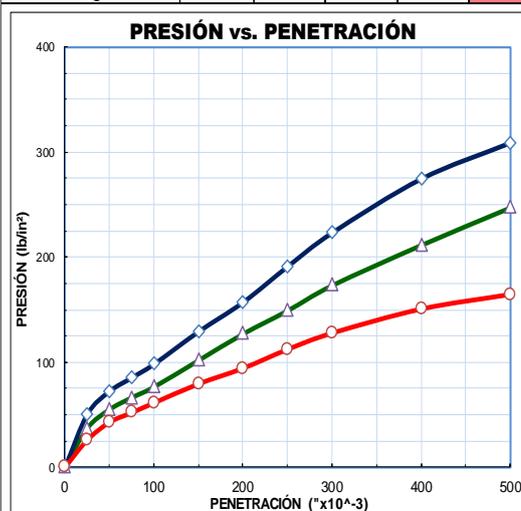
LECTURA DIAL en (in x 10⁻²)

MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL in	h	ESPONJ		LECT DIAL in	h	ESPONJ		LECT DIAL in	h	ESPONJ	
	HORA	DÍAS		Mues in	in	% x10 ⁻²		Mues in	in	% x10 ⁻²		Mues in	in	% x10 ⁻²
21/4/2022	12:00	0	1,69	5,00	0,00	0,00	0,08	5,00	0,00	0,00	0,28	5,00	0,00	0,00
22/4/2022	12:10	1	1,71		1,26	0,25	0,13		4,76	0,95	0,29		1,46	0,29
23/4/2022	12:20	2	1,74		4,25	0,85	0,14		5,91	1,18	0,32		4,06	0,81

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in²

MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
TIEMPO			Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET. "x10 ⁻³ "		LEÍDA	CORRG			LEÍDA	CORRG			LEÍDA	CORRG	
			in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%
		0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0	30	25	68,6	50,4			50,7	37,2			35,3	25,9		
1	0	50	98,3	72,2			75,0	55,1			58,3	42,8		
1	30	75	115,9	85,1			90,4	66,4			70,8	52,0		
2	0	100	133,5	98,1	98,1	9,81	104,2	76,6	76,6	7,66	83,4	61,3	61,3	6,13
3	0	150	175,5	128,9			138,6	101,8			108,0	79,3		
4	0	200	213,5	156,9	156,9	10,46	172,9	127,0	127,0	8,47	128,2	94,2	94,2	6,28
5	0	250	259,7	190,8			203,0	149,1			152,6	112,1		
6	0	300	303,3	222,8			235,6	173,1			173,6	127,5		
8	0	400	373,0	274,0			287,7	211,4			204,7	150,4		
10	0	500	419,6	308,3			336,3	247,1			223,6	164,3		
CBR corregido 1"						9,81				7,66				6,13
CBR corregido 2"						10,46				8,47				6,28



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR	
g/cm ³ 1,246		9,81 %	10,46 %
g/cm ³ 1,146		7,66 %	8,47 %
g/cm ³ 1,056		6,13 %	6,28 %
Densidad Máxima Seca		1,361	gr/cm ³
95% de DMS		1,293	gr/cm ³
CBR PUNTUAL AL 100 % c			11,97 %
CBR PUNTUAL AL 95 % c			10,65 %

MUESTRA N° 4

UBICACIÓN

Abscisa: Km 1+500

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
- Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA:

Km 1+000

UBICACIÓN: Pangua

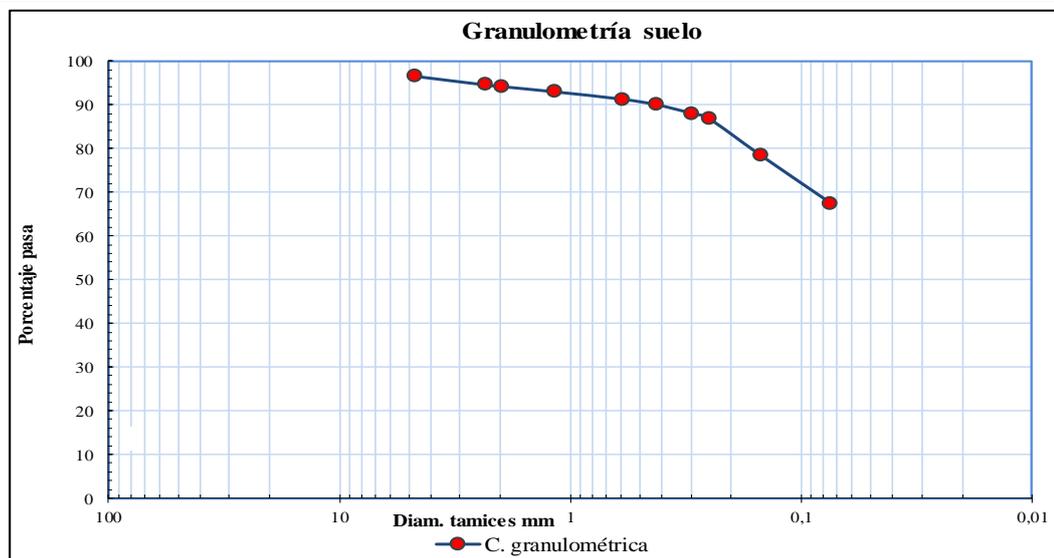
FECHA:

7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	10,00	10,00	3,32	96,68
N.º 8	2,360	6,00	16,00	5,31	94,69
N.º 10	2,000	1,20	17,20	5,71	94,29
N.º 16	1,180	3,60	20,80	6,90	93,10
N.º 30	0,600	5,15	25,95	8,61	91,39
N.º 40	0,425	3,80	29,75	9,87	90,13
N.º 50	0,300	5,90	35,65	11,83	88,17
N.º 60	0,250	3,90	39,55	13,13	86,87
N.º 100	0,150	25,20	64,75	21,49	78,51
N.º 200	0,075	33,00	97,75	32,44	67,56
PASA N.º 200			203,56	67,56	
TOTAL			301,31		
PESO ANTES DEL LAVADO		301,31	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		97,75	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		203,56	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

				ω %	65,51
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua		
225,34	166	75,42	59,34		

Clasificación SUCS:	MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)
Clasificación AASHTO:	A-7-5 (SUELOS ARCILLOSOS)



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

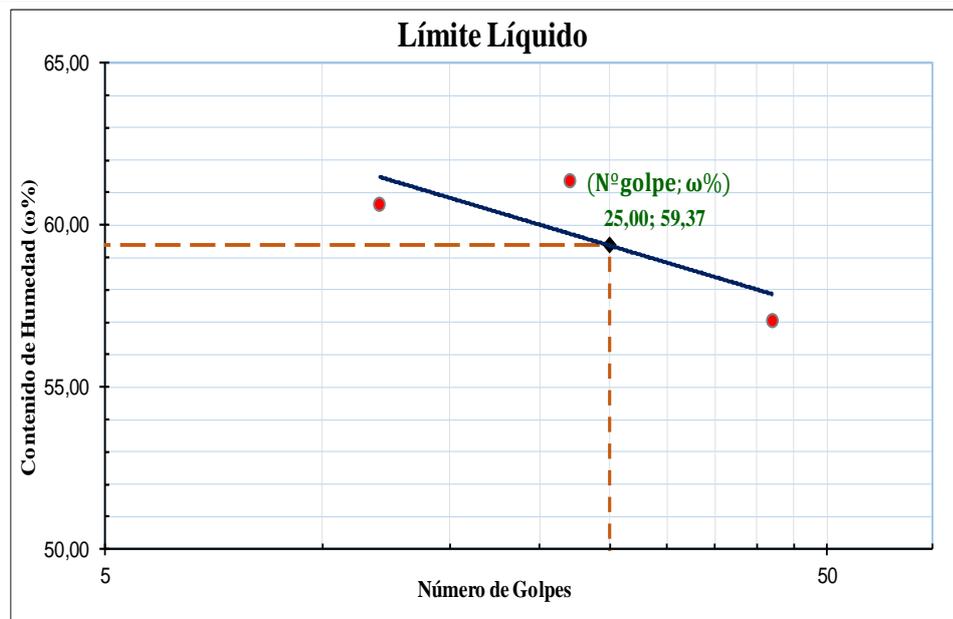
UBICACIÓN: Muestra 3, Km 1+000

FECHA:

4/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes	42		22		12		
Recipiente Número	2	29	98	7A	9A	79B	
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	24,78	22,69	19,59	18,50	21,46	22,97
Peso seco + recipiente	Ws + rec	19,84	18,50	15,75	14,93	16,84	17,85
Peso recipiente	rec	10,96	11,34	9,23	9,34	9,39	9,21
Peso del agua	Ww	4,94	4,19	3,84	3,57	4,62	5,12
Peso de los sólidos	WS	8,88	7,16	6,52	5,59	7,45	8,64
Contenido de humedad	$\omega\%$	55,63	58,52	58,90	63,86	62,01	59,26
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	57,08		61,38		60,64	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	20I	33A	40A	
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	5,14	5,12	5,17
Peso seco + recipiente	Ws + rec	4,84	4,85	4,87
Peso recipiente	rec	4,22	4,24	4,21
peso del agua	Ww	0,30	0,27	0,30
Peso de los sólidos	WS	0,62	0,61	0,66
Contenido de humedad	$\omega\%$	48,39	44,26	45,45
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	46,03		

Límite líquido =	59,37 %
Límite plástico =	46,03 %
índice plástico =	13,34 %



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua

SECTOR: El Deseo – Punta Brava

NORMA: AASHTO T - 180

FECHA: 12/4/2022

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ABSCISA: Km 1+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

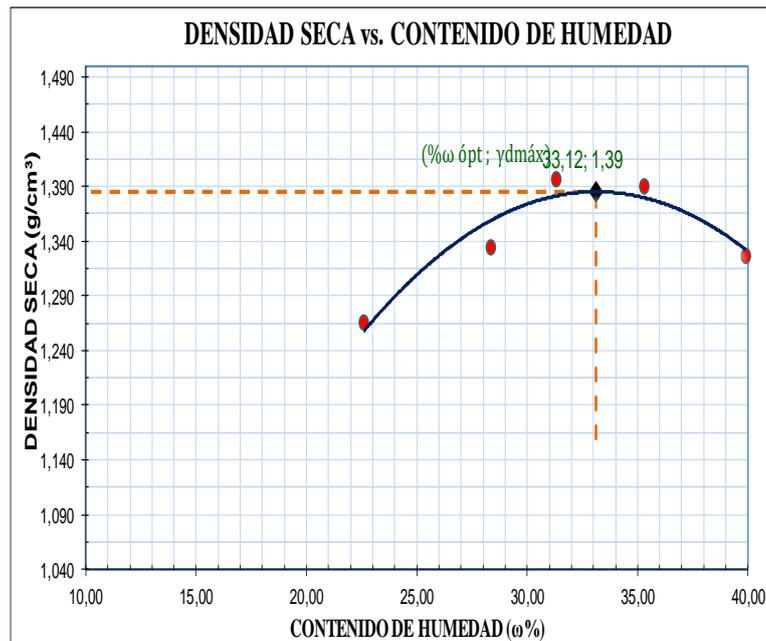
NÚMERO DE GOLPES:	56	VOLUMEN MOLDE cm³:	2304,37	PESO MARTILLO:	10 lb
ALTURA DE CAÍDA:	18"	PESO MOLDE (g):	14593,00	N.º CAPAS:	5

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida	%	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida	cm ³	0	240	480	720	960
P molde + suelo húmedo	g	18166,00	18539,00	18816,00	18925,00	18868,00
Peso suelo húmedo	g	3573,00	3946,00	4223,00	4332,00	4275,00
Densidad Húmeda	g/cm ³	1,551	1,712	1,833	1,880	1,855

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º		87	88	P2	90	6	7	8	64	89	25
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	120,09	116,54	132,02	114,11	98,54	104,41	91,93	88,91	90,13	95,05
Peso seco + recipiente	Ws+rec	102,82	100,95	110,44	95,35	83,05	84,90	75,59	73,80	72,96	75,79
Peso del recipiente	rec	27,805	30,68	30,96	31,835	32,51	23,925	29,56	30,735	29,76	27,75
Peso del agua	Ww	17,265	15,595	21,585	18,76	15,49	19,505	16,345	15,11	17,165	19,255
Peso suelo seco	Ws	75,02	70,27	79,475	63,51	50,535	60,98	46,025	43,07	43,2	48,04
Contenido humedad	w%	23,02	22,19	27,16	29,54	30,65	31,99	35,51	35,09	39,73	40,08
Contenido humedad promedio	w%	22,60	28,35	31,32	35,30	39,91					
Densidad Seca	γd	1,265	1,334	1,396	1,389	1,326					



%ω óptima = 33,12

γd máxima = 1,385



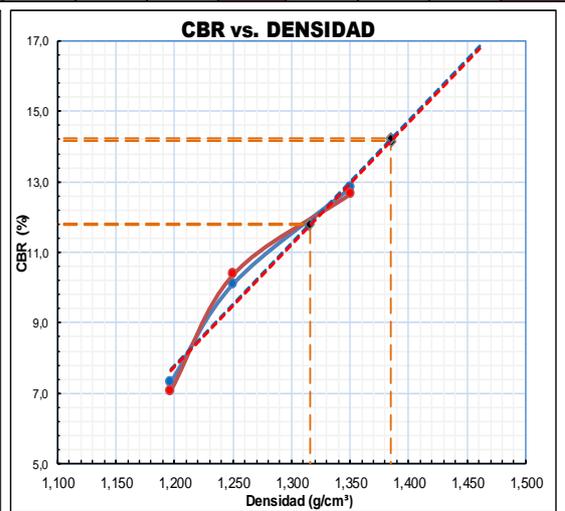
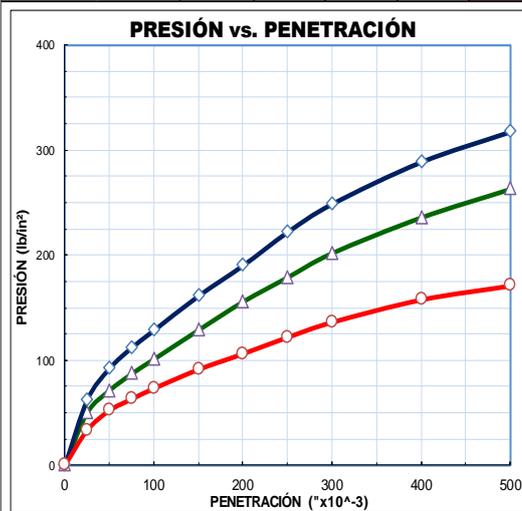
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en (in x 10 ⁻²)														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
FECHA	TIEMPO		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ	
	DÍA Y MES	HORA		DÍAS	Mues	in		%	Mues	in		%	Mues	in
			in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²	
21/4/2022	12:00	0	0,05	5,00	0,00	0,00	0,07	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00
22/4/2022	12:10	1	0,05		0,59	0,12	0,08		0,47	0,09	0,05		1,69	0,34
23/4/2022	12:20	2	0,07		2,17	0,43	0,09		1,42	0,28	0,07		2,83	0,57

ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in ²														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
TIEMPO			Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET.		LECT	LEÍDA			CORRG	LECT			LEÍDA	CORRG	
		"x10 ⁻³	DIAL	lb/in ²		%	DIAL	lb/in ²		%	DIAL	lb/in ²		%
		0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0	30	25	84,6	62,2		68,1	50,0			45,6	33,5			
1	0	50	125,3	92,1		97,0	71,2			71,1	52,2			
1	30	75	152,2	111,8		118,6	87,1			85,8	63,0			
2	0	100	174,7	128,3	128,3	12,83	137,5	101,0	101,0	10,10	99,6	73,2	73,2	7,32
3	0	150	219,3	161,1		175,2	128,7			124,2	91,2			
4	0	200	258,7	190,0	190,0	12,67	211,9	155,7	155,7	10,38	144,5	106,2	106,2	7,08
5	0	250	301,8	221,7		243,4	178,8			165,8	121,8			
6	0	300	338,2	248,4		274,7	201,8			185,2	136,1			
8	0	400	392,4	288,3		320,8	235,7			214,3	157,4			
10	0	500	431,6	317,1		357,7	262,8			232,3	170,6			
CBR corregido 1"						12,83				10,10				7,32
CBR corregido 2"						12,67				10,38				7,08



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR		Densidad Máxima Seca	1,385	gr/cm ³
g/cm ³	1,351	12,83 %	12,67 %	95% de DMS	1,316	gr/cm ³
g/cm ³	1,250	10,10 %	10,38 %	CBR PUNTUAL AL 100 % c		
g/cm ³	1,197	7,32 %	7,08 %	CBR PUNTUAL AL 95 % c		
						14,22 %
						11,81 %

MUESTRA N° 5

UBICACIÓN

Abscisa: Km 2+000

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
 - Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA:

Km 2+000

UBICACIÓN: Pangua

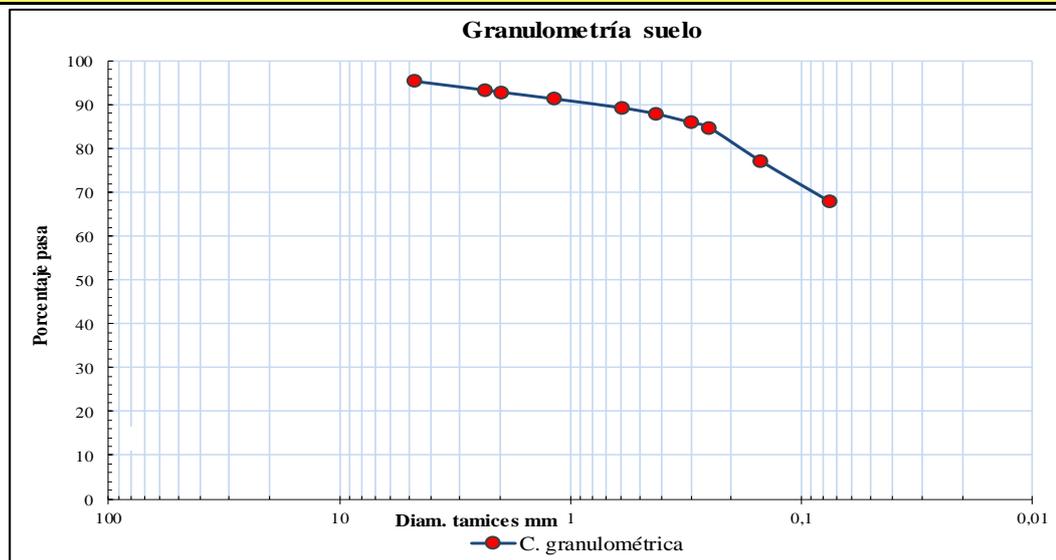
FECHA:

7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	16,60	16,60	4,62	95,38
N.º 8	2,360	7,20	23,80	6,62	93,38
N.º 10	2,000	1,80	25,60	7,12	92,88
N.º 16	1,180	5,40	31,00	8,63	91,37
N.º 30	0,600	7,40	38,40	10,69	89,31
N.º 40	0,425	5,00	43,40	12,08	87,92
N.º 50	0,300	7,00	50,40	14,03	85,97
N.º 60	0,250	4,20	54,60	15,20	84,80
N.º 100	0,150	27,20	81,80	22,77	77,23
N.º 200	0,075	33,40	115,20	32,06	67,94
PASA N.º 200			244,11	67,94	
TOTAL			359,31		
PESO ANTES DEL LAVADO		359,31	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		115,20	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		244,11	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

				ω %	64,31
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua	Wss	
229,13	176,36	94,31	52,77	82,05	
Clasificación SUCS:		MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)			
Clasificación AASHTO:		A-7-5 (SUELOS ARCILLOSOS)			



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

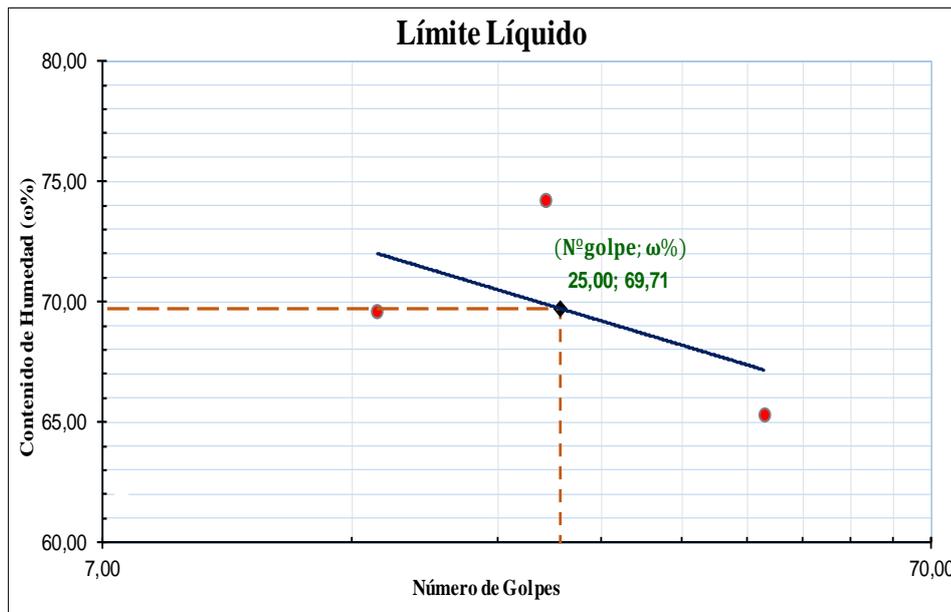
UBICACIÓN: Muestra 5, Km 2+000

FECHA:

4/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes	44		24		15		
Recipiente Número	65	73	45	7	56	67	
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	23,92	22,27	16,84	15,83	16,02	20,30
Peso seco + recipiente	Ws + rec	18,75	17,90	13,07	12,05	12,52	15,01
Peso recipiente	rec	10,86	11,18	7,47	7,39	7,44	7,48
Peso del agua	Ww	5,17	4,37	3,77	3,78	3,50	5,29
Peso de los sólidos	WS	7,89	6,72	5,60	4,66	5,08	7,53
Contenido de humedad	$\omega\%$	65,53	65,03	67,32	81,12	68,90	70,25
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	65,28		74,22		69,57	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	D1	T1	49	
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	4,91	5,15	5,31
Peso seco + recipiente	Ws + rec	4,64	4,84	4,95
Peso recipiente	rec	4,11	4,27	4,24
peso del agua	Ww	0,27	0,31	0,36
Peso de los sólidos	WS	0,53	0,57	0,71
Contenido de humedad	$\omega\%$	50,94	54,39	50,70
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	52,01		

