

ÍNDICE

Advertencia

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

1. CAPITULO I - INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA.	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.3.1. Situación problemática.....	2
1.3.2. Problema.	3
1.4. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	3
1.4.1. Objetivo general.	3
1.4.2. Objetivos específicos.	4
1.5. ALCANCE DE DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA.	4
2. CAPITULO II - DISEÑO DE INGENIERÍA.....	6
2.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.	6
2.1.1. Ubicación general.....	6
2.1.2. Ubicación específica.	7
2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DEL PROYECTO.	8
2.2.1. Servicios básicos existentes	8
2.2.1.1. Servicios agua potable.....	8
2.2.1.2. Servicio de alcantarillado.	9
2.2.1.3. Servicios de electricidad.....	9
2.2.1.4. Servicios de educación.	10
2.2.1.5. Servicios de salud.....	10
2.2.1.6. Modalidades de recolección y disposición de residuos sólidos.....	11
2.3. ESTUDIOS PRELIMINARES.....	11

2.3.1.	Estudio topográfico.	11
2.3.1.1.	Trabajo de campo.	11
2.3.1.2.	Trabajo de gabinete.	12
2.3.1.3.	Planillas de coordenadas.....	12
2.3.2.	Estudio hidrológico.	13
2.3.2.1.	Análisis pluviométrico.....	13
2.3.2.1.1.	Precipitación media.....	13
2.3.2.1.2.	Precipitación máxima.	14
2.3.2.2.	Determinacion de intensidades máximas.	15
2.3.2.2.1.	Ley de distribución de probabilidades.	15
2.3.2.2.2.	Precipitaciones máximas para duraciones menores a 24 horas.....	17
2.3.2.2.3.	Curvas intensidad – duración y frecuencia.	22
2.3.2.2.4.	Tiempo de concentración.....	23
2.3.2.2.5.	Intensidad máxima.....	26
2.3.2.3.	Determinacion caudal maximo.	26
2.3.3.	Estudio geotécnico.	28
2.3.3.1.	Muestreo.....	28
2.3.3.2.	Trabajo en laboratorio.	30
2.3.3.2.1.	Ensayo de análisis granulométrico ASTM d-422-63.....	31
2.3.3.2.2.	Ensayo de Atterberg ASTM D-423-66 y ASTM D-424-59.	33
2.3.3.2.2.1.	Procedimiento limite líquido.....	34
2.3.3.2.2.2.	Procedimiento limite plástico.....	35
2.3.3.2.3.	Clasificación de suelos.....	37
2.3.3.3.	Compactación ASTM D 1557-91.....	38
2.3.3.4.	Calculo de la capacidad soporte C.B.R. ASTM D 1883-73.....	40
2.3.3.4.1.	CBR de diseño.	53
2.3.3.5.	Yacimiento o bancos de préstamos.	54
2.3.4.	Estudio de tráfico.	54
2.3.4.1.	Calculo del T.P.D.	56
2.3.4.2.	Trafico promedio diario futuro.....	58
2.3.4.2.1.	Índice de crecimiento.....	58
2.3.4.2.2.	Trafico normal.	59
2.3.4.2.3.	Tráfico generado.....	60

2.3.4.2.4. Trafico inducido.....	61
2.3.4.2.5. Trafico promedio diario de diseño.....	62
2.3.4.3. Calculo del número de ejes equivalentes W_{18}	63
2.3.4.3.1. Factor de carga equivalente (FCE)	64
2.3.4.3.2. Calculo del número de ejes equivalentes por tipo de vehículo para concreto asfaltico (n=20 años)	64
2.3.4.3.3. Calculo del número de ejes equivalentes por tipo de vehículo para concreto asfaltico (n=7 años)	67
2.4. DISEÑO GEOMÉTRICO.	68
2.4.1. Categorización de la vía.	68
2.4.2. Parámetros de diseño geométrico.....	69
2.4.2.1. Velocidad de proyecto. (V_p).	69
2.4.2.2. Peralte maximo. (e%)	69
2.4.2.3. Radio mínimo. (R_{min}).....	69
2.4.2.4. Pendiente de la vía.....	70
2.4.2.4.1. Pendiente máxima.....	70
2.4.2.4.2. Pendiente mínima.	70
2.4.2.5. Distancia mínima de visibilidad de frenado.	71
2.4.2.6. Distancia de visibilidad de adelantamiento.	71
2.4.2.7. Sobreechanco o ampliación.	72
2.4.3. Diseño geométrico planimétrico.	72
2.4.3.1. Alineamiento horizontal.	72
2.4.3.2. Diseño curvas horizontales.....	75
2.4.4. Diseño geométrico altimétrico.	82
2.4.4.1. Alineamiento vertical	82
2.4.4.2. Diseño de curvas verticales.	83
2.4.5. Sección transversal.....	90
2.4.5.1. Ancho de plataforma.	90
2.4.5.2. Pendiente transversal de la calzada.	91
2.4.5.3. Costados de camino.....	91
2.4.5.3.1. Sección cunetas.....	91
2.4.5.3.2. Taludes.....	91