Límite líquido =	69,71 %
Límite plástico =	52,01 %
índice plástico =	17,70 %



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua	SECTOR: El Deseo – Punta Brava
NORMA: AASHTO T - 180	FECHA: 13/4/2022
MÉTODO: AASHTO MODIFICADO	ABSCISA: Km 2+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

NÚMERO DE GOLPES: 56	VOLUMEN MOLDE cm³: 2304,37	PESO MARTILLO: 10 lb
ALTURA DE CAÍDA: 18"	PESO MOLDE (g): 15121,00	N.º CAPAS: 5

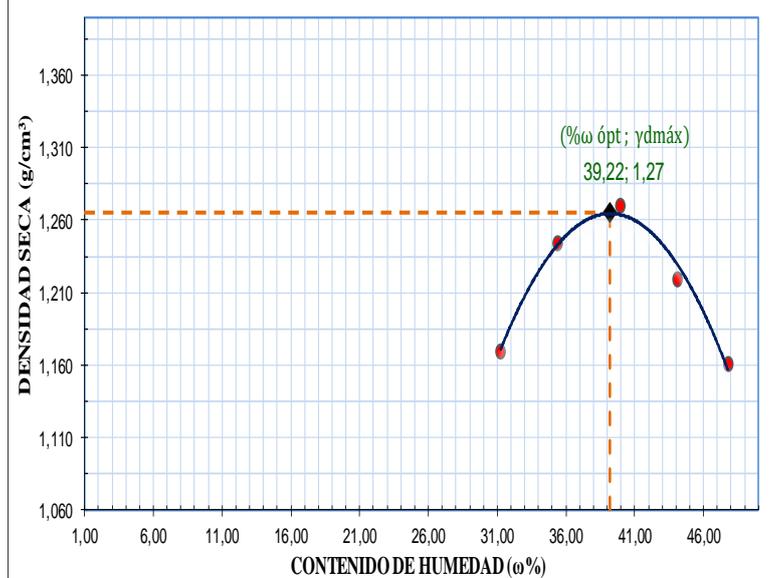
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida cm ³	0	240	480	720	960
P molde + suelo húmedo g	18656,00	19001,00	19216,00	19170,00	19073,00
Peso suelo húmedo g	3535,00	3880,00	4095,00	4049,00	3952,00
Densidad Húmeda g/cm ³	1,534	1,684	1,777	1,757	1,715

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º	46	54	96	H5	75	28	67	76	H-4	74
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	105,30	98,21	130,65	138,40	85,45	101,44	79,73	77,43	86,10	92,64
Peso seco + recipiente Ws+rec	86,00	82,25	104,63	110,95	69,93	78,92	64,58	63,16	68,14	72,77
Peso del recipiente rec	24,85	30,6	31,44	32,98	30,7	23,09	30,34	30,74	30,55	31,21
Peso del agua Ww	19,3	15,96	26,02	27,45	15,52	22,52	15,15	14,27	17,96	19,87
Peso suelo seco Ws	61,15	51,65	73,19	77,97	39,23	55,83	34,24	32,42	37,59	41,56
Contenido humedad ω%	31,56	30,90	35,55	35,21	39,56	40,34	44,25	44,02	47,78	47,81
Contenido humedad promedio ω%	31,23		35,38		39,95		44,13		47,79	
Densidad Seca γd	1,169		1,244		1,270		1,219		1,160	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ω óptima = 39,22

γd máxima = 1,265



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

TIPO: PROCTOR MODIFICADO

SECTOR: El Deseo - Punta Brava

SECTOR: Pangua

NORMA: AASHTO T-180

FECHA: 25/4/2022

SUELO: MH

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE	M3/R2		M011		M02	
	5		5		5	
N.º DE CAPAS	56		27		11	
N.º DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	g 11974,00	12736,00	12690,00	13473,00	12115,00	12931,00
PESO MOLDE	g 8677,00	8677,00	9640,00	9640,00	9310,00	9310,00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g 3297,00	4059,00	3050,00	3833,00	2805,00	3621,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³ 2353,68	2353,68	2311,04	2311,04	2311,04	2311,04
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³ 1,401	1,725	1,320	1,659	1,214	1,567
DENSIDAD SECA	g/cm³ 1,154	1,118	1,080	1,049	0,987	0,985
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³ 1,136		1,065		0,986	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º	62	1	25	82	58	20	59	5	59	19	42l	84
PESO HÚMEDO + TARRO	g 93,36	148,57	96,13	129,84	102,56	106,12	97,20	82,48	106,57	103,42	134,47	151,82
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g 82,32	128,06	71,36	94,32	89,56	91,27	72,25	61,57	92,40	89,06	96,55	107,15
PESO AGUA	g 11,04	20,51	24,77	35,52	13,00	14,85	24,95	20,91	14,17	14,36	37,92	44,67
PESO TARRO	g 30,58	32,23	24,30	30,65	30,86	24,68	30,76	24,20	30,75	26,47	31,72	32,41
PESO MUESTRA SECA	g 51,74	95,83	47,06	63,67	58,70	66,59	41,49	37,37	61,65	62,59	64,83	74,74
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 21,34	21,40	52,63	55,79	22,15	22,30	60,13	55,95	22,98	22,94	58,49	59,77
CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO	% 21,37		54,21		22,22		58,04		22,96		59,13	
AGUA ABSORBIDA	% 32,84				35,82				36,17			

DATOS DE MOLDES USADOS EN ENSAYO CBR

MOLDE					PESA		VOLUMEN		VOLUMEN
COD	MOLDE	PESO	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	MOLDE	PESA	ÚTIL
M3/R2	3/R2	8677,00	15,3	17,8	15	5,2	3272,60	918,92	2353,68
M011	11	9640,00	15,2	17,8	15	5,2	3229,96	918,92	2311,04
M02	2	9310,00	15,2	17,8	15	5,2	3229,96	918,92	2311,04



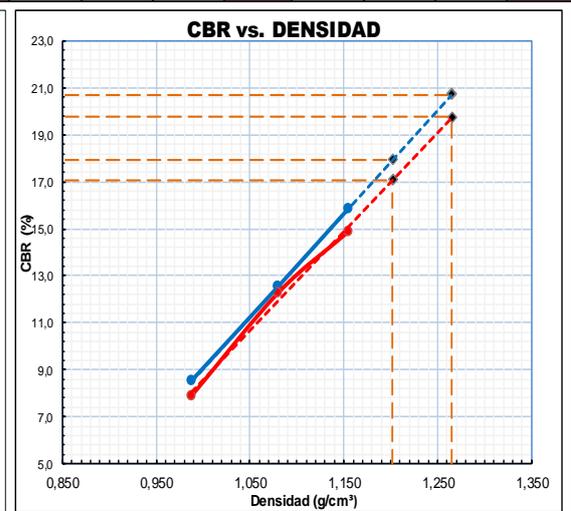
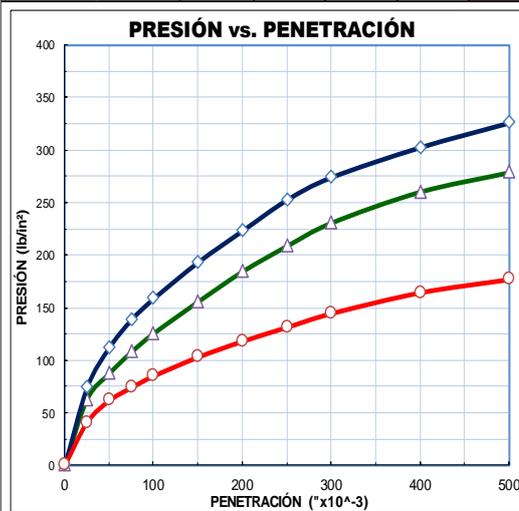
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en (in x 10 ⁻²)														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
FECHA	TIEMPO		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ	
	DÍA Y MES	HORA		DÍAS	Mues	in		%	Mues	in		%	Mues	in
			in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²	
25/4/2022	12:00	0	1,14	5,00	0,00	0,00	1,18	5,00	0,00	0,00	0,43	5,00	0,00	0,00
26/4/2022	12:10	1	1,18		3,74	0,75	1,22		3,54	0,71	0,50		6,26	1,25
27/4/2022	12:20	2	1,20		6,30	1,26	1,25		7,32	1,46	0,52		8,43	1,69

ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in ²														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
TIEMPO			Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET.		LECT	LEÍDA			CORRG	LECT			LEÍDA	CORRG	
		"x10 ⁻³	DIAL	lb/in ²		%	DIAL	lb/in ²		%	DIAL	lb/in ²		%
		0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0	30	25	100,6	73,9		85,5	62,8		55,8	41,0				
1	0	50	152,3	111,9		118,9	87,4		83,9	61,6				
1	30	75	188,5	138,5		146,8	107,8		100,8	74,1				
2	0	100	215,8	158,5	158,5	15,85	170,8	125,5	125,5	12,55	115,8	85,1	85,1	8,51
3	0	150	263,0	193,2		211,8	155,6		140,3	103,1				
4	0	200	303,8	223,2	223,2	14,88	250,9	184,3	184,3	12,29	160,8	118,1	118,1	7,88
5	0	250	343,8	252,6		283,8	208,5		178,9	131,4				
6	0	300	373,0	274,0		313,8	230,5		196,8	144,6				
8	0	400	411,8	302,5		353,9	260,0		223,8	164,4				
10	0	500	443,6	325,9		379,0	278,4		240,9	177,0				
CBR corregido 1"						15,85			12,55					8,51
CBR corregido 2"						14,88			12,29					7,88



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR		Densidad Máxima Seca	1,265	gr/cm ³
g/cm ³	1,154	15,85 %	14,88 %	95% de DMS	1,202	gr/cm ³
g/cm ³	1,080	12,55 %	12,29 %	CBR PUNTUAL AL 100 % c		
g/cm ³	0,987	8,51 %	7,88 %	CBR PUNTUAL AL 95 % c		
					20,71 %	
					17,93 %	

MUESTRA N° 6

UBICACIÓN

Abscisa: Km 2+500

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
 - Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA:

Km 2+000

UBICACIÓN: Pangua

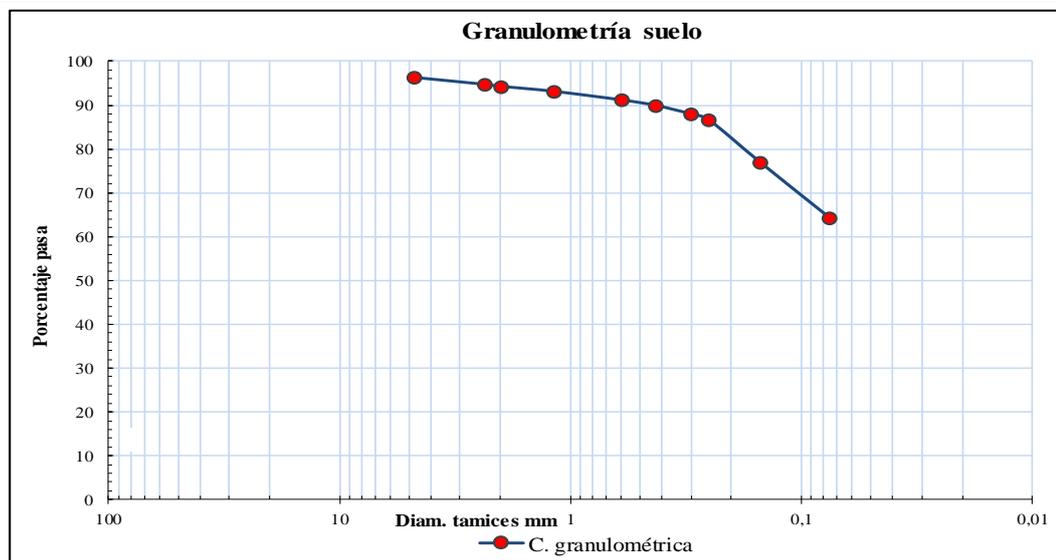
FECHA:

7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	10,80	10,80	3,79	96,21
N.º 8	2,360	4,50	15,30	5,37	94,63
N.º 10	2,000	1,30	16,60	5,83	94,17
N.º 16	1,180	3,25	19,85	6,97	93,03
N.º 30	0,600	5,60	25,45	8,93	91,07
N.º 40	0,425	3,60	29,05	10,20	89,80
N.º 50	0,300	5,50	34,55	12,13	87,87
N.º 60	0,250	4,00	38,55	13,53	86,47
N.º 100	0,150	27,50	66,05	23,18	76,82
N.º 200	0,075	36,10	102,15	35,85	64,15
PASA N.º 200			182,77	64,15	
TOTAL			284,92		
PESO ANTES DEL LAVADO		284,92	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		102,15	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		182,77	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

ω %					67,03
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua	Wss	
247,25	186,68	96,32	60,57	90,36	
Clasificación SUCS:		MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)			
Clasificación AASHTO:		A-7-5 (SUELOS ARCILLOSOS)			



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

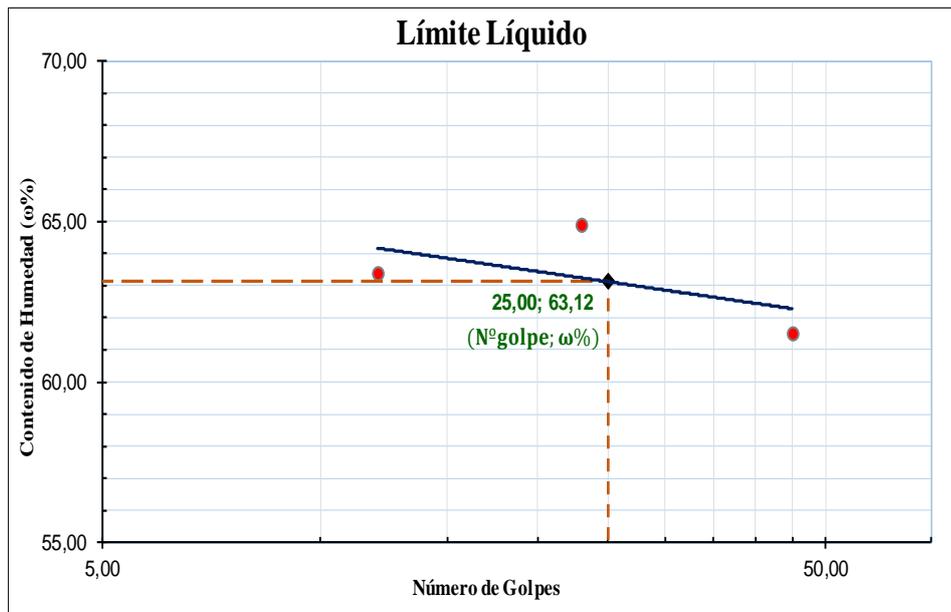
SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

UBICACIÓN: Muestra 5, Km 2+000

FECHA: 4/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		45		23		12	
Recipiente Número		B8	B7	B2	A5	130	128
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	20,42	19,53	18,18	18,08	17,84	21,84
Peso seco + recipiente	Ws + rec	15,58	14,99	14,02	13,82	13,81	16,25
Peso recipiente	rec	7,55	7,75	7,41	7,44	7,41	7,48
Peso del agua	Ww	4,84	4,54	4,16	4,26	4,03	5,59
Peso de los sólidos	WS	8,03	7,24	6,61	6,38	6,40	8,77
Contenido de humedad	$\omega\%$	60,27	62,71	62,93	66,77	62,97	63,74
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	61,49		64,85		63,35	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		C1	T3	L04
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	5,14	5,34	5,17
Peso seco + recipiente	Ws + rec	4,87	5,01	4,89
Peso recipiente	rec	4,31	4,34	4,31
peso del agua	Ww	0,27	0,33	0,28
Peso de los sólidos	WS	0,56	0,67	0,58
Contenido de humedad	$\omega\%$	48,21	49,25	48,28
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	48,58		

Límite líquido =	63,12 %
Límite plástico =	48,58 %
índice plástico =	14,54 %



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua	SECTOR: El Deseo – Punta Brava
NORMA: AASHTO T - 180	FECHA: 13/4/2022
MÉTODO: AASHTO MODIFICADO	ABSCISA: Km 2+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

NÚMERO DE GOLPES: 56	VOLUMEN MOLDE cm³: 2304,37	PESO MARTILLO: 10 lb
ALTURA DE CAÍDA: 18"	PESO MOLDE (g): 15121,00	N.º CAPAS: 5

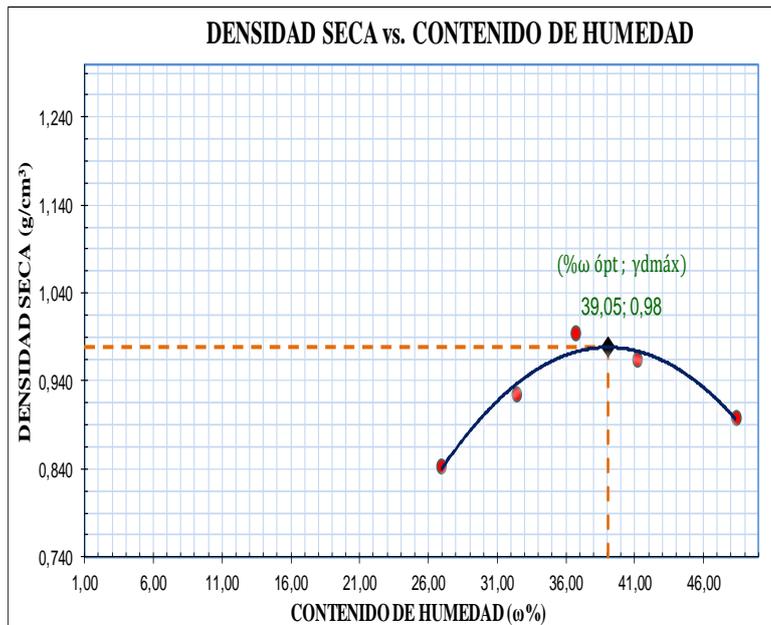
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º	1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida %	0	4	8	12	16
Humedad inicial añadida cm ³	0	240	480	720	960
P molde + suelo húmedo g	17584,00	17942,00	18250,00	18254,00	18190,00
Peso suelo húmedo g	2463,00	2821,00	3129,00	3133,00	3069,00
Densidad Húmeda g/cm ³	1,069	1,224	1,358	1,360	1,332

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º	46	54	96	H5	75	28	67	76	H-4	74
Peso húmedo + recipiente Wm+rec	99,00	90,52	108,78	116,68	101,31	96,56	106,45	111,54	113,09	115,76
Peso seco + recipiente Ws+rec	83,12	77,84	89,61	95,33	82,67	76,78	84,36	88,39	84,55	89,96
Peso del recipiente rec	23,965	30,885	31,085	28,91	31,505	23,43	30,715	32,175	30,785	30,865
Peso del agua Ww	15,885	12,68	19,175	21,35	18,64	19,775	22,085	23,155	28,545	25,8
Peso suelo seco Ws	59,15	46,95	58,52	66,42	51,165	53,35	53,645	56,21	53,76	59,10
Contenido humedad ω%	26,86	27,01	32,77	32,15	36,43	37,07	41,17	41,19	53,10	43,66
Contenido humedad promedio ω%	26,93		32,46		36,75		41,18		48,38	
Densidad Seca γd	0,842		0,924		0,993		0,963		0,898	

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ω óptima = 39,05

γd máxima = 0,978



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

TIPO: PROCTOR MODIFICADO

SECTOR: El Deseo - Punta Brava

SECTOR: Pangua

NORMA: AASHTO T-180

FECHA: 25/4/2022

SUELO: MH

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE	M3/R2		M011		M02		
	5		5		5		
N.º DE CAPAS	56		27		11		
N.º DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
PESO HÚMEDO + MOLDE	g	12100,00	12630,00	12756,00	13266,00	12064,00	12655,00
PESO MOLDE	g	8677,00	8677,00	9640,00	9640,00	9310,00	9310,00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	3423,00	3953,00	3116,00	3626,00	2754,00	3345,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³	2353,68	2353,68	2311,04	2311,04	2311,04	2311,04
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³	1,454	1,679	1,348	1,569	1,192	1,447
DENSIDAD SECA	g/cm³	1,121	1,054	1,033	0,967	0,907	0,883
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³	1,087		1,000		0,895	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º	62	1	25	82	58	20	59	5	59	19	42l	84	
PESO HÚMEDO + TARRO	g	115,83	138,89	90,34	121,68	101,99	89,73	86,18	95,32	118,53	105,34	97,42	94,21
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g	99,65	110,43	66,99	85,03	90,20	72,21	66,18	67,95	98,49	88,49	65,79	70,97
PESO AGUA	g	16,18	28,47	23,35	36,65	11,79	17,52	20,00	27,37	20,04	16,85	31,63	23,24
PESO TARRO	g	30,97	31,41	24,57	27,44	28,55	30,45	31,05	27,52	41,22	27,69	24,55	25,66
PESO MUESTRA SECA	g	68,69	79,02	42,42	57,60	61,66	41,76	35,14	40,43	57,27	60,80	41,24	45,32
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	23,56	36,02	55,03	63,63	19,11	41,95	56,91	67,70	34,98	27,71	76,69	51,27
CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO	%	29,79		59,33		30,53		62,30		31,35		63,98	
AGUA ABSORBIDA	%	29,54				31,77				32,63			

DATOS DE MOLDES USADOS EN ENSAYO CBR

COD	MOLDE				PESA		VOLUMEN		VOLUMEN
	MOLDE	PESO	Díámetro	Altura	Díámetro	Altura	MOLDE	PESA	ÚTIL
M3/R2	3/R2	8677,00	15,3	17,8	15	5,2	3272,60	918,92	2353,68
M011	11	9640,00	15,2	17,8	15	5,2	3229,96	918,92	2311,04
M02	2	9310,00	15,2	17,8	15	5,2	3229,96	918,92	2311,04



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

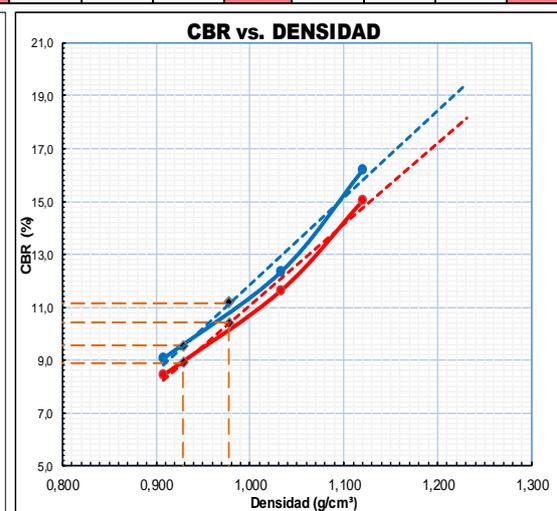
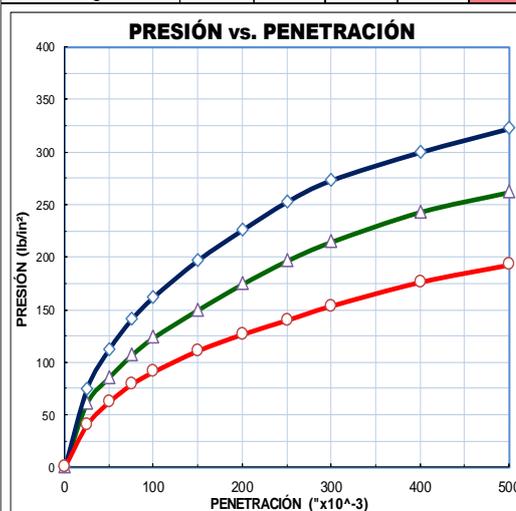
LECTURA DIAL en (in x 10⁻²)

MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
FECHA DÍA Y MES	TIEMPO		LECT DIAL in	h in	ESPONJ		LECT DIAL in	h in	ESPONJ		LECT DIAL in	h in	ESPONJ	
	HORA	DÍAS			in	%			in	%			in	%
25/4/2022	12:00	0	0,93	5,00	0,00	0,00	1,26	5,00	0,00	0,00	0,39	5,00	0,00	0,00
26/4/2022	12:10	1	0,96		3,27	0,65	1,30		3,15	0,63	0,45		5,59	1,12
27/4/2022	12:20	2	0,98		5,75	1,15	1,61		34,41	6,88	0,48		8,74	1,75

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in²

MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
TIEMPO			Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR	Q LECT DIAL	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET. "x10 ⁻³ "		LEÍDA	CORRG			LEÍDA	CORRG			LEÍDA	CORRG	
			in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%	in	lb/in ²	%
		0	0,0	0		0,0	0		0,0	0		0,0	0	
0	30	25	101,8	74,8		82,9	60,9		54,8	40,3				
1	0	50	152,8	112,3		116,3	85,4		84,5	62,0				
1	30	75	191,1	140,4		144,9	106,5		107,1	78,6				
2	0	100	220,4	161,9	161,9	16,19	168,0	123,4	123,4	12,34	123,5	90,7	90,7	9,07
3	0	150	268,1	196,9		203,9	149,8		150,8	110,8				
4	0	200	307,2	225,7	225,7	15,05	237,4	174,4	174,4	11,63	172,1	126,4	126,4	8,43
5	0	250	343,6	252,4		267,4	196,4		190,3	139,8				
6	0	300	371,5	272,9		292,1	214,6		208,8	153,4				
8	0	400	407,8	299,6		330,8	243,0		239,6	176,0				
10	0	500	438,5	322,1		356,5	261,9		261,9	192,4				
CBR corregido 1"						16,19			12,34					9,07
CBR corregido 2"						15,05			11,63					8,43



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR		Densidad Máxima Seca	0,978	gr/cm ³
g/cm ³	1,121	16,19 %	15,05 %	95% de DMS	0,929	gr/cm ³
g/cm ³	1,033	12,34 %	11,63 %	CBR PUNTUAL AL 100 % c		
g/cm ³	0,907	9,07 %	8,43 %	CBR PUNTUAL AL 95 % c		
				11,15 %		
				9,54 %		

MUESTRA N° 7

UBICACIÓN

Abscisa: Km 3+000

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
- Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA:

Km 3+000

UBICACIÓN: Pangua

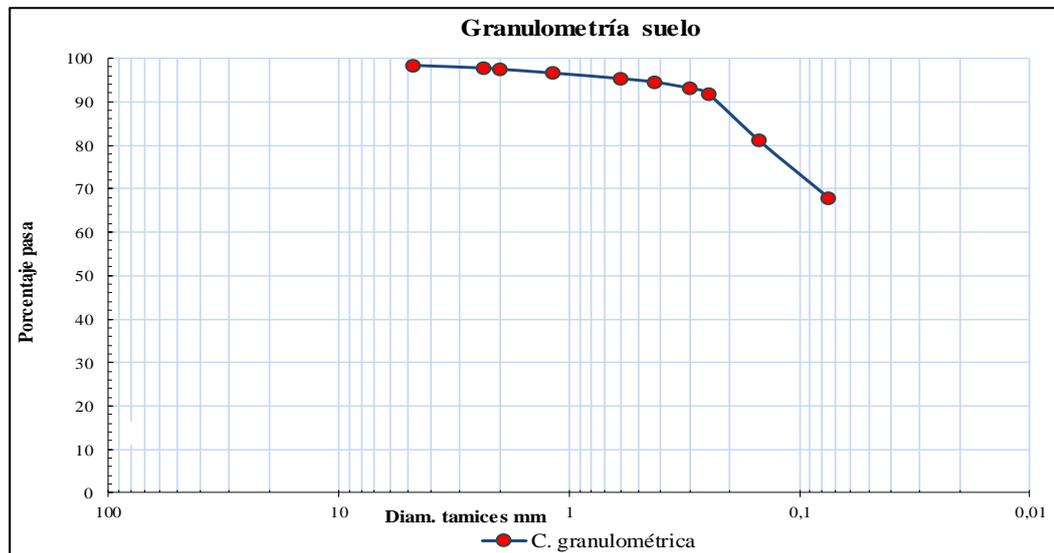
FECHA:

7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	5,00	5,00	1,69	98,31
N.º 8	2,360	1,80	6,80	2,30	97,70
N.º 10	2,000	0,80	7,60	2,57	97,43
N.º 16	1,180	2,60	10,20	3,45	96,55
N.º 30	0,600	3,80	14,00	4,74	95,26
N.º 40	0,425	2,40	16,40	5,55	94,45
N.º 50	0,300	4,20	20,60	6,97	93,03
N.º 60	0,250	3,80	24,40	8,25	91,75
N.º 100	0,150	31,80	56,20	19,01	80,99
N.º 200	0,075	38,80	95,00	32,14	67,86
PASA N.º 200			200,60	67,86	
TOTAL			295,60		
PESO ANTES DEL LAVADO		295,60	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		95,00	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		200,60	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

				ω %	69,83
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua	Wss	
265,87	196,98	98,32	68,89	98,66	

Clasificación SUCS:	MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)
Clasificación AASHTO:	A-7-5 (SUELOS ARCILLOSOS)



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

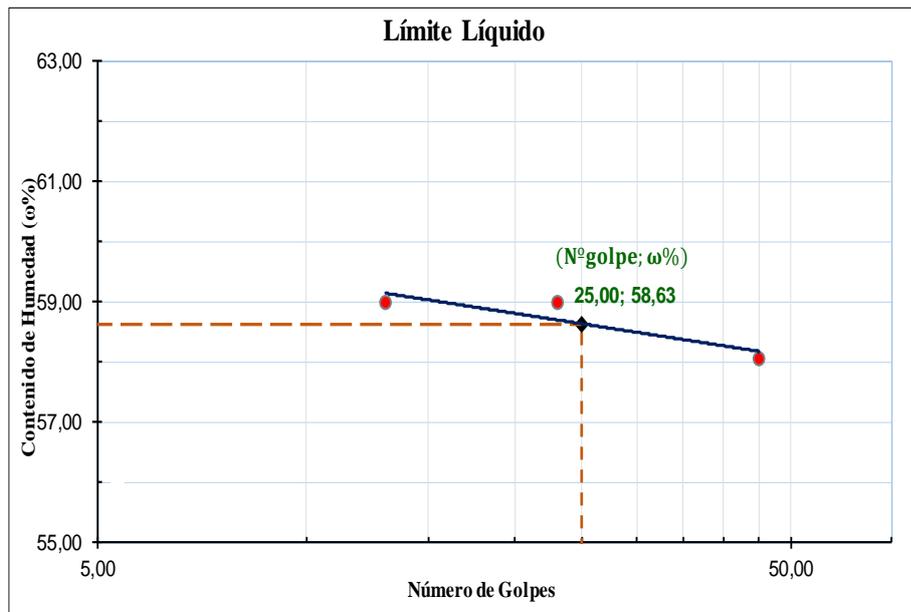
UBICACIÓN: Muestra 7, Km 3+000

FECHA:

6/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		45		23		13	
Recipiente Número		2L	1	26	R	16	68
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	16,92	16,78	19,51	20,33	19,65	23,38
Peso seco + recipiente	Ws + rec	12,40	12,07	14,97	15,59	15,09	17,49
Peso recipiente	rec	4,23	4,32	7,34	7,48	7,38	7,48
Peso del agua	Ww	4,52	4,71	4,54	4,74	4,56	5,89
Peso de los sólidos	WS	8,17	7,75	7,63	8,11	7,71	10,01
Contenido de humedad	$\omega\%$	55,32	60,77	59,50	58,45	59,14	58,84
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	58,05		58,97		58,99	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		D5	64	3
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	5,36	5,52	5,02
Peso seco + recipiente	Ws + rec	5,10	5,17	4,83
Peso recipiente	rec	4,51	4,40	4,38
peso del agua	Ww	0,26	0,35	0,19
Peso de los sólidos	WS	0,59	0,77	0,45
Contenido de humedad	$\omega\%$	44,07	45,45	42,22
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	43,91		

Límite líquido =	58,63	%
Límite plástico =	43,91	%
índice plástico =	14,72	%



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua

SECTOR: El Deseo – Punta Brava

NORMA: AASHTO T - 180

FECHA: 14/4/2022

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ABSCISA: Km 3+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

NÚMERO DE GOLPES:	56	VOLUMEN MOLDE cm ³ :	2283,11	PESO MARTILLO:	10 lb
ALTURA DE CAÍDA:	18"	PESO MOLDE (g):	13348,00	N.º CAPAS:	5

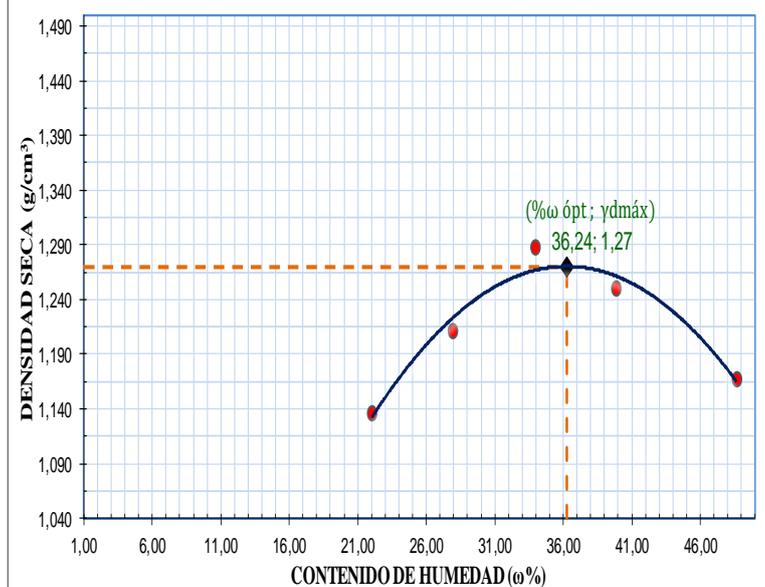
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida	%	5	10	15	20	25
Humedad inicial añadida	cm ³	300	600	900	1200	1500
P molde + suelo húmedo	g	16512,00	16884,00	17284,00	17338,00	17308,00
Peso suelo húmedo	g	3164,00	3536,00	3936,00	3990,00	3960,00
Densidad Húmeda	g/cm ³	1,386	1,549	1,724	1,748	1,734

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º		28	74	64	46	83	01c	171	94	52	88A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	92,70	82,82	86,91	94,95	117,17	91,67	133,16	145,65	140,08	138,88
Peso seco + recipiente	Ws+rec	80,23	73,42	74,58	79,70	95,41	74,64	104,14	113,61	100,95	107,15
Peso del recipiente	rec	23,08	31,17	30,73	24,84	32,31	23,77	31,09	33,61	31,02	30,52
Peso del agua	Ww	12,47	9,4	12,33	15,25	21,76	17,03	29,02	32,04	39,13	31,73
Peso suelo seco	Ws	57,15	42,25	43,85	54,86	63,1	50,87	73,05	80,00	69,93	76,63
Contenido humedad	w%	21,82	22,25	28,12	27,80	34,48	33,48	39,73	40,05	55,96	41,41
Contenido humedad promedio	w%	22,03	27,96	33,98	39,89	48,68					
Densidad Seca	γ _d	1,136	1,210	1,287	1,249	1,167					

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ω óptima = 36,24

γ_d máxima = 1,270



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

TIPO: PROCTOR MODIFICADO

SECTOR: El Deseo - Punta Brava

SECTOR: Pangua

NORMA: AASHTO T-180

FECHA: 28/4/2022

SUELO: MH

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE	M3/R2		M011		M02	
	5		5		5	
N.º DE CAPAS	56		27		11	
N.º DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	g 12187,00	12418,00	12897,00	13126,00	12262,00	12682,00
PESO MOLDE	g 8680,00	8680,00	9647,00	9647,00	9313,00	9313,00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g 3507,00	3738,00	3250,00	3479,00	2949,00	3369,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm ³ 2176,97	2176,97	2134,33	2134,33	2134,33	2134,33
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³ 1,611	1,717	1,523	1,630	1,382	1,578
DENSIDAD SECA	g/cm ³ 1,189	1,161	1,031	1,015	1,014	1,013
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm ³	1,175	1,023	1,023	1,013	1,013

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º	2H	2-2	25	5	19	76	57	59	42	57	42	19
PESO HÚMEDO + TARRO	g 143,43	145,92	84,21	98,78	109,00	89,71	80,80	93,62	112,49	102,91	101,13	90,21
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g 113,86	115,72	65,56	73,74	82,59	70,47	62,26	69,64	89,25	83,75	74,18	67,04
PESO AGUA	g 29,57	30,20	18,65	25,04	26,41	19,24	18,54	23,98	23,24	19,16	26,95	23,17
PESO TARRO	g 30,74	30,50	24,34	24,24	26,49	30,76	31,04	30,75	24,81	31,19	24,84	26,51
PESO MUESTRA SECA	g 83,12	85,22	41,22	49,50	56,10	39,71	31,22	38,89	64,44	52,56	49,34	40,53
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 35,58	35,44	45,25	50,59	47,08	48,45	59,39	61,66	36,06	36,45	54,62	57,17
CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO	% 35,51	35,44	47,92	47,92	47,76	47,76	60,52	60,52	36,26	36,26	55,89	55,89
AGUA ABSORBIDA	%		12,41	12,41	12,41	12,76	12,76	12,76	19,64	19,64	19,64	19,64

DATOS DE MOLDES USADOS EN ENSAYO CBR

COD	MOLDE			PESA		VOLUMEN		VOLUMEN	
	MOLDE	PESO	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	MOLDE	PESA	ÚTIL
M3/R2	3/R2	8680,00	15,3	17,8	15	6,2	3272,60	1095,63	2176,97
M011	11	9647,00	15,2	17,8	15	6,2	3229,96	1095,63	2134,33
M02	2	9313,00	15,2	17,8	15	6,2	3229,96	1095,63	2134,33



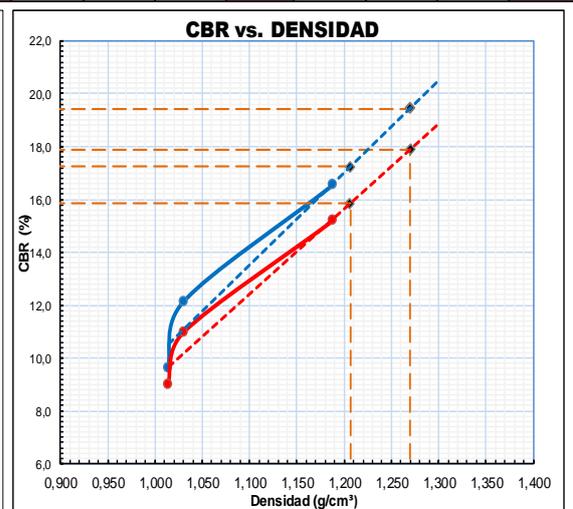
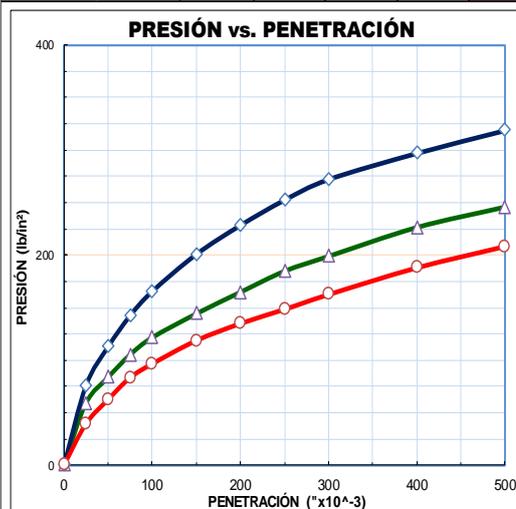
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en (in x 10 ⁻²)														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
FECHA	TIEMPO		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ	
	DÍA Y MES	HORA		DÍAS	Mues	in		%	Mues	in		%	Mues	in
			in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²	
28/4/2022	12:00	0	0,31	5,00	0,00	0,00	1,54	5,00	0,00	0,00	1,06	5,00	0,00	0,00
29/4/2022	12:10	1	0,34		2,87	0,57	1,57		3,15	0,63	1,09		2,24	0,45
2/5/2022	12:20	2	0,37		5,79	1,16	1,60		6,85	1,37	1,09		2,87	0,57

ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in ²														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
TIEMPO			Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET.		LECT	LEÍDA			CORRG	LECT			LEÍDA	CORRG	
		"x10 ⁻³	DIAL	lb/in ²		%	DIAL	lb/in ²		%	DIAL	lb/in ²		%
		0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0	30	25	103,0	75,7			80,3	59,0			53,8	39,5		
1	0	50	153,3	112,6			113,7	83,5			85,0	62,4		
1	30	75	193,6	142,2			143,0	105,1			113,3	83,2		
2	0	100	225,0	165,3	165,3	16,53	165,2	121,4	121,4	12,14	131,2	96,4	96,4	9,64
3	0	150	273,1	200,6			196,0	144,0			161,3	118,5		
4	0	200	310,6	228,2	228,2	15,21	223,9	164,5	164,5	10,97	183,3	134,7	134,7	8,98
5	0	250	343,3	252,2			251,0	184,4			201,6	148,1		
6	0	300	370,0	271,8			270,3	198,6			220,8	162,2		
8	0	400	403,8	296,7			307,6	226,0			255,3	187,6		
10	0	500	433,3	318,3			334,0	245,4			282,9	207,8		
CBR corregido 1"														16,53
CBR corregido 2"														12,14
														10,97
														9,64
														8,98



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR		Densidad Máxima Seca	1,270	gr/cm ³
g/cm ³	1,189	16,53 %	15,21 %	95% de DMS	1,207	gr/cm ³
g/cm ³	1,031	12,14 %	10,97 %	CBR PUNTUAL AL 100 % c		
g/cm ³	1,014	9,64 %	8,98 %	CBR PUNTUAL AL 95 % c		
				19,44 %		
				17,24 %		

MUESTRA N° 8

UBICACIÓN

Abscisa: Km 3+500

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
- Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA:

Km 3+000

UBICACIÓN: Pangua

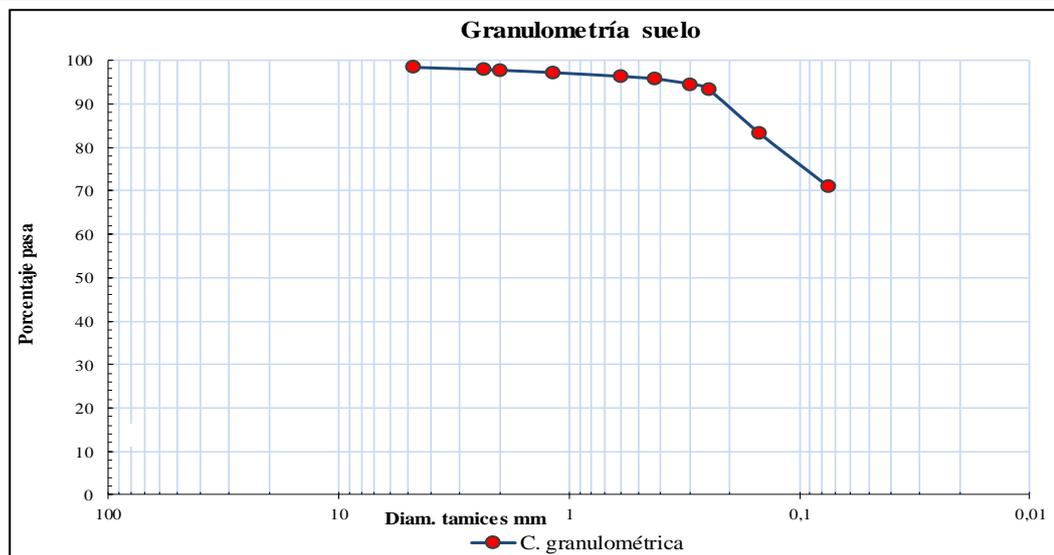
FECHA:

7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	5,00	5,00	1,60	98,40
N.º 8	2,360	1,60	6,60	2,11	97,89
N.º 10	2,000	0,50	7,10	2,27	97,73
N.º 16	1,180	1,70	8,80	2,81	97,19
N.º 30	0,600	2,70	11,50	3,67	96,33
N.º 40	0,425	1,80	13,30	4,25	95,75
N.º 50	0,300	3,70	17,00	5,43	94,57
N.º 60	0,250	3,80	20,80	6,65	93,35
N.º 100	0,150	31,50	52,30	16,71	83,29
N.º 200	0,075	38,70	91,00	29,07	70,93
PASA N.º 200			222,00	70,93	
TOTAL			313,00		
PESO ANTES DEL LAVADO		313,00	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		91,00	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		222,00	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

				ω %	66,04
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua	Wss	
228,38	177,05	99,32	51,33	77,73	

Clasificación SUCS:	MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)
Clasificación AASHTO:	A-7-5 (SUELOS ARCILLOSOS)