2.4.6.	Movimiento de tierras.	93
2.5.	DISEÑO ESTRUCTURAL.	115
2.5.1.	Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO-93.	115
2.5.1.1.	Módulo resiliente.	116
2.5.1.2.	Periodo de diseño.	117
2.5.1.3.	Índice de serviciabilidad.	118
2.5.1.3.1.	Serviciabilidad inicial.	118
2.5.1.3.2.	Serviciabilidad final.	118
2.5.1.4.	Número total de ejes simples y equivalentes.	118
2.5.1.5.	Confiabilidad.	118
2.5.1.5.1.	Nivel de confiabilidad.	119
2.5.1.5.2.	Desviación estándar.	119
2.5.1.6.	Coefficientes estructurales de las capas.	119
2.5.1.7.	Coefficiente de drenaje.	120
2.5.1.8.	Numero de estructural.	121
2.5.2.	Determinación de espesores de las capas del pavimento flexible.	122
2.5.2.1.	Alternativa I: construcción con carpeta asfáltica.	122
2.5.2.2.	Alternativa II: construcción inicial con tratamiento superficial doble ...	124
2.6.	DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE.	126
2.6.1.	Diseño de cunetas.	126
2.6.2.	Diseño de alcantarillas de alivio.	130
2.6.3.	Diseño de alcantarillas de cruce.	132
2.7.	ESTRUCTURA DE COSTOS DEL DISEÑO DE INGENIERÍA.	137
2.7.1.	Cóputos métricos.	137
2.7.2.	Análisis de precios unitarios.	139
2.7.3.	Presupuesto general.	139
2.7.4.	Especificaciones técnicas.	141
3.	CAPITULO III – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	142
3.1.	CONCLUSIONES.	142
3.2.	RECOMENDACIONES.	144

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura N° 1. Mapa ubicación general del proyecto.	6
Figura N° 2. Ubicación específica del proyecto.	7
Figura N° 3. Curvas precipitación – intensidad – frecuencia.....	19
Figura N° 4. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 10 años	19
Figura N° 5. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 25 años.	20
Figura N° 6. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 50 años.	20
Figura N° 7. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 100 años.	21
Figura N° 8. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 500 años.	21
Figura N° 9. Método gráfico lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 1000 años.	22
Figura N° 10. Curvas intensidad – duración – frecuencia.	23
Figura N° 11. Muestreo de suelo en el tramo Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.	30
Figura N° 12. Curva granulométrica de la muestra N°1	32
Figura N° 13. Curva de flujo de la muestra N°1	35
Figura N° 14. Curva de compactación de la muestra N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎	39
Figura N° 15. Relación carga vs penetración de los 56, 25 y 12 golpes de la muestra N° 29 suelo A-2-4 ₍₀₎	43
Figura N° 16. Curva de compactación de la muestra N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎	44
Figura N° 17. Curva C.B.R. vs peso unitario de la muestra N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎	44
Figura N° 18. Relación carga vs penetración de los 56, 25 y 12 golpes de la muestra N° 10 suelo A-2-5 ₍₀₎	47
Figura N° 19. Curva de compactación de la muestra N°10 suelo A-2-5 ₍₀₎	48

Figura N° 20. Curva C.B.R. vs peso unitario de la muestra N°10 suelo A-2-5 ₍₀₎	48
Figura N° 21. Relación carga vs penetración de los 56, 25 y 12 golpes de la muestra N° 18 suelo A-2-6 ₍₀₎	51
Figura N° 22. Curva de compactación de la muestra N°18 suelo A-2-6 ₍₀₎	52
Figura N° 23. Curva C.B.R. vs peso unitario de la muestra N°18 suelo A-2-6 ₍₀₎	52
Figura N° 24. Curva circular.....	75
Figura N° 25. Esquema de partes de una curva vertical convexa (cima)	83
Figura N° 26. Esquema de partes de una curva vertical cóncava (columpio).....	86
Figura N° 27. Sección transversal de la carretera.	93
Figura N° 28. Curva masa. Tramo 1: Rancho Norte – Erquis Oropeza.....	102
Figura N° 29. Curva masa. Tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.....	114
Figura N° 30. Espesores pavimento flexible alternativa I.....	124
Figura N° 31. Sección tipo cunetas	126
Figura N° 32. Sección tipo alcantarilla de alivio.....	130
Figura N° 33. Sección tipo alcantarilla de cruce tipo cajón.	134