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

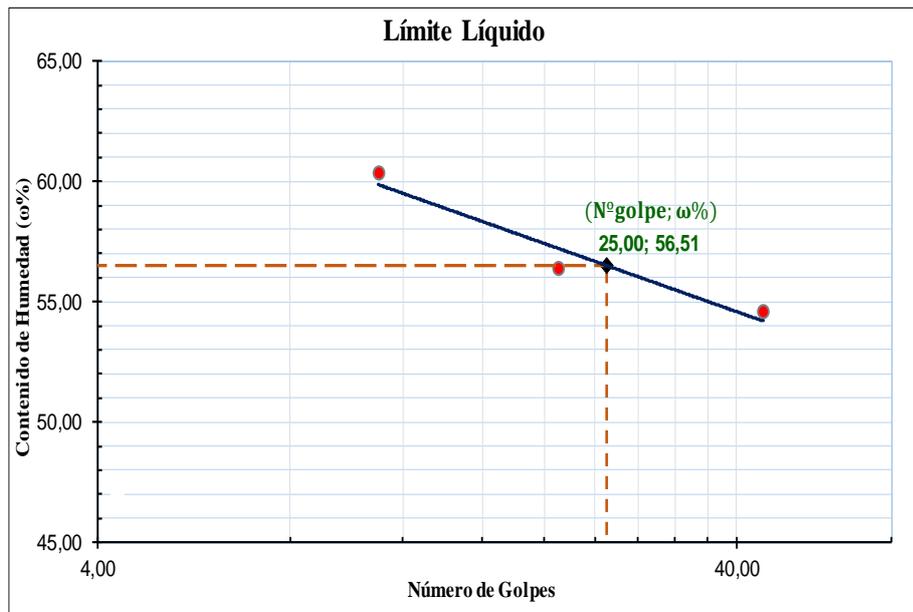
SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

UBICACIÓN: Muestra 7, Km 3+000

FECHA: 6/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes		44		21		11	
Recipiente Número		45	27	55	73	4H	5H
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	18,41	18,12	19,60	21,27	23,11	22,42
Peso seco + recipiente	Ws + rec	14,56	14,37	15,77	16,87	17,82	17,36
Peso recipiente	rec	7,49	7,52	8,95	9,09	9,00	9,02
Peso del agua	Ww	3,85	3,75	3,83	4,40	5,29	5,06
Peso de los sólidos	WS	7,07	6,85	6,82	7,78	8,82	8,34
Contenido de humedad	$\omega\%$	54,46	54,74	56,16	56,56	59,98	60,67
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	54,60		56,36		60,32	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número		201	3A	5D
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	8,79	8,50	8,20
Peso seco + recipiente	Ws + rec	8,41	8,22	8,00
Peso recipiente	rec	7,60	7,58	7,54
peso del agua	Ww	0,38	0,28	0,20
Peso de los sólidos	WS	0,81	0,64	0,46
Contenido de humedad	$\omega\%$	46,91	43,75	43,48
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	44,71		

Límite líquido =	56,51 %
Límite plástico =	44,71 %
índice plástico =	11,80 %



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua

SECTOR: El Deseo – Punta Brava

NORMA: AASHTO T - 180

FECHA: 14/4/2022

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ABSCISA: Km 3+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

NÚMERO DE GOLPES:	56	VOLUMEN MOLDE cm ³ :	2304,37	PESO MARTILLO:	10 lb
ALTURA DE CAÍDA:	18"	PESO MOLDE (g):	15128,00	N.º CAPAS:	5

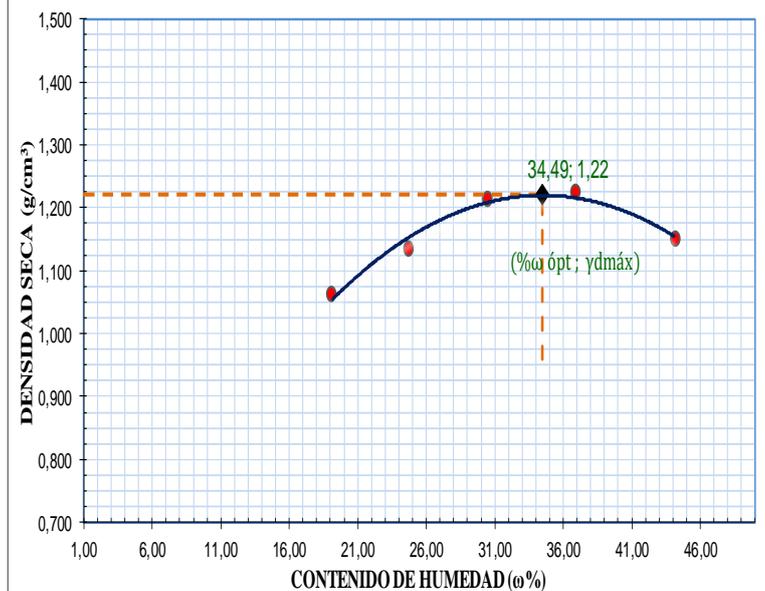
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º		1	2	3	4	5
Humedad inicial añadida	%	5	10	15	20	25
Humedad inicial añadida	cm ³	300	600	900	1200	1500
P molde + suelo húmedo	g	18041,00	18389,00	18776,00	18990,00	18947,00
Peso suelo húmedo	g	2913,00	3261,00	3648,00	3862,00	3819,00
Densidad Húmeda	g/cm ³	1,264	1,415	1,583	1,676	1,657

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º		28	74	64	46	83	01c	171	94	52	88A
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	89,15	79,00	84,16	86,38	104,22	93,54	113,03	119,59	135,82	132,19
Peso seco + recipiente	Ws+rec	79,14	71,33	73,62	74,78	87,03	78,20	90,63	96,07	102,26	103,20
Peso del recipiente	rec	26,89	30,955	30,675	28,02	31,415	27,055	31,01	31,21	31,81	31,965
Peso del agua	Ww	10,015	7,675	10,545	11,605	17,19	15,34	22,395	23,52	33,565	28,99
Peso suelo seco	Ws	52,25	40,37	42,94	46,76	55,615	51,15	59,62	64,86	70,445	71,24
Contenido humedad	w%	19,17	19,01	24,56	24,82	30,91	29,99	37,56	36,27	47,65	40,70
Contenido humedad promedio	w%	19,09	24,69	30,45	36,91	44,17					
Densidad Seca	γd	1,061	1,135	1,214	1,224	1,150					

DENSIDAD SECA vs. CONTENIDO DE HUMEDAD



%ω óptima = 34,49

γd máxima = 1,220



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

TIPO: PROCTOR MODIFICADO

SECTOR: El Deseo - Punta Brava

SECTOR: Pangua

NORMA: AASHTO T-180

FECHA: 28/4/2022

SUELO: MH

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE	M3/R2		M011		M02	
	5		5		5	
N.º DE CAPAS	56		27		11	
N.º DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	g 11994,00	12789,00	12653,00	13440,00	11990,00	12779,00
PESO MOLDE	g 8680,00	8680,00	9647,00	9647,00	9313,00	9313,00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g 3314,00	4109,00	3006,00	3793,00	2677,00	3466,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³ 2176,97	2176,97	2134,33	2134,33	2134,33	2134,33
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³ 1,522	1,887	1,408	1,777	1,254	1,624
DENSIDAD SECA	g/cm³ 1,185	1,159	1,067	1,115	0,936	1,042
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³	1,172	1,091	1,091	0,989	0,989

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º	2H	2-2	25	5	19	76	57	59	42	57	42	19
PESO HÚMEDO + TARRO	g 92,79	140,22	96,30	137,21	98,77	97,94	94,38	89,75	115,57	105,60	114,09	125,01
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g 78,88	116,60	69,89	94,32	80,69	82,61	70,17	65,92	95,06	88,14	82,71	91,03
PESO AGUA	g 13,91	23,62	26,41	42,89	18,08	15,33	24,21	23,84	20,51	17,46	31,38	33,99
PESO TARRO	g 30,89	32,28	24,55	30,64	30,73	27,41	30,91	24,25	44,19	25,33	27,99	28,61
PESO MUESTRA SECA	g 48,00	84,32	45,34	63,68	49,96	55,20	39,27	41,67	50,87	62,81	54,72	62,42
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 28,98	28,01	58,24	67,36	36,18	27,76	61,65	57,20	40,31	27,79	57,35	54,45
CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO	%	28,50	62,80	62,80	31,97	27,76	59,42	59,42	34,05	27,79	55,90	55,90
AGUA ABSORBIDA	%		34,30	34,30	31,97	27,76	27,45	27,45	34,05	27,79	21,85	21,85

DATOS DE MOLDES USADOS EN ENSAYO CBR

COD	MOLDE				PESA		VOLUMEN		VOLUMEN
	MOLDE	PESO	Díámetro	Altura	Díámetro	Altura	MOLDE	PESA	ÚTIL
M3/R2	3/R2	8680,00	15,3	17,8	15	6,2	3272,60	1095,63	2176,97
M011	11	9647,00	15,2	17,8	15	6,2	3229,96	1095,63	2134,33
M02	2	9313,00	15,2	17,8	15	6,2	3229,96	1095,63	2134,33



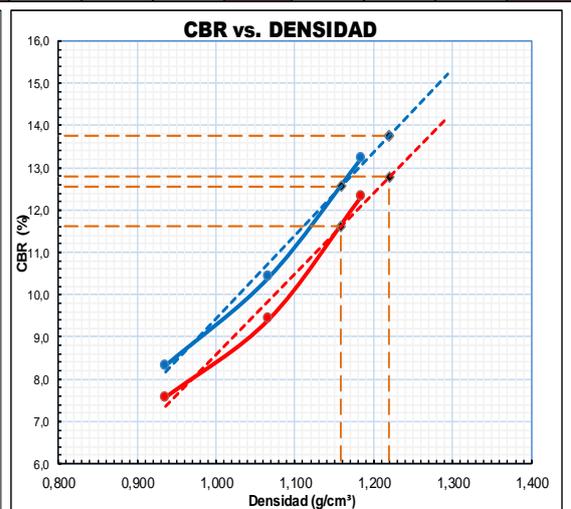
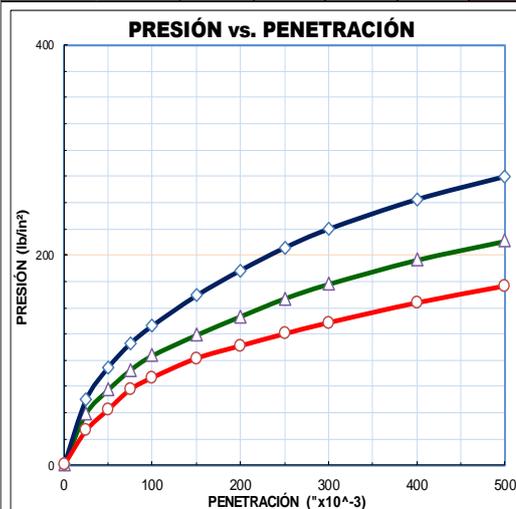
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en (in x 10 ⁻²)														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
FECHA	TIEMPO		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ	
	DÍA Y MES	HORA		DÍAS	Mues	in		%	Mues	in		%	Mues	in
			in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²	
28/4/2022	12:00	0	1,57	5,00	0,00	0,00	0,13	5,00	0,00	0,00	0,20	5,00	0,00	0,00
29/4/2022	12:10	1	1,61		3,35	0,67	0,18		5,24	1,05	0,21		0,91	0,18
2/5/2022	12:20	2	1,66		8,39	1,68	0,20		7,01	1,40	0,24		3,98	0,80

ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in ²														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
TIEMPO			Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET.		LECT DIAL	LEÍDA			CORRG	LECT DIAL			LEÍDA	CORRG	
		"x10 ⁻³	lb/in ²		%	lb/in ²	%	lb/in ²		%				
		0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0	30	25	84,4	62,0		66,3	48,7			44,8	32,9			
1	0	50	125,9	92,5		97,3	71,4			71,8	52,7			
1	30	75	157,0	115,3		122,7	90,1			97,8	71,9			
2	0	100	180,2	132,4	132,4	13,24	141,8	104,1	104,1	10,41	113,3	83,2	83,2	
3	0	150	219,2	161,0		168,3	123,6			138,2	101,5			
4	0	200	252,0	185,1	185,1	12,34	192,4	141,3	141,3	9,42	154,5	113,5	113,5	
5	0	250	281,1	206,5		215,5	158,3			169,9	124,8			
6	0	300	305,4	224,4		234,3	172,1			184,4	135,4			
8	0	400	343,7	252,5		265,5	195,0			210,1	154,3			
10	0	500	373,5	274,4		290,0	213,0			231,8	170,3			
CBR corregido 1"						13,24				10,41			8,32	
CBR corregido 2"						12,34				9,42			7,57	



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR		Densidad Máxima Seca	1,220	gr/cm ³
g/cm ³	1,185	13,24 %	12,34 %	95% de DMS	1,159	gr/cm ³
g/cm ³	1,067	10,41 %	9,42 %	CBR PUNTUAL AL 100 % c		
g/cm ³	0,936	8,32 %	7,57 %	CBR PUNTUAL AL 95 % c		
				13,75 %		
				12,55 %		

MUESTRA N° 9

UBICACIÓN

Abscisa: Km 4+000

REALIZADO

Egdo. Reny Aldás

ENSAYOS

- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia
- Compactación Proctor
 - CBR
- Esponjamiento
- Penetración para CBR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA INEN 872)



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: El Deseo — Punta Brava

ABSCISA:

Km 4+000

UBICACIÓN: Pangua

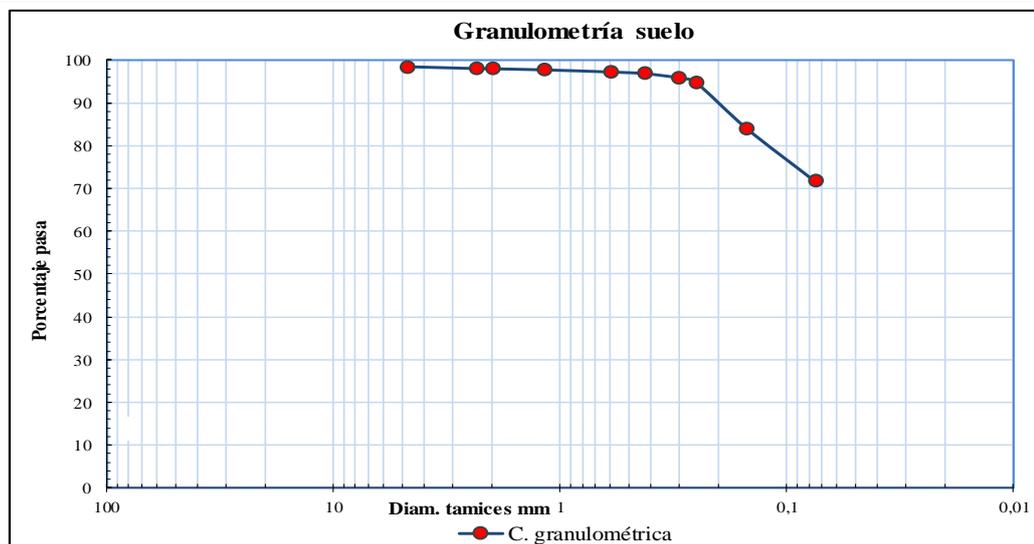
FECHA:

7/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL SUELO

TAMIZ	TAMIZ en mm	PESO RETENIDO	PESO RET/ACUM	% RETENIDO	% QUEPASA
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,520	0,00	0,00	0,00	100,00
N.º 4	4,760	5,00	5,00	1,56	98,44
N.º 8	2,360	1,40	6,40	1,99	98,01
N.º 10	2,000	0,20	6,60	2,06	97,94
N.º 16	1,180	0,80	7,40	2,31	97,69
N.º 30	0,600	1,60	9,00	2,80	97,20
N.º 40	0,425	1,20	10,20	3,18	96,82
N.º 50	0,300	3,20	13,40	4,17	95,83
N.º 50	0,250	3,80	17,20	5,36	94,64
N.º 100	0,150	34,20	51,40	16,01	83,99
N.º 200	0,075	39,60	91,00	28,35	71,65
PASA N.º 200			230,03	71,65	
TOTAL			321,03		
PESO ANTES DEL LAVADO		321,03	PESO CUARTEO ANTES/LAVADO		
PESO DESPUÉS DE LAVADO		91,00	PESO CUARTEO DESPUÉS/LAVADO		
TOTAL - DIFERENCIA		230,03	TOTAL		

2.- GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



3.- CONTENIDO DE HUMEDAD

				ω %	57,43
Wt+SH	Wt+SS	Wtarro	Wagua	Wss	
190,89	157,12	98,32	33,77	58,8	

Clasificación SUCS:	MH (LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD)
Clasificación AASHTO:	A-7-5 (SUELOS ARCILLOSOS)



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



ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO (INEN 691, INEN 692)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

SECTOR: COMUNIDAD EL DESEO - PUNTA BRAVA, PARROQUIA MORASPUNGO, CANTON PANGUA

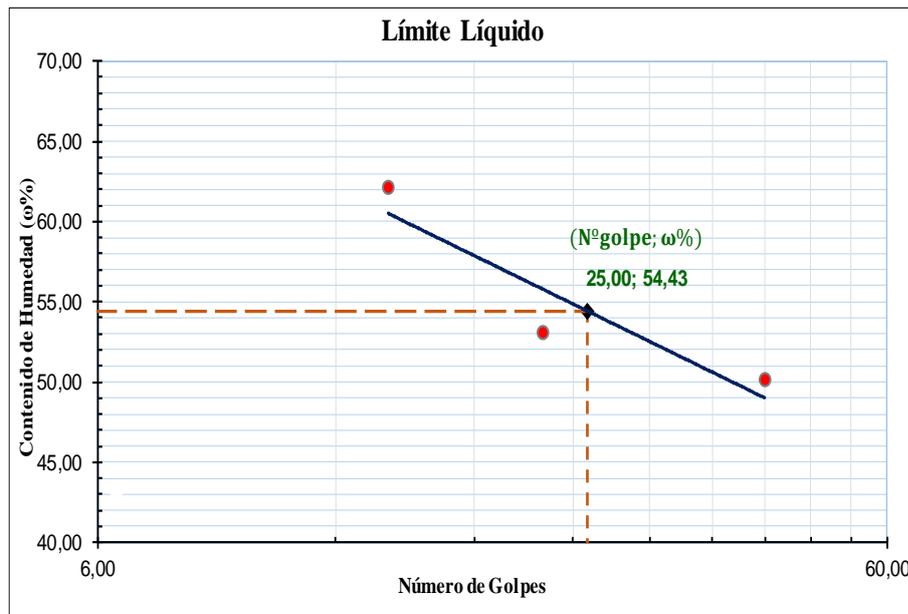
UBICACIÓN: Muestra 9, Km 4+000

FECHA:

6/4/2022

1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

Número de golpes	42		22		14		
Recipiente Número	74	3B	1PM	104M	12I	5	
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	19,90	19,45	19,68	22,20	26,57	21,46
Peso seco + recipiente	Ws + rec	16,71	16,67	16,57	18,15	20,55	17,22
Peso recipiente	rec	10,75	10,72	10,56	10,70	10,62	10,55
Peso del agua	Ww	3,19	2,78	3,11	4,05	6,02	4,24
Peso de los sólidos	WS	5,96	5,95	6,01	7,45	9,93	6,67
Contenido de humedad	$\omega\%$	53,52	46,72	51,75	54,36	60,62	63,57
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	50,12		53,05		62,10	



2.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

Recipiente Número	201M	3AM	6E	
Peso húmedo + recipiente	Wm+ rec	12,22	11,47	11,37
Peso seco + recipiente	Ws + rec	11,72	11,26	11,17
Peso recipiente	rec	10,69	10,75	10,70
peso del agua	Ww	0,50	0,21	0,20
Peso de los sólidos	WS	1,03	0,51	0,47
Contenido de humedad	$\omega\%$	48,54	41,18	42,55
Contenido de humedad promedio	$\omega\%$	44,09		

Límite líquido =	54,43	%
Límite plástico =	44,09	%
índice plástico =	10,34	%



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



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO MÉTODO B (AASHTO T-180)

PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

UBICACIÓN: Pangua

SECTOR: El Deseo – Punta Brava

NORMA: AASHTO T- 180

FECHA: 15/4/2022

MÉTODO: AASHTO MODIFICADO

ABSCISA: Km 4+000

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

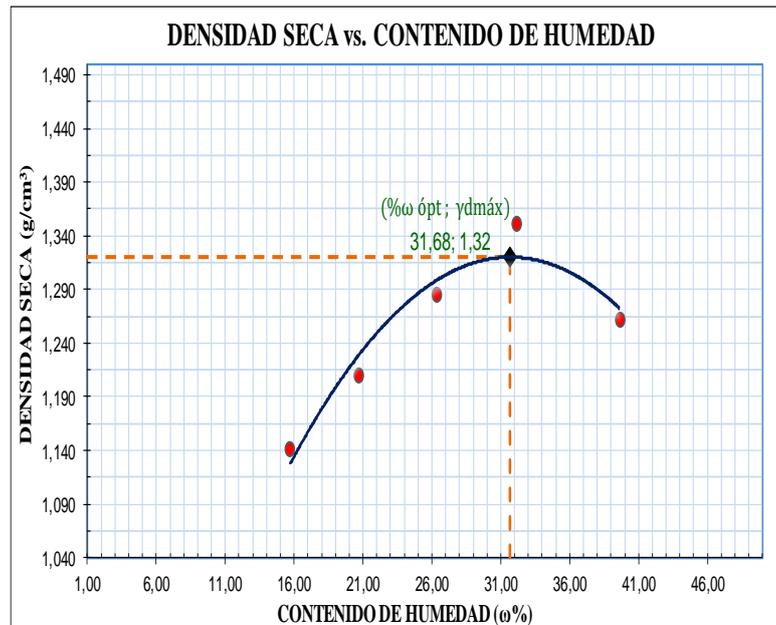
NÚMERO DE GOLPES:	56	VOLUMEN MOLDE cm³:	2304,37	PESO MARTILLO:	10 lb
ALTURA DE CAÍDA:	18"	PESO MOLDE (g):	15128,00	N.º CAPAS:	5

1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO

Muestra N.º	1	2	3	4	5	
Humedad inicial añadida	%	5	10	15	20	25
Humedad inicial añadida	cm ³	300	600	900	1200	1500
P molde + suelo húmedo	g	18170,00	18494,00	18869,00	19243,00	19186,00
Peso suelo húmedo	g	3042,00	3366,00	3741,00	4115,00	4058,00
Densidad Húmeda	g/cm ³	1,320	1,461	1,623	1,786	1,761

2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N.º	75	76	54	74	H-4	67	84	A07	A05	A03	
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	85,60	75,18	81,41	77,81	91,27	95,41	92,89	93,52	131,56	125,50
Peso seco + recipiente	Ws+rec	78,04	69,23	72,65	69,85	78,65	81,76	77,12	78,52	103,56	99,25
Peso del recipiente	rec	30,7	30,74	30,62	31,2	30,52	30,34	30,93	28,81	32,6	33,41
Peso del agua	Ww	7,56	5,95	8,76	7,96	12,62	13,65	15,77	15,00	28	26,25
Peso suelo seco	Ws	47,34	38,49	42,03	38,65	48,13	51,42	46,19	49,71	70,96	65,84
Contenido humedad	ω%	15,97	15,46	20,84	20,60	26,22	26,55	34,14	30,18	39,46	39,87
Contenido humedad promedio	ω%	15,71		20,72		26,38		32,16		39,66	
Densidad Seca	γd	1,141		1,210		1,285		1,351		1,261	



%ω óptima = 31,68

γd máxima = 1,320



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."

TIPO: PROCTOR MODIFICADO

SECTOR: El Deseo - Punta Brava

SECTOR: Pangua

NORMA: AASHTO T-180

FECHA: 2/5/2022

SUELO: MH

ENSAYO CBR

N.º DE MOLDE	M3/R2		M011		M02	
N.º DE CAPAS	5		5		5	
N.º DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
PESO HÚMEDO + MOLDE	g 12014,00	12842,00	12616,00	13407,00	11866,00	12628,00
PESO MOLDE	g 8676,00	8676,00	9641,00	9641,00	9309,00	9309,00
PESO MUESTRA HÚMEDA	g 3338,00	4166,00	2975,00	3766,00	2557,00	3319,00
VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm³ 2162,31	2162,31	2119,67	2119,67	2119,67	2119,67
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³ 1,544	1,927	1,404	1,777	1,206	1,566
DENSIDAD SECA	g/cm³ 1,119	1,173	1,029	1,088	0,903	1,006
DENSIDAD SECA PROMEDIO	g/cm³ 1,146		1,059		0,954	

CONTENIDO DE HUMEDAD

TARRO N.º	102	83	42	82	54	61	57	25	70	5	30	36
PESO HÚMEDO + TARRO	g 92,22	131,86	96,46	144,57	94,97	89,75	91,55	97,02	124,56	107,77	93,70	98,20
PESO MUESTRA SECA + TARRO	g 75,44	105,13	68,42	94,31	77,81	73,95	68,09	70,26	107,72	87,22	68,86	74,90
PESO AGUA	g 16,78	26,73	28,04	50,26	17,16	15,80	23,46	26,76	16,84	20,55	24,84	23,30
PESO TARRO	g 31,19	32,32	24,80	30,63	30,60	30,14	31,05	24,29	57,63	24,19	24,26	24,80
PESO MUESTRA SECA	g 44,25	72,81	43,62	63,68	47,21	43,81	37,04	45,97	50,09	63,03	44,60	50,10
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 37,92	36,71	64,28	78,93	36,35	36,06	63,34	58,21	33,62	32,60	55,70	46,51
CONTENIDO HUMEDAD PROMEDIO	% 37,32		71,60		36,21		60,77		33,11		51,10	
AGUA ABSORBIDA	% 26,36				26,99						22,08	

DATOS DE MOLDES USADOS EN ENSAYO CBR

MOLDE					PESA		VOLUMEN		VOLUMEN
COD	MOLDE	PESO	Diámetro	Altura	Diámetro	Altura	MOLDE	PESA	ÚTIL
M3/R2	3/R2	8676,00	15,3	17,8	15,1	6,2	3272,60	1110,29	2162,31
M011	11	9641,00	15,2	17,8	15,1	6,2	3229,96	1110,29	2119,67
M02	2	9309,00	15,2	17,8	15,1	6,2	3229,96	1110,29	2119,67



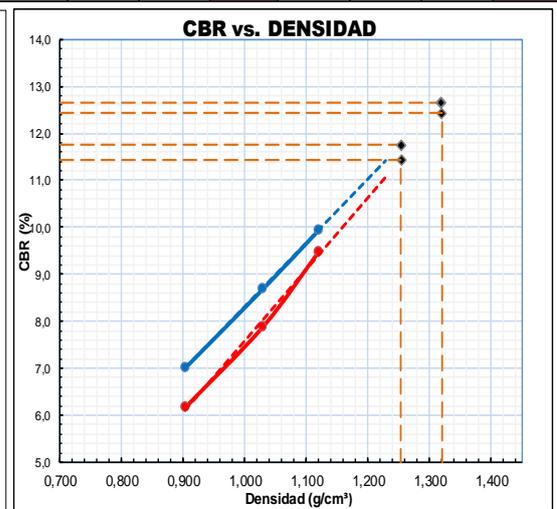
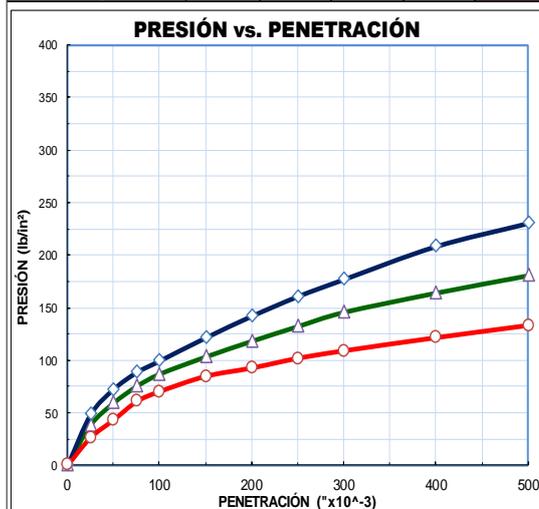
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYO DE PENETRACION CBR.



PROYECTO: "AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI"

ENSAYO C.B.R.														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
LECTURA DIAL en (in x 10 ⁻²)														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
FECHA	TIEMPO		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ		LECT DIAL	h	ESPONJ	
	DÍA Y MES	HORA		DÍAS	Mues	in		%	Mues	in		%	Mues	in
			in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²		in	in	x10 ⁻²	
2/5/2022	18:10	0	0,08	5,00	0,00	0,00	0,03	5,00	0,00	0,00	0,04	5,00	0,00	0,00
3/5/2022	18:08	1	0,09		0,71	0,14	0,04		0,71	0,14	0,04		0,43	0,09
4/5/2022	18:10	2	0,10		1,81	0,36	0,05		1,97	0,39	0,05		1,34	0,27

ENSAYO DE CARGA PENETRACION														
CONSTANTE DE CELDA 2 204 lb ÁREA DEL PISTÓN: 3 in ²														
MOLDE NÚMERO			M3/R2				M011				M02			
TIEMPO			Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR	Q	PRESIONES		CBR
MIN	SEG	PENET.		LECT	LEÍDA			CORRG	LECT			LEÍDA	CORRG	
		"x10 ⁻³	DIAL	lb/in ²		%	DIAL	lb/in ²		%	DIAL	lb/in ²		%
		0	0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0	30	25	65,8	48,3		52,2	38,3			35,8	26,3			
1	0	50	98,5	72,4		80,8	59,4			58,6	43,1			
1	30	75	120,3	88,4		102,3	75,2			82,3	60,5			
2	0	100	135,3	99,4	9,94	118,3	86,9	8,69		95,3	70,0	7,00		
3	0	150	165,3	121,4		140,6	103,3			115,0	84,5			
4	0	200	193,3	142,0	9,47	160,9	118,2	7,88		125,7	92,3	6,16		
5	0	250	218,8	160,7		180,0	132,2			138,2	101,5			
6	0	300	240,8	176,9		198,3	145,7			147,9	108,7			
8	0	400	283,6	208,4		223,3	164,1			164,8	121,1			
10	0	500	313,6	230,4		245,9	180,7			180,6	132,7			
CBR corregido 1"														
CBR corregido 2"														



Densidad Seca γ _d	vs.	Resistencia CBR	
g/cm ³ 1,119		9,94 %	9,47 %
g/cm ³ 1,029		8,69 %	7,88 %
g/cm ³ 0,903		7,00 %	6,16 %
Densidad Máxima Seca 1,320		gr/cm ³	
95% de DMS 1,254		gr/cm ³	
CBR PUNTUAL AL 100 % c		12,65 %	
CBR PUNTUAL AL 95 % c		11,76 %	

**ANEXO E.-
DISEÑO
GEOMÉTRICO**

PUNTOS DE INFLEXIÓN:

IDEN PI	ABSCISADO	ANGULO DE DEFLEXIÓN Δ	COORDENADAS	
			NORTE	ESTE
1	K 20+064,34	26,2760	9.890.682,01	700.898,74
2	K 20+212,05	10,7606	9.890.679,30	700.750,40
3	K 20+508,69	29,0377	9.890.729,38	700.457,96
4	K 20+697,23	84,9609	9.890.666,60	700.278,88
5	K 20+801,01	69,6705	9.890.776,38	700.229,17
6	K 20+868,32	3,2362	9.890.771,05	700.153,61
7	K 21+012,06	2,7285	9.890.769,06	700.010,12
8	K 21+072,77	9,2580	9.890.771,11	699.949,21
9	K 21+171,41	20,2554	9.890.758,53	699.851,35
10	K 21+319,15	27,8508	9.890.791,64	699.707,17
11	K 21+436,12	38,3520	9.890.761,25	699.593,10
12	K 21+528,29	52,2071	9.890.799,04	699.505,89
13	K 21+643,24	22,9999	9.890.741,73	699.401,53
14	K 21+663,85	14,0530	9.890.725,14	699.388,46
15	K 21+703,43	7,5959	9.890.689,03	699.372,25
16	K 21+720,00	55,0678	9.890.674,94	699.363,52
17	K 21+795,12	29,7375	9.890.670,64	699.285,81
18	K 21+989,59	31,5879	9.890.564,69	699.122,03
19	K 22+062,84	3,2203	9.890.562,99	699.048,08
20	K 22+316,17	4,3296	9.890.542,97	698.795,54
21	K 22+398,47	31,1956	9.890.542,68	698.713,25
22	K 22+522,69	47,0717	9.890.477,49	698.606,44
23	K 22+683,66	55,2716	9.890.522,04	698.447,64
24	K 22+800,35	32,6662	9.890.419,99	698.324,28
25	K 22+992,90	13,6397	9.890.400,76	698.166,14
26	K 23+245,18	73,8588	9.890.430,24	697.915,45
27	K 23+302,97	66,3822	9.890.367,11	697.888,85
28	K 23+385,11	92,9764	9.890.365,91	697.799,68
29	K 23+444,61	90,0640	9.890.289,94	697.804,65
30	K 23+538,32	24,5388	9.890.283,50	697.704,59
31	K 23+647,25	16,7633	9.890.231,61	697.607,91
32	K 23+748,77	8,5779	9.890.211,40	697.508,18
33	K 23+869,78	6,1767	9.890.169,94	697.394,48

CURVAS CIRCULARES SIMPLES:

DATOS DEL ALINEAMIENTO			RADIO DE LA CURVA				
NÚMERO CURVA SIMPLE	IDEN PUNTO INFLEXIÓN	ANGULO DE DEFLEXIÓN Δ	VELOCIDAD ESPECIFICA Ve Km/h	PERALTE MÁXIMO e_{max} %	FACTOR FRICCIÓN f	Radio mínimo R min m	Radio asumido R asumido m
1	1	26,2760	40,00	10,00	0,17	46,66	79,94
2	2	10,7606	40,00	10,00	0,17	46,66	110,00
3	3	29,0377	40,00	10,00	0,17	46,66	110,00
4	4	84,9609	40,00	10,00	0,17	46,66	48,00
5	5	69,6705	40,00	10,00	0,17	46,66	48,00
6	8	9,2580	40,00	10,00	0,17	46,66	50,00
7	9	20,2554	40,00	10,00	0,17	46,66	50,00
8	10	27,8508	40,00	10,00	0,17	46,66	110,00
9	11	38,3520	40,00	10,00	0,17	46,66	110,00
10	12	52,2071	40,00	10,00	0,17	46,66	60,00
11	13	22,9999	40,00	10,00	0,17	46,66	92,78
12	17	29,7375	40,00	10,00	0,17	46,66	50,00
13	18	31,5879	40,00	10,00	0,17	46,66	50,00
14	21	31,1956	40,00	10,00	0,17	46,66	65,00
15	22	47,0717	40,00	10,00	0,17	46,66	80,00
16	23	55,2716	40,00	10,00	0,17	46,66	100,00
17	24	32,6662	40,00	10,00	0,17	46,66	120,00
18	25	13,6397	40,00	10,00	0,17	46,66	130,00
19	26	73,8588	40,00	10,00	0,17	46,66	50,00
20	27	66,3822	40,00	10,00	0,17	46,66	47,00
21	30	24,5388	40,00	10,00	0,17	46,66	120,00
22	31	16,7633	40,00	10,00	0,17	46,66	110,00
23	32	8,5779	40,00	10,00	0,17	46,66	150,00

NÚMERO CURVA SIMPLE	ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR SIMPLE					
	GRADO DE CURVATURA	LONGITUD	TANGENTE	EXTERNAL	ORDENADA MEDIA	CUERDA LARGA
	o	L m	T m	E m	M m	LC m
1	14,33	36,66	18,66	2,15	2,09	36,34
2	10,42	20,66	10,36	0,49	0,48	20,63
3	10,42	55,75	28,49	3,63	3,51	55,15
4	23,87	71,18	43,95	17,08	12,60	64,83
5	23,87	58,37	33,40	10,48	8,60	54,84
6	22,92	8,08	4,05	0,16	0,16	8,07
7	22,92	17,68	8,93	0,79	0,78	17,58
8	10,42	53,47	27,27	3,33	3,23	52,94
9	10,42	73,63	38,25	6,46	6,10	72,26
10	19,10	54,67	29,40	6,82	6,12	52,80
11	12,35	37,24	18,88	1,90	1,86	36,99
12	22,92	25,95	13,27	1,73	1,67	25,66
13	22,92	27,57	14,14	1,96	1,89	27,22
14	17,63	35,39	18,15	2,49	2,39	34,95
15	14,32	65,72	34,84	7,26	6,66	63,89
16	11,46	96,47	52,36	12,88	11,41	92,77
17	9,55	68,42	35,17	5,05	4,84	67,49
18	8,81	30,95	15,55	0,93	0,92	30,87
19	22,92	64,45	37,58	12,55	10,03	60,08
20	24,38	54,45	30,75	9,16	7,67	51,46
21	9,55	51,39	26,10	2,80	2,74	51,00
22	10,42	32,18	16,21	1,19	1,17	32,07
23	7,64	22,46	11,25	0,42	0,42	22,44

CURVAS ESPIRALES:

DATOS DEL ALINEAMIENTO			RADIO DE LA CURVA					DATOS DE LA ESPIRAL							
NÚMERO CURVA E-E	IDEN PUNTO INFLEXIÓN	ANGULO DE DEFLEXIÓN	VELOCIDAD ESPECIFICA Ve Km/h	PERALTE MÁXIMO e _{max} %	FACTOR FRICCIÓN f	Radio mínimo R min m	Radio asumido R asumido m	ANGULO DEFLEXIÓN ESPIRAL q _e o	LONGITUD MÍNIMA TRANSICIÓN N (GENERAL) m	LONGITUD MÍNIMA TRANSICIÓN N (CLASE III) m	LONGITUD TRANSICIÓN N ASUMIDA m	RADIO CALCULADO m	TANGENTE CURVA E-E Te m	EXTERNA CURVA E-E Ee m	LONGITUD CURVA E-E Lc m
1	16	55,0678	40,00	10,00	0,17	46,66	20,81	27,5339	20,00	54,75	40,00	41,61	42,37	7,11	80,00
2	28	92,9764	40,00	10,00	0,17	46,66	24,65	46,4882	40,00	46,22	40,00	24,65	48,32	14,99	80,00
3	29	90,0640	40,00	10,00	0,17	46,66	9,54	45,0320	15,00	119,38	30,00	19,08	35,73	10,64	60,00

LONGITUD DE TRANSICIÓN Y APLANAMIENTO:

IDEN CURVA	TIPO DE CURVA	VELOCIDAD ESPECÍFICA	RADIO CURVA	LONGITUD					PERALTE INICIO	PERALTE FINAL		PENDIENTE RAMPA
		Ve	R	TANGENTE INICIO	TANGENTE SALIDA	CURVA CIRCULAR	ESPIRAL INICIO	ESPIRAL SALIDA		VER ANEXO TABLA	ANEXAR DEL C3D	
		km/h	m	m	m	m	m	m	ei	e d	e d	Δs
									%	%	%	%
1	C_CIRCULAR	40,00	79,94	18,66	18,66	36,66			2,00	10,00	9,10	0,96
2	C_CIRCULAR	40,00	110,00	10,36	10,36	20,66			2,00	10,00	7,40	0,96
3	C_CIRCULAR	40,00	110,00	28,49	28,49	55,75			2,00	10,00	7,40	0,96
4	C_CIRCULAR	40,00	48,00	43,95	43,95	71,18			2,00	10,00	10,00	0,96
5	C_CIRCULAR	40,00	48,00	33,40	33,40	58,37			2,00	10,00	10,00	0,96
6	C_CIRCULAR	40,00	50,00	4,05	4,05	8,08			2,00	10,00	10,00	0,96
7	C_CIRCULAR	40,00	50,00	8,93	8,93	17,68			2,00	10,00	10,00	0,96
8	C_CIRCULAR	40,00	110,00	27,27	27,27	53,47			2,00	10,00	10,00	0,96
9	C_CIRCULAR	40,00	110,00	38,25	38,25	73,63			2,00	10,00	10,00	0,96
10	C_CIRCULAR	40,00	60,00	29,40	29,40	54,67			2,00	10,00	10,00	0,96
11	C_CIRCULAR	40,00	92,78	18,88	18,88	37,24			2,00	10,00	10,00	0,96
12	C_ESP_ESP	40,00	20,81				40,00	40,00	2,00	10,00	10,00	0,96
13	C_CIRCULAR	40,00	50,00	13,27	13,27	25,95			2,00	10,00	10,00	0,96
14	C_CIRCULAR	40,00	50,00	14,14	14,14	27,57			2,00	10,00	10,00	0,96
15	C_CIRCULAR	40,00	65,00	18,15	18,15	35,39			2,00	10,00	9,60	0,96
16	C_CIRCULAR	40,00	80,00	34,84	34,84	65,72			2,00	10,00	9,60	0,96
17	C_CIRCULAR	40,00	100,00	52,36	52,36	96,47			2,00	10,00	9,60	0,96
18	C_CIRCULAR	40,00	120,00	35,17	35,17	68,42			2,00	10,00	9,60	0,96
19	C_CIRCULAR	40,00	130,00	15,55	15,55	30,95			2,00	10,00	6,70	0,96
20	C_CIRCULAR	40,00	50,00	37,58	37,58	64,45			2,00	10,00	10,00	0,96
21	C_CIRCULAR	40,00	47,00	30,75	30,75	54,45			2,00	10,00	10,00	0,96
22	C_ESP_ESP	40,00	24,65				40,00	40,00	2,00	10,00	10,00	0,96
23	C_ESP_ESP	40,00	9,54				30,00	30,00	2,00	10,00	10,00	0,96
24	C_CIRCULAR	40,00	120,00	26,10	26,10	51,39			2,00	10,00	10,00	0,96
25	C_CIRCULAR	40,00	110,00	16,21	16,21	32,18			2,00	10,00	10,00	0,96
26	C_CIRCULAR	40,00	150,00	11,25	11,25	22,46			2,00	10,00	10,00	0,96

IDEN CURVA	TIPO DE CURVA	NÚMERO CARRILES GIRAN	FACTOR AJUSTE	ANCHO CARRIL	LONGITUD TRANSICIÓN	LONGITUD MÍNIMA	NOTA	LONGITUD TRANSICIÓN	LONGITUD APLANAMIENTO
		a		L	Lmin	L		N	
		n l	bw	m	m	m		m	m
1	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	28,44	22,40	CORRECTO	30,00	6,59
2	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	23,13	22,40	CORRECTO	25,00	6,76
3	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	23,13	22,40	CORRECTO	25,00	6,76
4	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
5	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
6	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
7	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
8	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
9	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
10	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
11	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
12	C_ESP_ESP	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
13	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
14	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
15	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	30,00	22,40	CORRECTO	30,00	6,25
16	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	30,00	22,40	CORRECTO	30,00	6,25
17	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	30,00	22,40	CORRECTO	30,00	6,25
18	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	30,00	22,40	CORRECTO	30,00	6,25
19	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	20,94	22,40	AUMENTAR	35,00	10,45
20	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
21	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
22	C_ESP_ESP	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
23	C_ESP_ESP	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	30,00	6,00
24	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
25	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40
26	C_CIRCULAR	1,00	1,00	3,00	31,25	22,40	CORRECTO	32,00	6,40

SOBREANCHO:

IDEN CURVA	TIPO DE CURVA	VELOCIDAD ESPECÍFICA	RADIO CURVA	NUMERO CARRILES	LONG. VEH. FRONTAL AL E.IE. POSTERIOR	SOBRE ANCHO CARRIL INTERIOR	VALOR MÍNIMO DE SOBRE ANCHO	FACTOR DE REDUCCIÓN	SOBREANCHO		LONGITUD DESARROLLO SOBRE	
		Ve	R	n	L	S	Smin		SOBRE ANCHO ASUMIDO	LONGITUD TRANSICIÓN PERALTE		LONGITUD TRANSICIÓN TABLA
		km/h	m	%	m	m	m		Sa	L		L
									m	m		m
1	C_CIRCULAR	40,00	105,00	2	6,00	0,73	0,40	0,38	0,28	30,00	55,00	55,00
2	C_CIRCULAR	40,00	120,00	2	6,00	0,67	0,40	0,38	0,25	25,00	55,00	55,00
3	C_CIRCULAR	40,00	240,00	2	6,00	0,41	0,40	0,38	0,16	25,00	55,00	55,00
4	C_CIRCULAR	40,00	48,00	2	6,00	1,33	0,40	0,38	0,51	32,00	55,00	55,00
5	C_CIRCULAR	40,00	48,00	2	6,00	1,33	0,40	0,38	0,51	32,00	55,00	55,00
6	C_CIRCULAR	40,00	50,00	2	6,00	1,29	0,40	0,38	0,49	32,00	55,00	55,00
7	C_CIRCULAR	40,00	50,00	2	6,00	1,29	0,40	0,38	0,49	32,00	55,00	55,00
8	C_CIRCULAR	40,00	110,00	2	6,00	0,71	0,40	0,38	0,27	32,00	55,00	55,00
9	C_CIRCULAR	40,00	110,00	2	6,00	0,71	0,40	0,38	0,27	32,00	55,00	55,00
10	C_CIRCULAR	40,00	60,00	2	6,00	1,12	0,40	0,38	0,43	32,00	55,00	55,00
11	C_CIRCULAR	40,00	92,78	2	6,00	0,80	0,40	0,38	0,30	32,00	55,00	55,00
12	C_ESP_ESP	40,00	20,81	2	6,00	2,64	0,40	0,38	1,00	32,00	55,00	55,00
13	C_CIRCULAR	40,00	50,00	2	6,00	1,29	0,40	0,38	0,49	32,00	55,00	55,00
14	C_CIRCULAR	40,00	50,00	2	6,00	1,29	0,40	0,38	0,49	32,00	55,00	55,00
15	C_CIRCULAR	40,00	65,00	2	6,00	1,05	0,40	0,38	0,40	30,00	55,00	55,00
16	C_CIRCULAR	40,00	80,00	2	6,00	0,90	0,40	0,38	0,34	30,00	55,00	55,00
17	C_CIRCULAR	40,00	100,00	2	6,00	0,76	0,40	0,38	0,29	30,00	55,00	55,00
18	C_CIRCULAR	40,00	120,00	2	6,00	0,67	0,40	0,38	0,25	30,00	55,00	55,00
19	C_CIRCULAR	40,00	130,00	2	6,00	0,63	0,40	0,38	0,24	35,00	55,00	55,00
20	C_CIRCULAR	40,00	50,00	2	6,00	1,29	0,40	0,38	0,49	32,00	55,00	55,00
21	C_CIRCULAR	40,00	47,00	2	6,00	1,35	0,40	0,38	0,51	32,00	55,00	55,00
22	C_ESP_ESP	40,00	24,65	2	6,00	2,29	0,40	0,38	0,87	32,00	55,00	55,00
23	C_ESP_ESP	40,00	9,54	2	6,00	5,54	0,40	0,38	2,11	30,00	55,00	55,00
24	C_CIRCULAR	40,00	120,00	2	6,00	0,67	0,40	0,38	0,25	32,00	55,00	55,00
25	C_CIRCULAR	40,00	110,00	2	6,00	0,71	0,40	0,38	0,27	32,00	55,00	55,00
26	C_CIRCULAR	40,00	150,00	2	6,00	0,57	0,40	0,38	0,22	32,00	55,00	55,00