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro N° 1. Cantidad de familias con y sin agua potable por cañería.....	8
Cuadro N° 2. Cobertura y medios para la eliminación de excretas.	9
Cuadro N° 3. Energía eléctrica	10
Cuadro N° 4. Servicios de educación.....	10
Cuadro N° 5. Servicios de salud.	11
Cuadro N° 6. Resumen de BMs.....	12
Cuadro N° 7. Estacones pluviométricos para la precipitación media.	14
Cuadro N° 8. Estaciones pluviométricas para la precipitación máxima.	14
Cuadro N° 9. Análisis de los valores estadísticos.....	15
Cuadro N° 10. Parámetros estadísticos para el análisis de lluvias máximas.....	16
Cuadro N° 11. Alturas de lluvias máximas diarias.	17
Cuadro N° 12. Altura de lluvias máximas inferiores a las diarias.	18
Cuadro N° 13. Intensidades máximas para periodos de duración menores a 24 horas.....	23
Cuadro N° 14. Tiempo de concentración.....	25
Cuadro N° 15. Determinacion de la intensidad máxima.....	26

Cuadro N° 16. Caudales máximos	28
Cuadro N° 17. Muestreo de suelo en el tramo Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.	29
Cuadro N° 18. Ensayo de granulometría de la muestra N°1 procedencia Santa Bárbara Grande.....	32
Cuadro N° 19. Planilla del ensayo de granulometría de la muestra N°1	32
Cuadro N° 20. Resumen ensayo de análisis granulométrico ASTM D-422-63.....	33
Cuadro N° 21. Planilla del ensayo de Limite liquido de la muestra N°1	34
Cuadro N° 22. Planilla del ensayo de Limite plástico de la muestra N°1	35
Cuadro N° 23. Resumen ensayo de atterberg ASTM d-423-66 y ASTM d-424-59.	36
Cuadro N° 24. Resumen clasificación de suelos.....	37
Cuadro N° 25. Planilla de ensayo compactación T-180 de la muestra N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎ ...	38
Cuadro N° 26. Densidad máxima y humedad optima de los tipos de suelo en estudio.	39
Cuadro N° 27. Característica del suelo de la muestra N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎	40
Cuadro N° 28. Contenido de humedad y peso unitario N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎	41
Cuadro N° 29. Planilla cálculo expansión de espécimen de la muestra N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎ ..	42
Cuadro N° 30. Planilla de cálculo del C.B.R. de la muestra N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎	42
Cuadro N° 31. Peso unitario los C.B.R. de la muestra N°29 suelo A-2-4 ₍₀₎	43
Cuadro N° 32. Característica del suelo de la muestra N°10 suelo A-2-5 ₍₀₎	45
Cuadro N° 33. Contenido de humedad y peso unitario de la muestra N°10 suelo A-2-5 ₍₀₎	45
Cuadro N° 34. Planilla cálculo expansión de espécimen de la muestra N°10 suelo A-2-5 ₍₀₎ ..	46
Cuadro N° 35. Planilla de cálculo del C.B.R. de la muestra N°10 suelo A-2-5 ₍₀₎	46
Cuadro N° 36. Peso unitario de los C.B.R. de la muestra N°10 suelo A-2-5 ₍₀₎	47
Cuadro N° 37. Característica del suelo de la muestra N°18 suelo A-2-6 ₍₀₎	49
Cuadro N° 38. Contenido de humedad y peso unitario de la muestra N°18 suelo A-2-6 ₍₀₎	49
Cuadro N° 39. Planilla cálculo expansión de espécimen de la muestra N°18 suelo A-2-6 ₍₀₎ ..	50
Cuadro N° 40. Planilla de cálculo del C.B.R. de la muestra N°18 suelo A-2-6 ₍₀₎	50
Cuadro N° 41. Peso unitario de los C.B.R. de la muestra N°18 suelo A-2-6 ₍₀₎	51
Cuadro N° 42. Resumen de C.B.R. del camino.	53
Cuadro N° 43. Determinacion del CBR de diseño.....	53
Cuadro N° 44. Planilla de aforos de tráfico fecha 07/07/2017	57
Cuadro N° 45. Planilla total de aforos.	57
Cuadro N° 46. Trafico normal.	59
Cuadro N° 47. Tráfico generado.....	60