TANGENTES:

TANGENTES HORIZONTALES							
IDEN	ABSCISADO		LONGITUD TANGENTE (m)	VELOCIDAD DISEÑO (km/h)	LONGITUD MINIMA		LONGITUD MÁXIMA (m)
	INICIO	FINAL			L s (m)	L o (m)	
1	K 20+000,00	K 20+045,68	45,68	40,00	55,60	111,20	668,00
2	K 20+082,34	K 20+201,69	119,35	40,00	55,60	111,20	668,00
3	K 20+222,35	K 20+480,20	257,85	40,00	55,60	111,20	668,00
4	K 20+535,95	K 20+653,27	117,32	40,00	55,60	111,20	668,00
5	K 20+724,45	K 20+767,60	43,15	40,00	55,60	111,20	668,00
6	K 20+825,97	K 21+068,72	242,75	40,00	55,60	111,20	668,00
7	K 21+076,80	K 21+162,48	85,68	40,00	55,60	111,20	668,00
8	K 21+180,15	K 21+291,88	111,73	40,00	55,60	111,20	668,00
9	K 21+345,35	K 21+397,87	52,52	40,00	55,60	111,20	668,00
10	K 21+471,50	K 21+498,90	27,40	40,00	55,60	111,20	668,00
11	K 21+553,57	K 21+624,36	70,79	40,00	55,60	111,20	668,00
12	K 21+661,60	K 21+705,37	43,77	40,00	55,60	111,20	668,00
13	K 21+745,37	K 21+781,85	36,48	40,00	55,60	111,20	668,00
14	K 21+807,80	K 21+975,45	167,65	40,00	55,60	111,20	668,00
15	K 22+003,01	K 22+380,32	377,31	40,00	55,60	111,20	668,00
16	K 22+415,71	K 22+487,85	72,14	40,00	55,60	111,20	668,00
17	K 22+553,57	K 22+631,31	77,73	40,00	55,60	111,20	668,00
18	K 22+727,77	K 22+800,35	72,58	40,00	55,60	111,20	668,00
19	K 22+868,77	K 22+977,36	108,59	40,00	55,60	111,20	668,00
20	K 23+008,30	K 23+207,59	199,29	40,00	55,60	111,20	668,00
21	K 23+272,05	K 23+272,22	0,17	40,00	55,60	111,20	668,00
22	K 23+326,67	K 23+336,79	10,12	40,00	55,60	111,20	668,00
23	K 23+416,79	K 23+421,21	4,41	40,00	55,60	111,20	668,00
24	K 23+451,21	K 23+512,23	61,02	40,00	55,60	111,20	668,00
25	K 23+563,62	K 23+631,04	67,42	40,00	55,60	111,20	668,00
26	K 23+663,22	K 23+737,52	74,30	40,00	55,60	111,20	668,00
27	K 23+759,98	K 23+905,22	145,24	40,00	55,60	111,20	668,00

CURVAS VERTICALES:

CURVA VERTICAL CONCAVA SIMÉTRICA											
N° CURVA CONCAVA	GRADIENTES		DIFERENCIA ALGEBRAICA	VELOCIDAD ESPECÍFICA	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	COEFICIENTE K		LONGITUD CURVA CONCAVA			
	P1 o G1	P2 o G2				CALCULADO	ASUMIDO	L min	L	L1	L2
	%	%						A	km/h	S	m
2	2,34	-13,86	16,20	40,00	40,00	3,76	16,20	24,00	262,44	131,18	131,18
4	2,01	-8,81	10,82	40,00	40,00	3,76	14,11	24,00	152,67	76,33	76,33
6	1,07	-5,02	6,09	40,00	40,00	3,76	15,58	24,00	94,88	47,38	47,38
8	3,17	-7,76	10,93	40,00	40,00	3,76	7,70	24,00	84,16	42,11	42,11
10	0,38	-9,05	9,43	40,00	40,00	3,76	22,64	24,00	213,50	94,87	118,73
12	8,05	-6,53	14,58	40,00	40,00	3,76	6,11	24,00	89,08	44,56	44,56

CURVA VERTICAL CONCAVAS SIMÉTRICA											
N° CURVA CONCAVA	GRADIENTES		DIFERENCIA ALGEBRAICA	VELOCIDAD ESPECÍFICA	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	COEFICIENTE K		LONGITUD CURVA CONCAVAS			
	P1 o G1	P2 o G2				CALCULADO	ASUMIDO	L min	L	L1	L2
	%	%						A	km/h	S	m
1	-2,94	2,34	5,28	40,00	40,00	6,11	17,06	24,00	90,08	45,03	45,03
3	-13,86	2,01	15,87	40,00	40,00	6,11	16,97	24,00	269,31	159,86	109,44
5	-8,81	1,07	9,88	40,00	40,00	6,11	7,09	24,00	70,05	35,00	35,00
7	-5,02	3,17	8,19	40,00	40,00	6,11	15,31	24,00	125,39	62,68	62,68
9	-7,76	0,38	8,14	40,00	40,00	6,11	8,48	24,00	69,03	34,53	34,53
11	-9,05	8,05	17,10	40,00	40,00	6,11	6,02	24,00	102,94	30,00	72,98

**ANEXO F.-
VOLÚMENES DE
CORTE Y RELLENO**

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

VOLÚMENES DE CORTE Y RELLENO (m³)

**PROYECTO: “AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO
 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000
 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.”**

ABSCISA	ÁREA		VOLUMEN		VOLUMEN ACUMULADO	
	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE
20+000.00	0.00	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00
20+020.00	0.00	6.29	0.00	103.38	0.00	103.38
20+040.00	1.70	0.01	17.03	63.01	17.03	166.40
20+060.00	9.90	0.00	117.06	0.12	134.09	166.52
20+080.00	16.28	0.00	264.83	0.00	398.92	166.52
20+100.00	20.25	0.00	365.55	0.00	764.47	166.52
20+120.00	21.63	0.00	418.78	0.00	1183.24	166.52
20+140.00	24.16	0.00	457.86	0.00	1641.10	166.52
20+160.00	22.49	0.00	466.43	0.00	2107.54	166.52
20+180.00	24.14	0.00	466.29	0.00	2573.82	166.52
20+200.00	27.72	0.00	518.58	0.00	3092.40	166.52
20+220.00	25.42	0.00	534.98	0.00	3627.38	166.52
20+240.00	22.27	0.00	477.29	0.00	4104.68	166.52
20+260.00	16.07	0.00	383.39	0.00	4488.07	166.52
20+280.00	11.80	0.00	278.65	0.00	4766.72	166.52
20+300.00	9.54	0.00	213.37	0.00	4980.09	166.52
20+320.00	7.19	0.00	167.26	0.00	5147.34	166.52
20+340.00	4.51	0.00	116.94	0.00	5264.29	166.52
20+360.00	2.09	0.00	65.92	0.00	5330.20	166.52
20+380.00	0.86	0.02	29.43	0.18	5359.63	166.69
20+400.00	0.00	0.64	8.61	6.56	5368.24	173.26
20+420.00	0.00	2.59	0.03	32.25	5368.27	205.50
20+440.00	0.00	6.29	0.00	88.78	5368.27	294.29
20+460.00	0.00	8.67	0.00	149.62	5368.27	443.91
20+480.00	0.00	8.03	0.00	167.01	5368.27	610.92
20+500.00	0.00	7.30	0.00	152.32	5368.27	763.23
20+520.00	0.00	4.22	0.00	114.07	5368.27	877.31
20+540.00	0.16	1.56	1.69	57.08	5369.96	934.39
20+560.00	0.30	0.18	4.65	17.34	5374.61	951.73
20+580.00	0.00	1.25	3.02	14.22	5377.63	965.95
20+600.00	0.00	4.08	0.00	53.30	5377.63	1019.25
20+620.00	0.00	4.83	0.00	89.14	5377.63	1108.39
20+640.00	0.00	3.36	0.00	81.91	5377.63	1190.30

20+660.00	0.76	1.29	7.80	46.04	5385.43	1236.34
20+680.00	6.34	0.04	74.47	12.33	5459.89	1248.66
20+700.00	12.41	0.00	194.51	0.38	5654.40	1249.04
20+720.00	9.11	0.00	221.64	0.00	5876.04	1249.04
20+740.00	5.09	0.00	142.75	0.00	6018.79	1249.04
20+760.00	0.00	2.61	50.94	26.11	6069.73	1275.15
20+780.00	0.00	10.89	0.00	134.39	6069.73	1409.54
20+800.00	0.00	27.29	0.00	379.19	6069.73	1788.74
20+820.00	0.00	44.17	0.00	712.75	6069.73	2501.49
20+840.00	0.00	55.35	0.00	995.39	6069.73	3496.87
20+860.00	0.00	57.65	0.00	1130.00	6069.73	4626.87
20+880.00	0.00	45.30	0.00	1028.66	6069.73	5655.54
20+900.00	0.00	27.19	0.00	724.84	6069.73	6380.37
20+920.00	0.00	9.20	0.00	363.87	6069.73	6744.25
20+940.00	2.15	0.57	21.48	97.76	6091.21	6842.00
20+960.00	6.37	0.00	85.22	5.76	6176.43	6847.76
20+980.00	0.17	1.43	65.45	14.36	6241.88	6862.12
21+000.00	0.00	6.70	1.71	81.39	6243.59	6943.51
21+020.00	0.78	2.48	7.68	91.95	6251.27	7035.45
21+040.00	8.77	0.00	95.44	24.78	6346.71	7060.23
21+060.00	8.17	1.93	169.34	19.32	6516.05	7079.55
21+080.00	0.00	14.27	85.63	161.18	6601.68	7240.73
21+100.00	0.00	32.68	0.00	469.52	6601.68	7710.25
21+120.00	0.00	46.02	0.00	786.99	6601.68	8497.25
21+140.00	0.00	30.80	0.00	768.17	6601.68	9265.42
21+160.00	0.00	18.50	0.00	492.99	6601.68	9758.41
21+180.00	0.00	12.66	0.00	307.29	6601.68	10065.71
21+200.00	0.00	20.32	0.00	329.79	6601.68	10395.49
21+220.00	0.00	35.37	0.00	556.82	6601.68	10952.32
21+240.00	0.00	47.45	0.00	828.13	6601.68	11780.45
21+260.00	0.00	62.86	0.00	1103.04	6601.68	12883.48
21+280.00	0.00	92.20	0.00	1550.54	6601.68	14434.03
21+300.00	0.00	105.26	0.00	1962.01	6601.68	16396.03
21+320.00	0.00	100.95	0.00	2026.48	6601.68	18422.51
21+340.00	0.00	86.42	0.00	1844.72	6601.68	20267.23
21+360.00	0.00	87.33	0.00	1734.22	6601.68	22001.45
21+380.00	0.00	56.35	0.00	1436.86	6601.68	23438.31
21+400.00	0.94	33.96	9.42	902.05	6611.10	24340.36
21+420.00	0.00	40.32	9.87	731.83	6620.97	25072.19
21+440.00	0.00	51.72	0.00	917.26	6620.97	25989.45
21+460.00	0.00	36.32	0.00	883.05	6620.97	26872.50
21+480.00	22.96	5.90	234.49	421.63	6855.46	27294.13

21+500.00	1.13	2.22	240.10	81.36	7095.56	27375.49
21+520.00	14.86	0.00	164.67	21.09	7260.23	27396.59
21+540.00	25.26	0.00	412.55	0.00	7672.78	27396.59
21+560.00	27.28	0.00	535.43	0.00	8208.21	27396.59
21+580.00	28.67	0.00	559.50	0.00	8767.71	27396.59
21+600.00	32.15	0.00	608.28	0.00	9375.99	27396.59
21+620.00	37.33	0.00	694.88	0.00	10070.87	27396.59
21+640.00	37.02	0.00	759.93	0.00	10830.80	27396.59
21+660.00	4.80	3.28	436.07	31.97	11266.88	27428.56
21+672.73	0.07	3.82	34.60	44.01	11301.48	27472.57
21+680.00	0.16	2.46	0.85	22.79	11302.32	27495.36
21+700.00	1.13	0.21	12.96	26.67	11315.28	27522.03
21+720.00	0.04	7.45	12.36	74.11	11327.64	27596.14
21+740.00	0.00	26.22	0.47	339.66	11328.10	27935.80
21+760.00	0.00	30.67	0.00	568.95	11328.10	28504.75
21+780.00	0.00	29.56	0.00	602.35	11328.10	29107.10
21+800.00	0.01	24.64	0.12	523.90	11328.23	29630.99
21+820.00	0.00	32.14	0.11	561.10	11328.34	30192.10
21+840.00	0.00	33.51	0.00	656.48	11328.34	30848.58
21+860.00	0.00	23.88	0.00	573.93	11328.34	31422.51
21+880.00	0.00	11.76	0.00	356.45	11328.34	31778.96
21+900.00	0.00	9.52	0.00	212.83	11328.34	31991.79
21+920.00	0.06	17.85	0.61	273.73	11328.95	32265.52
21+940.00	0.39	4.31	4.54	221.66	11333.49	32487.17
21+960.00	19.95	0.00	203.40	43.14	11536.89	32530.31
21+980.00	19.20	0.00	392.88	0.00	11929.78	32530.31
22+000.00	27.37	0.00	466.59	0.00	12396.37	32530.31
22+020.00	8.96	0.00	362.82	0.00	12759.19	32530.31
22+040.00	0.00	16.54	89.62	165.45	12848.81	32695.76
22+060.00	0.00	42.32	0.00	588.69	12848.81	33284.45
22+080.00	0.00	55.00	0.00	972.59	12848.81	34257.04
22+100.00	0.00	53.00	0.00	1079.95	12848.81	35336.99
22+120.00	0.00	41.60	0.00	946.02	12848.81	36283.01
22+140.00	0.00	32.70	0.00	743.05	12848.81	37026.06
22+160.00	0.00	18.43	0.00	511.29	12848.81	37537.35
22+180.00	0.64	2.06	6.43	204.92	12855.23	37742.27
22+200.00	7.37	0.00	80.08	20.64	12935.31	37762.91
22+220.00	1.17	0.54	85.35	5.38	13020.66	37768.29
22+240.00	0.00	9.09	11.70	96.24	13032.36	37864.53
22+260.00	0.00	17.50	0.00	265.90	13032.36	38130.43
22+280.00	0.00	32.60	0.00	501.05	13032.36	38631.48
22+300.00	0.00	55.20	0.00	878.04	13032.36	39509.52

22+320.00	0.00	61.73	0.00	1171.38	13032.36	40680.89
22+340.00	0.00	40.00	0.00	1017.33	13032.36	41698.22
22+360.00	0.00	20.72	0.00	607.17	13032.36	42305.40
22+380.00	4.22	0.03	42.19	207.46	13074.56	42512.86
22+400.00	52.20	0.00	572.80	0.28	13647.36	42513.13
22+420.00	66.99	0.00	1222.39	0.00	14869.75	42513.13
22+440.00	19.81	0.00	868.03	0.00	15737.78	42513.13
22+460.00	1.65	1.48	214.62	14.82	15952.40	42527.95
22+480.00	0.00	5.60	16.48	70.77	15968.87	42598.72
22+500.00	0.00	14.49	0.00	201.08	15968.87	42799.80
22+520.00	0.00	20.11	0.00	347.72	15968.87	43147.52
22+540.00	0.04	8.44	0.35	287.41	15969.22	43434.93
22+560.00	3.52	0.00	35.43	84.58	16004.65	43519.51
22+580.00	9.63	0.00	131.53	0.00	16136.19	43519.51
22+600.00	15.75	0.00	253.85	0.00	16390.04	43519.51
22+620.00	18.46	0.00	342.15	0.00	16732.19	43519.51
22+640.00	19.19	0.00	377.89	0.00	17110.08	43519.51
22+660.00	11.97	1.34	318.92	12.80	17429.00	43532.31
22+680.00	0.00	17.65	124.21	185.72	17553.21	43718.02
22+700.00	0.00	32.71	0.00	497.83	17553.21	44215.85
22+720.00	0.00	45.41	0.00	776.69	17553.21	44992.54
22+740.00	0.00	53.91	0.00	991.20	17553.21	45983.74
22+760.00	0.00	39.29	0.00	932.04	17553.21	46915.78
22+780.00	0.00	3.22	0.00	425.15	17553.21	47340.94
22+800.00	32.77	0.00	327.68	32.22	17880.89	47373.15
22+820.00	50.76	0.00	831.55	0.00	18712.45	47373.15
22+840.00	42.59	0.00	932.56	0.00	19645.01	47373.15
22+860.00	17.80	0.00	605.44	0.00	20250.44	47373.15
22+880.00	4.28	0.00	220.70	0.00	20471.15	47373.15
22+900.00	4.04	0.04	83.22	0.45	20554.37	47373.60
22+920.00	8.75	0.00	127.89	0.45	20682.25	47374.05
22+940.00	14.69	0.00	234.40	0.00	20916.66	47374.05
22+960.00	14.82	0.00	295.12	0.00	21211.78	47374.05
22+980.00	1.09	0.05	158.97	0.55	21370.75	47374.60
23+000.00	0.00	9.15	10.83	92.22	21381.58	47466.82
23+020.00	0.00	8.02	0.00	171.86	21381.58	47638.68
23+040.00	0.00	5.18	0.00	132.04	21381.58	47770.71
23+060.00	0.00	6.60	0.00	117.84	21381.58	47888.56
23+080.00	0.00	5.10	0.00	116.99	21381.58	48005.54
23+100.00	0.10	0.65	0.98	57.46	21382.57	48063.00
23+120.00	0.00	0.99	0.98	16.36	21383.55	48079.36
23+140.00	0.00	7.73	0.00	87.20	21383.55	48166.56

23+160.00	0.00	40.17	0.00	479.01	21383.55	48645.57
23+180.00	0.00	60.33	0.00	1004.95	21383.55	49650.52
23+200.00	0.00	66.79	0.00	1271.14	21383.55	50921.66
23+220.00	0.00	55.24	0.00	1214.25	21383.55	52135.91
23+240.00	0.00	36.42	0.00	908.83	21383.55	53044.75
23+260.00	0.00	30.48	0.00	664.45	21383.55	53709.19
23+280.00	0.00	24.68	0.00	551.61	21383.55	54260.81
23+300.00	0.00	20.75	0.01	451.19	21383.56	54711.99
23+320.00	0.00	25.48	0.01	459.97	21383.57	55171.97
23+340.00	0.00	32.67	0.02	582.23	21383.59	55754.20
23+360.00	0.00	35.57	0.04	678.51	21383.63	56432.71
23+380.00	0.00	34.52	0.06	688.61	21383.68	57121.32
23+400.00	0.01	16.16	0.09	499.21	21383.77	57620.53
23+420.00	12.15	0.00	121.43	161.06	21505.20	57781.59
23+440.00	32.74	0.00	451.36	0.00	21956.56	57781.59
23+460.00	29.75	0.00	639.91	0.00	22596.47	57781.59
23+480.00	16.00	0.00	457.58	0.00	23054.04	57781.59
23+500.00	20.60	0.00	366.08	0.00	23420.13	57781.59
23+520.00	15.12	1.45	360.18	14.22	23780.31	57795.81
23+540.00	7.26	2.37	230.84	36.74	24011.14	57832.55
23+560.00	0.69	7.93	82.25	100.58	24093.39	57933.12
23+580.00	0.00	18.35	6.97	262.32	24100.36	58195.44
23+600.00	0.00	20.99	0.06	393.38	24100.42	58588.83
23+620.00	0.00	12.06	0.03	330.48	24100.45	58919.31
23+640.00	0.00	3.15	0.01	152.26	24100.45	59071.56
23+660.00	9.36	0.00	93.94	31.44	24194.39	59103.01
23+680.00	17.78	0.00	271.39	0.00	24465.78	59103.01
23+700.00	2.83	0.01	206.09	0.07	24671.86	59103.08
23+720.00	0.00	9.05	28.34	90.54	24700.20	59193.62
23+740.00	0.00	20.44	0.00	294.82	24700.20	59488.45
23+760.00	0.00	24.30	0.00	445.32	24700.20	59933.77
23+780.00	0.00	19.31	0.00	436.10	24700.20	60369.87
23+800.00	0.00	16.65	0.00	359.60	24700.20	60729.47
23+820.00	0.00	14.32	0.00	309.63	24700.20	61039.10
23+840.00	0.01	10.62	0.05	249.33	24700.25	61288.43
23+860.00	0.00	15.46	0.07	260.73	24700.32	61549.17
23+880.00	0.04	11.70	0.40	273.27	24700.72	61822.43
23+900.00	1.11	4.82	11.49	165.19	24712.21	61987.62

ANEXO G.- PRECIOS UNITARIOS

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 1 **Hoja:** 1 de 20

DESCRIPCIÓN: Charlas de concientización para la comunidad **UNIDAD:** u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
SUBTOTAL M					0
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Inspector de obra (EO. B3)	1,00	4,30	4,30	5,9988	25,79
SUBTOTAL N					25,79
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Equipo de proyección audiovisual	U	1,00	10,00	10,00	
Láminas, diapositivas	U	1,00	8,00	8,00	
SUBTOTAL O					18,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				43,79	
INDIRECTOS (%)				20%	8,76
UTILIDAD (%)				0%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				52,55	
VALOR OFERTADO				52,55	

SON = CINCUENTA Y DOS 55/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 2
DESCRIPCIÓN: Desbroce, desbosque y limpieza

Hoja: 2 de 20
UNIDAD: Ha

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					4,84
Retroexcavadora	1,00	35,00	35,00	4,50	157,50
Motosierra	1,00	5,00	5,00	4,50	22,50
Volqueta	1,00	25,00	25,00	4,50	112,50
Equipo de Seguridad	5,00	1,00	5,00	0,50	2,50
SUBTOTAL M					299,84
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Peón (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	4,50	34,47
Operador de retroexcavadora (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	4,50	19,31
Operador de equipo liviano (EO. C3)	1,00	3,93	3,93	4,50	17,69
Chofer Volqueta (EO. C1)	1,00	5,62	5,62	4,50	25,29
SUBTOTAL N					96,75
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL O					0,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					396,59
INDIRECTOS (%)				20%	79,32
UTILIDAD (%)				0%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					475,91
VALOR OFERTADO					475,91

SON = CUATROCIENTOS SETENTA Y CINCO 91/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 3 **Hoja:** 3 de 20
DESCRIPCIÓN: Replanteo y nivelación (Equipo topográfico) **UNIDAD:** Km

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.	1,00	10,00	10,00	14,00	13,78
Equipo Topográfico (Estación Total)	5,00	1,00	5,00	0,50	140,00
Equipo de Seguridad					2,50
SUBTOTAL M					156,28
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Topógrafo (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	14,00	60,06
Peón (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	14,00	107,24
Cadenero (EO. D2)	2,00	3,87	7,74	14,00	108,36
SUBTOTAL N					275,66
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Estacas de 30cm	U	15,00	0,50	7,50	
Pintura esmalte	GALÓN	1,00	17,00	17,00	
Clavos de 2" a 4"	KG	1,00	1,50	1,50	
SUBTOTAL O					26,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					457,94
INDIRECTOS (%)					20% 91,59
UTILIDAD (%)					0% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					549,53
VALOR OFERTADO					549,53

SON = QUINIENTOS CUARENTA Y NUEVE 53/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 4 **Hoja:** 4 de 20
DESCRIPCIÓN: Excavación sin clasificar incluye desalojo **UNIDAD:** m³

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de 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 (8m ³)	2,00	25,00	50,00	0,021	1,05
Equipo de seguridad	4,00	1,00	4,00	0,02	0,08
SUBTOTAL M					2,73
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de excavadora (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Operador de cargadora frontal (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Chofer Volqueta (EO. C1)	2,00	5,62	11,24	0,021	0,24
SUBTOTAL N					0,42
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL O					0,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					3,15
INDIRECTOS (%) 20%					0,63
UTILIDAD (%) 0%					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3,78
VALOR OFERTADO					3,78

SON = TRES 78/100 DÓLARES
Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 5 **Hoja:** 5 de 20
DESCRIPCIÓN: Relleno natural compactado con material de sitio **UNIDAD:** m3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,04
Rodillo vibrador 8 Ton	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
Equipo de seguridad	8,00	1,00	8,00	0,021	0,17
SUBTOTAL M					3,04
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de motoniveladora (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Operador de cargadora frontal (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Operador rodillo (EO. C2)	1,00	4,09	4,09	0,021	0,09
Chofer tanqueros (EO. C1)	1,00	5,62	5,62	0,021	0,12
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,021	0,09
Peón (EO. E2)	3,00	3,83	11,49	0,021	0,24
SUBTOTAL N					0,72
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL O					
0,00					
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					
0,00					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					3,76
INDIRECTOS (%)				20%	0,75
UTILIDAD (%)				0%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4,51
VALOR OFERTADO					4,51

SON = CUATRO 51/100 DÓLARES
Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 6 **Hoja:** 6 de 20
DESCRIPCIÓN: Excavación para cunetas y encauzamiento **UNIDAD:** m³

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,17
Retroexcavadora	1,00	40,00	40,00	0,13	5,20
Cargadora frontal	1,00	35,00	35,00	0,13	4,55
Volqueta (8m ³)	1,00	25,00	25,00	0,13	3,25
Equipo de seguridad	6,00	1,00	6,00	0,13	0,78
SUBTOTAL M					13,95
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de retroexcavadora (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,13	0,56
Operador de cargadora frontal (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,13	0,56
Chofer volqueta (EO. C1)	1,00	5,62	5,62	0,13	0,73
Residente de obra (EO. B1)	1,00	4,31	4,31	0,13	0,56
Peón (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	0,13	1,00
SUBTOTAL N					3,40
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL O					0,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					17,35
INDIRECTOS (%)				20%	3,47
UTILIDAD (%)				0%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					20,82
VALOR OFERTADO					20,82

SON = VEINTE 82/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 7 **Hoja:** 7 de 20
DESCRIPCIÓN: Suministro e instalación de tubería de acero **UNIDAD:** ml
 corrugada D=1,20m E=1,5mm

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,69
SUBTOTAL M					0,69
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Peón (EO. E2)	5	3,83	19,15	0,5882	11,26
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1	4,29	4,29	0,5882	2,52
SUBTOTAL N					13,79
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Tubería de acero corrugado D=1,2m E=2mm	M	1,00	191,00	191,00	
SUBTOTAL O					191,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					205,48
INDIRECTOS (%)					20% 41,10
UTILIDAD (%)					0% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					246,58
VALOR OFERTADO					246,58

SON = DOSCIENTOS CUARENTA Y SEIS 58/100 DÓLARES
Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 8 **Hoja:** 8 de 20
DESCRIPCIÓN: Hormigón simple para cunetas de **UNIDAD:** m3
 fc=180kg/cm², incluye encofrado

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,17
Concreteira	1,00	5,00	5,00	0,10	0,50
Vibrador	1,00	3,00	3,00	0,10	0,30
Equipo de seguridad	9,00	1,00	9,00	0,10	0,90
SUBTOTAL M					1,87
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1,00	4,00	4,00	0,10	0,40
Albañil (EO. D2)	2,00	3,87	7,74	0,10	0,77
Operador de equipo liviano (EO. C3)	1,00	3,93	3,93	0,10	0,39
Peón (EO. E2)	5,00	3,83	19,15	0,10	1,92
SUBTOTAL N					3,48
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Cemento Tipo Portland	KG	325,00	0,15	48,75	
Arena	M3	0,65	10,00	6,50	
Ripio	M3	1,15	10,00	11,50	
Agua	M3	0,28	0,40	0,11	
Tabla de encofrado 0,30*2,40m	U	7,53	2,50	18,83	
Clavos de 2" a 4"	LB	0,50	1,25	0,63	
Alfajías de 6*6*240 cm	U	3,74	7,85	29,36	
Aceite quemado	GALÓN	0,02	0,50	0,01	
SUBTOTAL O					115,68
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					121,03
INDIRECTOS (%)					20%
UTILIDAD (%)					0%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					145,24
VALOR OFERTADO					145,24

SON = CIENTO CUARENTA Y CINCO 24/100 DÓLARES
 Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 9 **Hoja:** 9 de 20
DESCRIPCIÓN: Hormigón simple para cabezales de entrada y salida de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incluye encofrado **UNIDAD:** m3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					1,16
Concretera	1,00	5,00	5,00	0,500	2,50
Vibrador	1,00	3,00	3,00	0,500	1,50
Equipo de seguridad	12,00	1,00	12,00	0,500	6,00
SUBTOTAL M					11,16
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1,00	4,00	4,00	0,500	2,00
Albañil (EO. D2)	2,00	3,87	7,74	0,500	3,87
Operador de equipo liviano (EO. C3)	1,00	3,93	3,93	0,500	1,97
Peón (EO. E2)	5,00	3,83	19,15	0,500	9,58
Fierrero (EO. D2)	1,00	3,87	3,87	0,500	1,94
Ayudante de fierrero (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	0,500	3,83
SUBTOTAL N					23,18
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Cemento Tipo Portland	KG	325,00	0,15	48,75	
Arena	M3	0,65	10,00	6,50	
Ripio	M3	1,15	10,00	11,50	
Agua	M3	0,28	0,40	0,11	
Encofrado de viga tablero contrachapado	U	0,60	48,95	29,37	
Clavos de 1"	KG	1,00	2,00	2,00	
Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	KG	1,05	1,99	2,09	
Alambre de amarre #18	KG	0,60	2,20	1,32	
SUBTOTAL O					101,64
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					135,98
INDIRECTOS (%)				20%	27,20
UTILIDAD (%)				0%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					163,18
VALOR OFERTADO					163,18

SON = CIENTO SESENTA Y TRES 18/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 10 **Hoja:** 10 de 20
DESCRIPCIÓN: Conformación y compactación de la subrasante **UNIDAD:** m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,03
Motoniveladora	1,00	40,00	40,00	0,014	0,56
Rodillo vibrador	1,00	35,00	35,00	0,014	0,49
Volqueta (8m ³)	2,00	25,00	50,00	0,014	0,7
Tanquero	1,00	30,00	30,00	0,014	0,42
Equipo de seguridad	8,00	1,00	8,00	0,014	0,112
SUBTOTAL M					2,31
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de motoniveladora (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,014	0,06
Operador de rodillo (EO. C2)	1,00	4,09	4,09	0,014	0,06
Chofer Volqueta (EO. C1)	2,00	5,62	11,24	0,014	0,16
Chofer Tanquero (EO. C1)	1,00	5,62	5,62	0,014	0,08
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,014	0,06
Peón (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	0,014	0,11
SUBTOTAL N					0,52
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Agua	M3	0,10	2,50	0,25	
SUBTOTAL O					0,25
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					3,08
INDIRECTOS (%)					20% 0,62
UTILIDAD (%)					0% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3,70
VALOR OFERTADO					3,70

SON = TRES 70/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 11 **Hoja:** 11 de 20
DESCRIPCIÓN: Sub-base granular Clase 3 (e=20cm) **UNIDAD:** m³

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,02
Motoniveladora	1,00	40,00	40,00	0,014	0,56
Rodillo vibrador	1,00	35,00	35,00	0,014	0,49
Tanquero	1,00	30,00	30,00	0,014	0,42
Equipo de seguridad	9,00	1,00	9,00	0,014	0,13
SUBTOTAL M					1,62
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de motoniveladora (EO. C1)	1,00	4,06	4,06	0,014	0,06
Operador de rodillo (EO. C2)	1,00	3,86	3,86	0,014	0,05
Chofer Tanquero (EO. C1)	1,00	5,31	5,31	0,014	0,07
Ayudante de maquinaria (EO. D2)	1,00	3,93	3,93	0,014	0,06
Peón (EO. E2)	5,00	3,60	18,00	0,014	0,25
SUBTOTAL N					0,49
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Subbase clase 3	M3	1,20	8,00	9,60	
Agua	M3	0,10	0,40	0,04	
SUBTOTAL O					9,64
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11,75
INDIRECTOS (%)					20% 2,35
UTILIDAD (%)					0% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					14,10
VALOR OFERTADO					14,10

SON = CATORCE 10/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 12 **Hoja:** 12 de 20
DESCRIPCIÓN: Base granular Clase 4 (e=12cm) **UNIDAD:** m3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,02
Motoniveladora	1,00	40,00	40,00	0,014	0,56
Rodillo vibrador	1,00	35,00	35,00	0,014	0,49
Tanquero	1,00	30,00	30,00	0,014	0,42
Equipo de seguridad	9,00	1,00	9,00	0,014	0,126
SUBTOTAL M					1,62
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de motoniveladora (EO. C1)	1,00	4,06	4,06	0,014	0,06
Operador de rodillo (EO. C2)	1,00	3,86	3,86	0,014	0,05
Chofer Tanquero (EO. C1)	1,00	5,31	5,31	0,014	0,07
Ayudante de maquinaria (EO. D2)	1,00	3,93	3,93	0,014	0,06
Peón (EO. E2)	5,00	3,60	18,00	0,014	0,25
SUBTOTAL N					0,49
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Base clase 4	M3	1,20	3,75	4,50	
Agua	M3	0,20	0,40	0,08	
SUBTOTAL O					4,58
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					6,69
INDIRECTOS (%)					20% 1,34
UTILIDAD (%)					0% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8,03
VALOR OFERTADO					8,03

SON = OCHO 03/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 13 **Hoja:** 13 de 20
DESCRIPCIÓN: Asfalto RC-250 para imprimación **UNIDAD:** lts.

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,00
Distribuidor de asfalto	1,00	28,01	28,01	0,0040	0,11
Barredora autopropulsada	1,00	17,73	17,73	0,0040	0,07
Equipo de seguridad	4,00	1,00	4,00	0,0040	0,02
SUBTOTAL M					0,2
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador distribuidor de asfalto (EO. C2)	1,00	4,09	4,09	0,0040	0,02
Operador de barredora autopropulsada (EO. C2)	1,00	4,09	4,09	0,0040	0,02
Peón (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	0,0040	0,03
SUBTOTAL N					0,06
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Asfalto RC-250 (Esmeraldas)	LTS.	0,84	0,31	0,26	
Diesel	LTS.	0,21	0,25	0,05	
SUBTOTAL O					0,31
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,57
INDIRECTOS (%)				20%	0,11
UTILIDAD (%)				0%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,68
VALOR OFERTADO					0,68

SON = 68/100 DÓLARES
Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 14 **Hoja:** 14 de 20
DESCRIPCIÓN: Capa de rodadura de hormigón asfáltico **UNIDAD:** m2
mezclado en planta (e=5cm)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,02
Planta asfáltica	1,00	25,00	25,00	0,0050	0,13
Cargadora frontal	1,00	35,00	35,00	0,0050	0,18
Planta eléctrica	1,00	26,67	26,67	0,0050	0,13
Barredora autopropulsada	1,00	17,73	17,73	0,0050	0,09
Rodillo neumático	1,00	25,00	25,00	0,0050	0,13
Rodillo compactador	1,00	25,00	25,00	0,0050	0,13
Terminador de asfalto (Finisher)	1,00	15,00	15,00	0,0050	0,08
Equipo de seguridad	16,00	1,00	16,00	0,0050	0,08
SUBTOTAL M					0,95
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de acabadora de pavimento asfáltico (EO. C2)	1,00	4,09	4,09	0,0050	0,02
Operador cargadora frontal (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,0050	0,02
Operador responsable de planta asfáltica (EO. C2)	1,00	4,09	4,09	0,0050	0,02
Operador rodillo autopropulsado (EO. C2)	2,00	4,09	8,18	0,0050	0,04
Operador barredora autopropulsada (EO. C2)	1,00	4,09	4,09	0,0050	0,02
Ayudante de maquinaria (EO. D2)	1,00	3,93	3,93	0,0050	0,02
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,0050	0,02
Peón (EO. E2)	8,00	3,83	30,64	0,0050	0,15
SUBTOTAL N					0,32
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Asfalto AC-20 (Esmeraldas)	LTS.	8,200	0,34	2,79	
Agregados triturados	M3	0,044	14,00	0,62	
Diesel	LTS.	1,600	0,28	0,45	
Arena para asfaltos	M3	0,034	14,00	0,48	
Aditivo magnabond 2700	KG	0,056	3,70	0,21	
SUBTOTAL O					4,54
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					5,81
INDIRECTOS (%)					20% 1,16
UTILIDAD (%)					0% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6,97
VALOR OFERTADO					6,97

SON = SEIS 97/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 15 **Hoja:** 15 de 20
DESCRIPCIÓN: Marcas de pavimento (pintura reflectiva amarilla, franjas de 10cm de ancho incl. microsferas) **UNIDAD:** ml

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,00
Franjeadora	1,00	5,00	5,00	0,0040	0,02
Barredora autopropulsada	1,00	17,73	17,73	0,0040	0,07
Camioneta	1,00	5,00	5,00	0,0040	0,02
Equipo de seguridad	5,00	1,00	5,00	0,0040	0,02
SUBTOTAL M					0,13
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de tractor de ruedas (EO. C2)	1	4,09	4,09	0,0040	0,02
Operador barredora autopropulsada (EO. C2)	1	4,09	4,09	0,0040	0,02
Chofer otros camiones (EO. C1)	1	5,62	5,62	0,0040	0,02
Peón (EO. E2)	2	3,83	7,66	0,0040	0,03
SUBTOTAL N					0,09
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Pintura de tráfico sintética	GALÓN	0,010	18,37	0,18	
Microesferas de vidrio	KG	0,400	0,77	0,31	
SUBTOTAL O					0,49
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,71
INDIRECTOS (%)				20%	0,14
UTILIDAD (%)				0%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,85
VALOR OFERTADO					0,85

SON = 85/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 16 **Hoja:** 16 de 20
 Marcas de pavimento (pintura reflectiva **UNIDAD:** ml
 blanca, franjas de 10cm de ancho incl.
 microesferas)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,00
Franjeadora	1,00	5,00	5,00	0,0040	0,02
Barredora autopropulsada	1,00	17,73	17,73	0,0040	0,07
Camioneta	1,00	5,00	5,00	0,0040	0,02
Equipo de seguridad	5,00	1,00	5,00	0,0040	0,02
SUBTOTAL M					0,13
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Operador de tractor de ruedas (EO. C2)	1	4,09	4,09	0,0040	0,02
Operador barredora autopropulsada (EO. C2)	1	4,09	4,09	0,0040	0,02
Chofer otros camiones (EO. C1)	1	5,62	5,62	0,0040	0,02
Peón (EO. E2)	2	3,83	7,66	0,0040	0,03
SUBTOTAL N					0,09
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Pintura de tráfico sintética	GALÓN	0,010	18,37	0,18	
Microesferas de vidrio	KG	0,400	0,77	0,31	
SUBTOTAL O					0,49
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0,71
INDIRECTOS (%) 20%					0,14
UTILIDAD (%) 0%					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0,85
VALOR OFERTADO					0,85

SON = 85/100 DÓLARES
 Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 17 **Hoja:** 17 de 20
DESCRIPCIÓN: Marcas sobresalidas del pavimento (tachas reflectivas bidireccionales) **UNIDAD:** u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					0,01
Camioneta	1,00	5,00	5,00	0,010	0,05
Equipo de seguridad	4,00	1,00	4,00	0,010	0,04
SUBTOTAL M					0,10
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Chofer otros camiones (EO. C1)	1,00	5,62	5,62	0,010	0,06
Albañil (EO. D2)	1,00	3,87	3,87	0,010	0,04
Peón (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	0,010	0,08
SUBTOTAL N					0,17
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Tachas reflectivas bidireccionales	U	1,00	2,75	2,75	
Material epóxico	KG	0,03	22,00	0,55	
SUBTOTAL O					3,30
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					3,57
INDIRECTOS (%)					20%
UTILIDAD (%)					0%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4,28
VALOR OFERTADO					4,28

SON = CUATRO 28/100 DÓLARES
Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 18 **Hoja:** 18 de 20
DESCRIPCIÓN: Señal vertical preventiva (0,75mx0,75m), incluye pintura reflectiva **UNIDAD:** u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.	1,00	5,00	5,00	1,00	1,07
Camión mediano	5,00	1,00	5,00	0,50	5,00
Equipo de seguridad					2,50
SUBTOTAL M					8,57
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Chofer otros camiones (EO. C1)	1,00	5,62	5,62	1,000	5,62
Albañil (EO. D2)	1,00	3,87	3,87	1,000	3,87
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	1,000	4,29
Peón (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	1,000	7,66
SUBTOTAL N					21,44
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Señal preventiva (0,75x0,75), incluye poste	U	1,00	120,00	120,00	
Hormigón simple f'c=180kg/cm ²	M3	0,07	90,00	6,30	
SUBTOTAL O					126,30
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					156,31
INDIRECTOS (%) 20%					31,26
UTILIDAD (%) 0%					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					187,57
VALOR OFERTADO					187,57

SON = CIENTO OCHENTA Y SIETE 57/100 DÓLARES
Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 19 **Hoja:** 19 de 20
DESCRIPCIÓN: Señal vertical reglamentaria (0,75mx0,75m), **UNIDAD:** u
 incluye pintura reflectiva

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O.					5,82
Camión mediano	1,00	5,00	5,00	1,00	5,00
Equipo de seguridad	5,00	1,00	5,00	0,50	2,50
SUBTOTAL M					13,32
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Chofer otros camiones (EO. C1)	1,00	5,62	5,62	1,000	5,62
Albañil (EO. D2)	1,00	3,87	3,87	1,000	3,87
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	1,000	4,29
Peón (EO. E2)	2,00	3,83	7,66	1,000	7,66
SUBTOTAL N					21,44
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Señal preventiva (0,75x0,75), incluye poste	U	1,00	110,00	110,00	
Hormigón simple f'c=180kg/cm ²	M3	0,07	90,00	6,30	
SUBTOTAL O					116,30
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					151,06
INDIRECTOS (%)				20%	30,21
UTILIDAD (%)				0%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					181,27
VALOR OFERTADO					181,27

SON = CIENTO OCHENTA Y UN 27/100 DÓLARES
 Estos precios no incluyen IVA

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN – EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO – PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

RUBRO: 20 **Hoja:** 20 de 20
DESCRIPCIÓN: Suministro e instalación de guardacaminos, **UNIDAD:** ml
 incluye gemas reflectivas y terminales

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Herramienta menor 5% de M. O. Equipo de seguridad	7,00	1,00	7,00	0,50	0,41 3,50
SUBTOTAL M					3,91
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A X B	R	D = C X R
Perfilero en construcción (EO. C2)	1,00	4,09	4,09	0,300	1,23
Albañil (EO. D2)	2,00	3,87	7,74	0,300	2,32
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	1,00	4,29	4,29	0,300	1,29
Peón (EO. E2)	3,00	3,83	11,49	0,300	3,45
SUBTOTAL N					8,28
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A X B	
Perfil de guardavía tipo "W"	U	1,00	87,40	87,40	
Terminal de guardavía	U	1,00	21,00	21,00	
Poste de guardavía, H=1,50m	U	1,00	39,20	39,20	
Set de perno + tuerca	U	1,00	1,20	1,20	
Gema reflectiva	U	1,00	3,50	3,50	
Arena	M3	0,20	11,50	2,30	
Ripio	M3	0,20	11,50	2,30	
Cemento Portland	KG	40,00	0,15	6,00	
SUBTOTAL O					162,90
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A X B	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					175,09
INDIRECTOS (%) 20%					35,02
UTILIDAD (%) 0%					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					210,11
VALOR OFERTADO					210,11

SON = DOSCIENTOS DIEZ 11/100 DÓLARES

Estos precios no incluyen IVA

ANEXO H.- PLANOS DE DISEÑO

PLANTA KM 20+000 - 21+000

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

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.

UBICACIÓN: PROVINCIA COTOPAXI, CANTÓN PANGUA, PARROQUIA MORASPUNGO
 FECHA: NOVIEMBRE 2022

CONTIENE: DISEÑO HORIZONTAL, DISEÑO VERTICAL, SECCIÓN TÍPICA

REVISADO POR: ING. MSc. MARCELO BAYAS SOCORRE TORRES

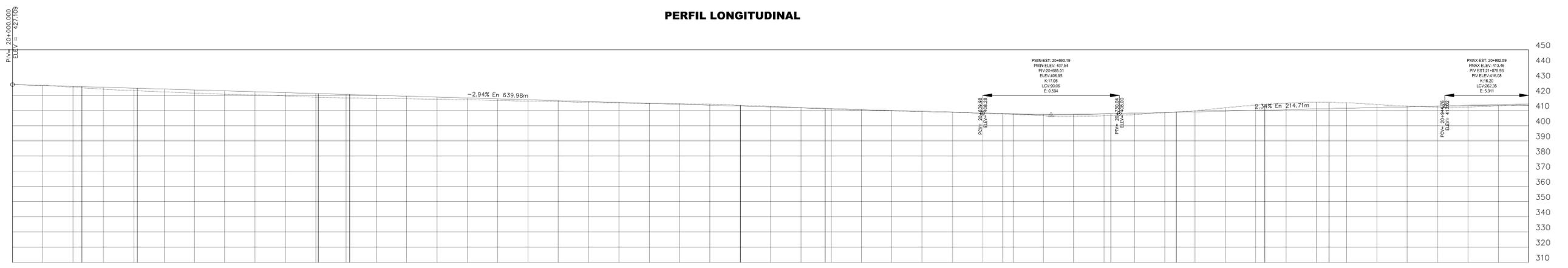
REVISADO POR: EGOO RENE ALEXANDER ALDAS HERRERA ESTECANTE

CATEGORÍA DE VÍA: CLASE III
 LONGITUD: 3+985 Km
 Escala: 1:1000
 Lámina N.º: 01/07



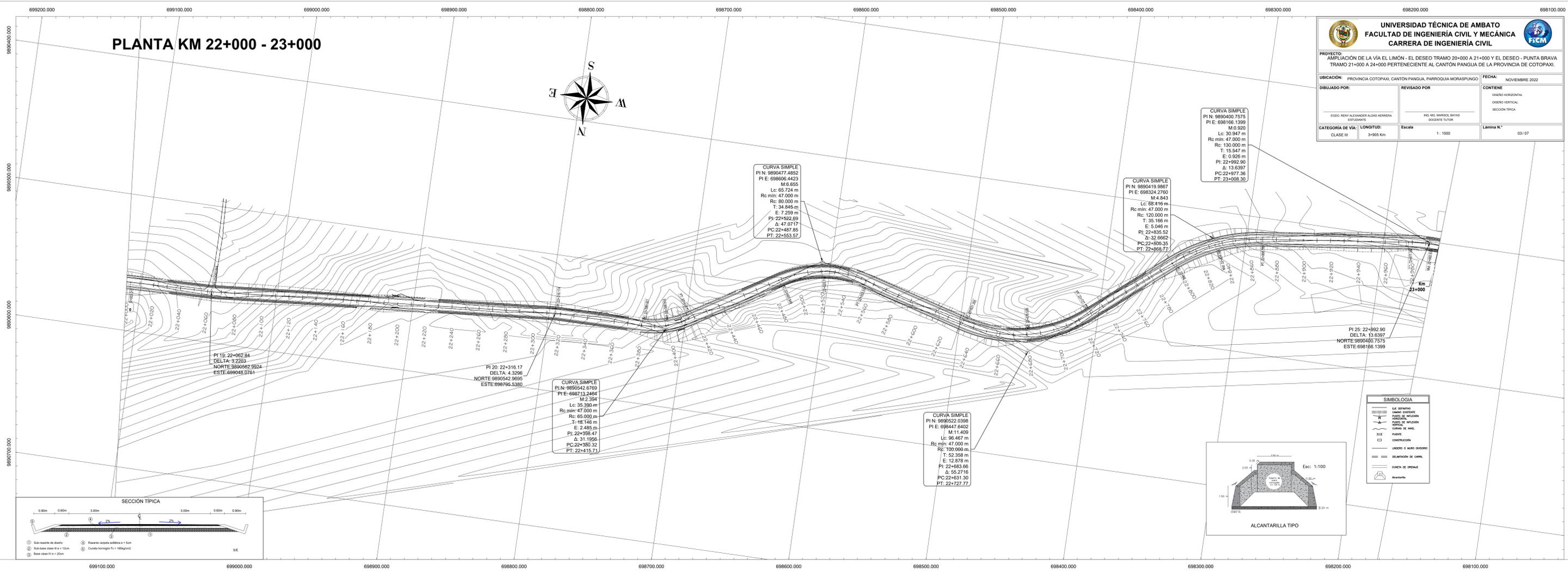
PERFÍL LONGITUDINAL KM 20+000 - 21+000

PERFIL LONGITUDINAL



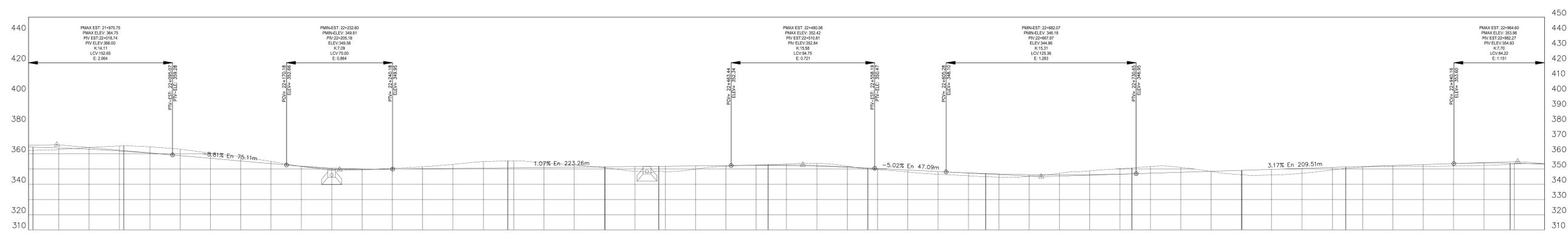
ABSCISADO	19+960	19+980	20+000	20+020	20+040	20+060	20+080	20+100	20+120	20+140	20+160	20+180	20+200	20+220	20+240	20+260	20+280	20+300	20+320	20+340	20+360	20+380	20+400	20+420	20+440	20+460	20+480	20+500	20+520	20+540	20+560	20+580	20+600	20+620	20+640	20+660	20+680	20+700	20+720	20+740	20+760	20+780	20+800	20+820	20+840	20+860	20+880	20+900	20+920	20+940	20+960	20+980	
COTA PERFIL TERRENO			427.11	427.11	426.36	425.33	424.07	423.13	422.28	421.48	420.78	420.26	419.59	418.79	418.33	417.97	417.72	417.45	417.06	416.67	416.24	415.91	415.41	414.97	414.65	414.47	414.11	413.42	412.74	412.96	411.85	410.96	410.19	409.71	409.38	408.95	408.21	407.45	406.57	405.15	404.57	403.36	402.50	402.85	411.82	413.52	414.87	415.42	415.04	413.95	412.89	412.35	413.07
COTA PERFIL PROYECTO			427.11	426.52	425.93	425.34	424.75	424.17	423.58	422.99	422.40	421.81	421.22	420.63	420.05	419.46	418.87	418.28	417.69	417.10	416.51	415.93	415.34	414.75	414.16	413.57	412.98	412.39	411.81	411.22	410.63	410.04	409.45	408.86	408.28	407.80	407.57	407.57	407.80	408.23	408.70	409.17	409.64	410.10	410.57	411.04	411.50	411.97	412.44	412.91	413.30	413.66	
ESPESOR CORTE		0.00	0.16	0.60	1.27	1.63	1.89	2.10	2.21	2.15	2.22	2.43	2.31	2.08	1.73	1.41	1.22	1.02	0.87	0.61	0.51	0.37	0.10	0.31	0.54	0.44	0.35	0.04	0.26	0.44	0.33	0.07	0.08	0.07	0.36	0.99	1.41	1.23	0.87	0.20	0.68	2.18	3.42	4.30	4.38	3.53	1.97	0.45	0.56	0.96	0.38		
ESPESOR RELLENO																																																					



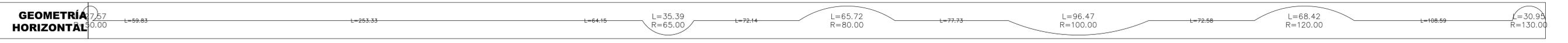


PERFÍL LONGITUDINAL KM 22+000 - 23+000

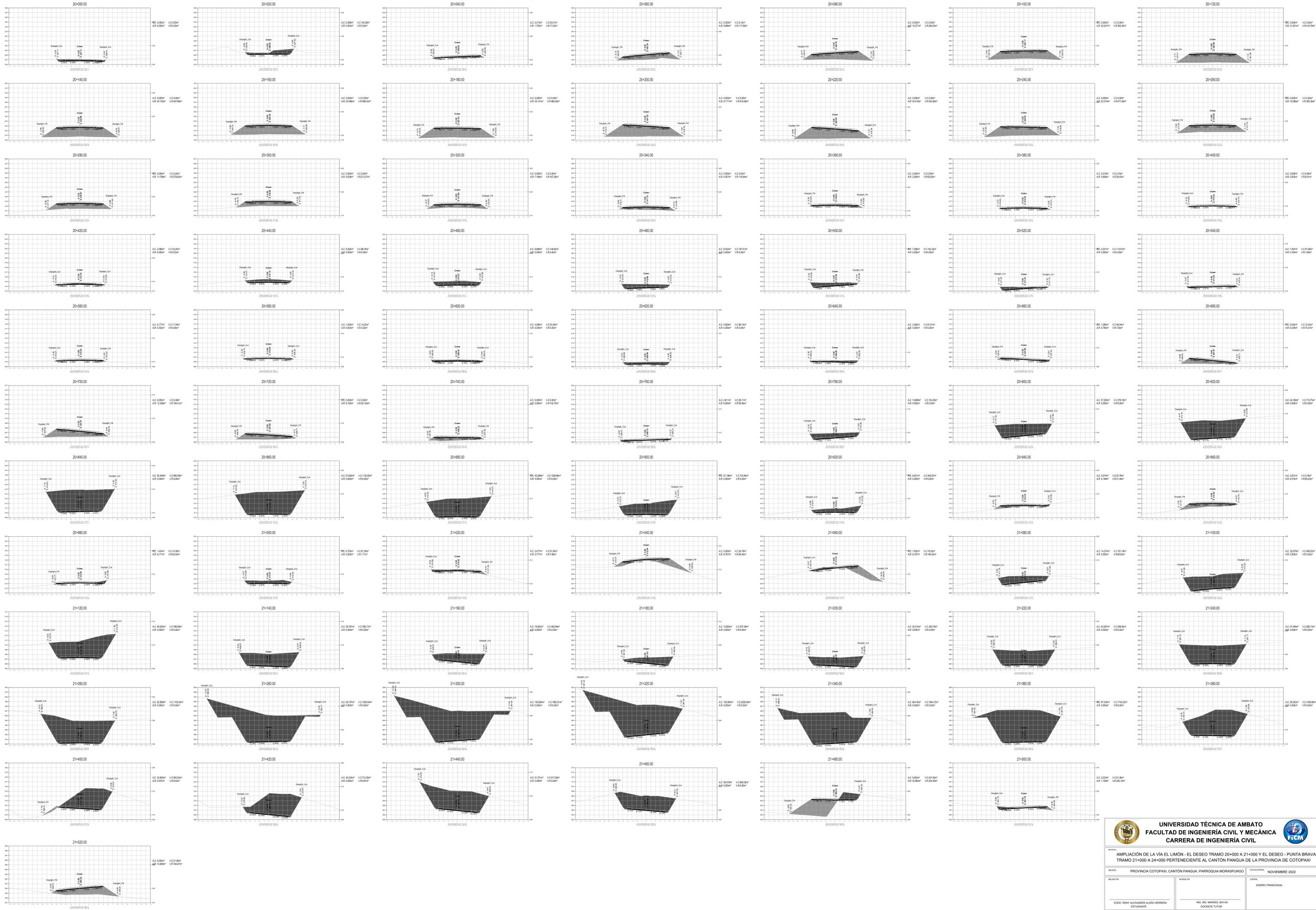
PERFÍL LONGITUDINAL



ABSCISADO	22+020	22+040	22+060	22+080	22+100	22+120	22+140	22+160	22+180	22+200	22+220	22+240	22+260	22+280	22+300	22+320	22+340	22+360	22+380	22+400	22+420	22+440	22+460	22+480	22+500	22+520	22+540	22+560	22+580	22+600	22+620	22+640	22+660	22+680	22+700	22+720	22+740	22+760	22+780	22+800	22+820	22+840	22+860	22+880	22+900	22+920	22+940	22+960	22+980
COTA PERFIL TERRENO	362.78	364.18	365.16	364.60	363.02	360.45	357.99	355.00	351.74	349.51	349.43	350.46	351.47	353.08	354.90	355.34	354.10	352.83	350.83	348.59	348.02	349.95	351.85	352.59	353.31	353.80	351.89	349.60	348.03	346.56	345.56	344.70	345.17	347.23	348.80	350.21	351.63	351.07	348.36	346.27	346.09	347.22	349.40	351.19	351.79	351.85	352.03	352.37	353.25
COTA PERFIL PROYECTO	362.78	364.18	365.16	364.60	363.02	360.45	357.99	355.00	351.74	349.51	349.43	350.46	351.47	353.08	354.90	355.34	354.10	352.83	350.83	348.59	348.02	349.95	351.85	352.59	353.31	353.80	351.89	349.60	348.03	346.56	345.56	344.70	345.17	347.23	348.80	350.21	351.63	351.07	348.36	346.27	346.09	347.22	349.40	351.19	351.79	351.85	352.03	352.37	353.25
ESPESOR CORTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
ESPESOR RELLENO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

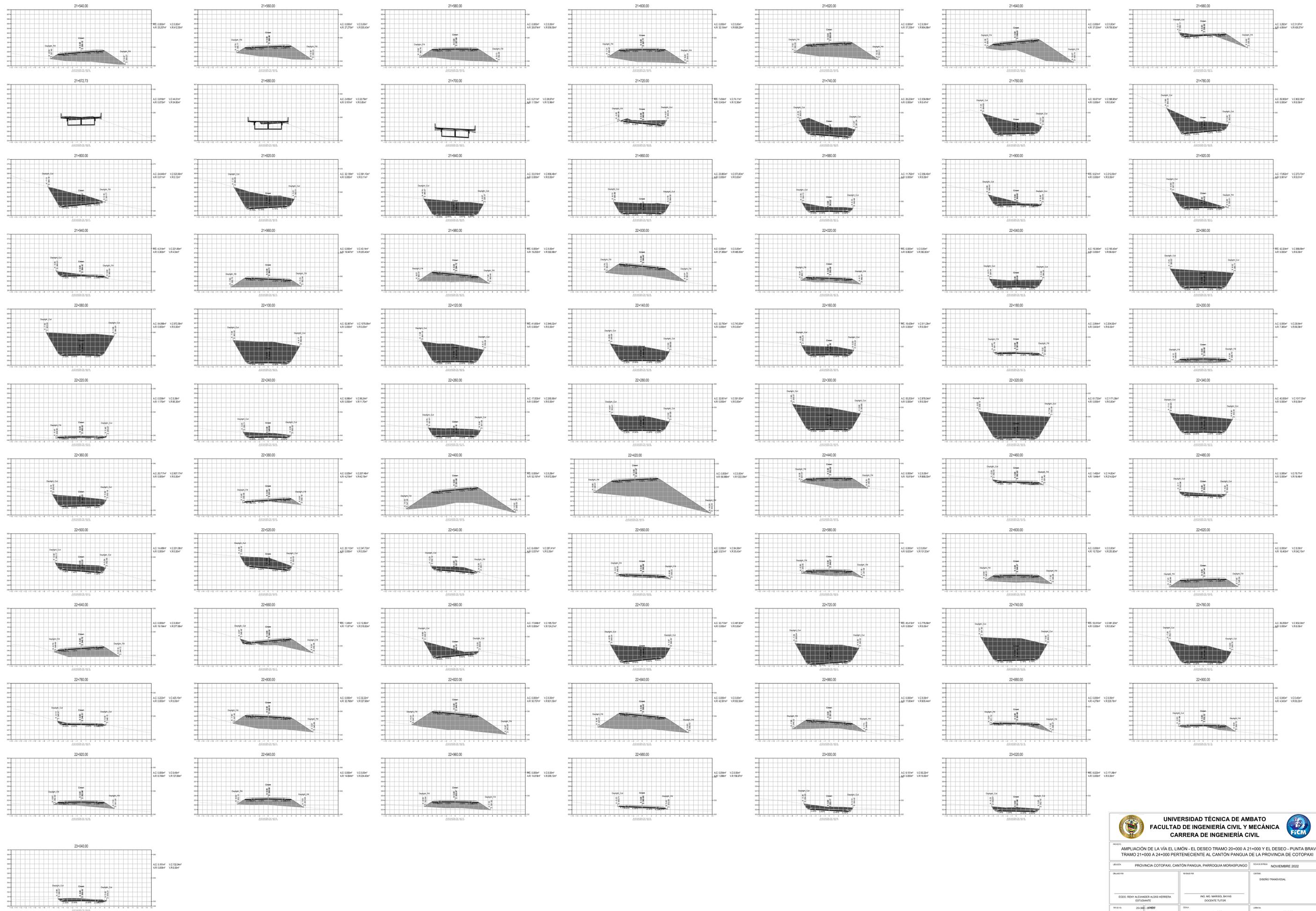


DISEÑO TRANSVERSAL KM 20 + 000 - 21 + 520



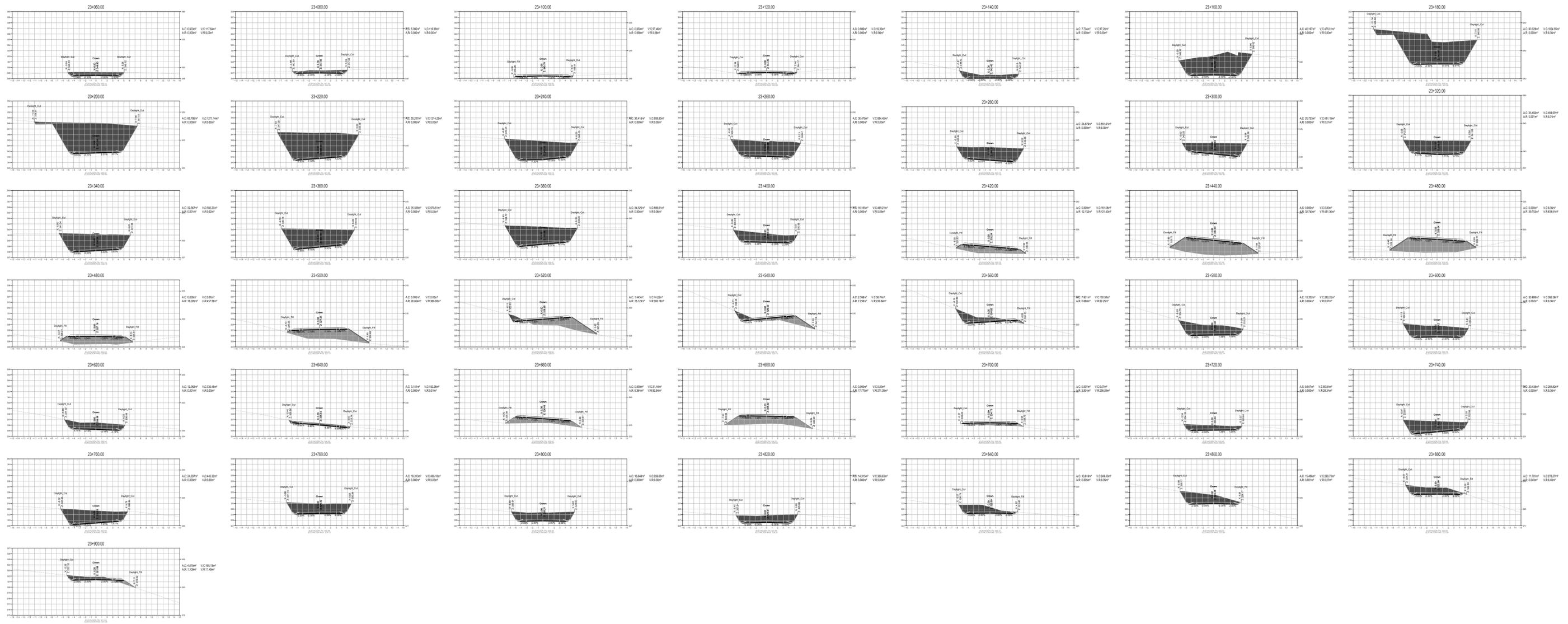
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DISEÑO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DISEÑO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
UBICACIÓN: PROVINCIA COTOPAXI, CANTÓN PANGUA, PARROQUIA MORASPUNGO	FECHA: NOVIEMBRE 2022	
ELABORADO POR: EGO. RENE ALEXANDER ALDAS HERRERA ESTUDIANTE	DISEÑO: DISEÑO TRANSVERSAL	
PROFESOR: ING. MSc. MARCO BAYAS ESCOITE TUTOR		
TÍTULO: CLASE III	LONGITUD: 3+905 Km	ESCALA: 1 : 250
		PÁGINA: 05 / 07

DISEÑO TRANSVERSAL KM 21 + 540 - 23 + 040



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAYA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
UBICACIÓN: PROVINCIA COTOPAXI, CANTÓN PANGUA, PARROQUIA MORASPUNGO	FECHA: NOVIEMBRE 2022	TÍTULO: DISEÑO TRANSVERSAL
ELABORADO POR: EGO. RENY ALEXANDER ALDAS HERRERA ESTUDIANTE	REVISADO POR: ING. MRS. MARICEL BAYAS EGONTE TUTOR	ESCALA: 1 : 250
TIPO DE CLASE III 3+900 Km	HOJA: 66 DE 69	PÁGINA: 06 / 07

DISEÑO TRANSVERSAL KM 23 + 060 - 23 + 900



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: AMPLIACIÓN DE LA VÍA EL LIMÓN - EL DESEO TRAMO 20+000 A 21+000 Y EL DESEO - PUNTA BRAVA TRAMO 21+000 A 24+000 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI		
UBICACIÓN:	PROVINCIA COTOPAXI, CANTÓN PANGUA, PARROQUIA MORASPUNGO	FECHA: NOVIEMBRE 2022
ELABORADO POR:	ING. WILSON...	DISEÑO TRANSVERSAL
REVISADO POR:	ING. WILSON...	
AUTORIZADO POR:	ING. WILSON...	
Escala:	1 : 250	Hoja: 07 / 07