Cuadro N° 48. Trafico inducido.....	61
Cuadro N° 49. Trafico futuro.....	62
Cuadro N° 50. Trafico promedio diario de diseño (n=20 años).....	63
Cuadro N° 51. Trafico promedio diario de diseño (n=7 años).....	63
Cuadro N° 52. Factores de carga equivalente	64
Cuadro N° 53. Datos para el cálculo del número total de ejes equivalentes.....	65
Cuadro N° 54. Numero de ejes equivalentes para vehículos livianos.....	65
Cuadro N° 55. Numero de ejes equivalentes para vehículos medianos.....	66
Cuadro N° 56. Numero de ejes equivalentes para vehículos pesados.....	66
Cuadro N° 57. Numero de eje equivalentes de diseño W_{18} (n=20 años).....	67
Cuadro N° 58. Numero de eje equivalentes de diseño W_{18} (n=7 años).....	67
Cuadro N° 59. Resultados estudio preliminares	68
Cuadro N° 60. Valores maximo para el peralte y la fricción transversal.....	69
Cuadro N° 61. Pendientes máximas admisibles [%].....	70
Cuadro N° 62. Distancia mínima de adelantamiento.....	71
Cuadro N° 63. Resumen de parámetros de diseño.....	72
Cuadro N° 64. Planilla replanteo PI Tramo N° 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande....	73
Cuadro N° 65. Planilla replanteo PI Tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza. 73	
Cuadro N° 66. Elementos curvas horizontales tramo N° 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.....	76
Cuadro N° 67. Tabla replanteo curvas horizontales tramo N° 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.....	77
Cuadro N° 68. Elementos curvas horizontales tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.....	78
Cuadro N° 69. Tabla replanteo curvas horizontales tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.....	80
Cuadro N° 70. Alineamiento vertical tramo N°1 Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.....	82
Cuadro N° 71. Alineamiento vertical tramo N°2 Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza. ..	82
Cuadro N° 72. Planilla de replante curva vertical N°1.....	85
Cuadro N° 73. Planilla de replante curva vertical N°2.....	88
Cuadro N° 74. Elementos de curvas verticales tramo N°1: Rancho Norte - Santa Bárbara Grande.....	88

Cuadro N° 75. Replanteo de curvas verticales tramo N°1: Rancho Norte - Santa Bárbara Grande.....	88
Cuadro N° 76. Elementos de curvas verticales tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.....	89
Cuadro N° 77. Replanteo de curvas verticales tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.....	90
Cuadro N° 78. Bombeos de la calzada [%].....	91
Cuadro N° 79. Dimensiones sección transversal.	93
Cuadro N° 80. Movimiento de tierras tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.	93
Cuadro N° 81. Resumen de volúmenes de corte tramo 1. Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.	103
Cuadro N° 82. Resumen de volúmenes de relleno tramo 1. Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.	103
Cuadro N° 83. Transporte y depósito materiales tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.	103
Cuadro N° 84. Movimiento de tierras tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza. .	103
Cuadro N° 85. Resumen de volúmenes de corte tramo 2. Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza.....	114
Cuadro N° 86. Resumen de volúmenes de relleno tramo 2. Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza.....	114
Cuadro N° 87. Transporte y depósito materiales tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.....	115
Cuadro N° 88. Tramos camino Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.	115
Cuadro N° 89. Valores de soporte de la subrasante.....	117
Cuadro N° 90. Módulo de resiliencia de las capas del pavimento flexible.....	117
Cuadro N° 91. Calidad de drenaje en función al tiempo en que alcanza 85 % de saturación.	121
Cuadro N° 92. Coeficiente de drenaje en relación al porcentaje tiempo que del pavimento está sometido a niveles de saturación y la calidad de drenaje.....	121
Cuadro N° 93. Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular	123
Cuadro N° 94. Espesores pavimento flexible alternativa I.....	125
Cuadro N° 95. Espesores pavimento flexible alternativa II.....	126

Cuadro N° 96. Resumen diseño cunetas tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande	128
Cuadro N° 97. Resumen diseño cunetas tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.....	129
Cuadro N° 98. Resumen diseño de alcantarillas de alivio tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.	131
Cuadro N° 99. Resumen diseño alcantarillas de alivio tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.....	132
Cuadro N° 100. Resumen de diseño de alcantarillas de cruce tipo cajón tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.	135
Cuadro N° 101. Resumen de diseño de alcantarillas de cruce tipo cajón tramo 2: Santa Bárbara Grande- Erquis Oropeza.	135
Cuadro N° 102. Resumen de cálculos métricos (alternativa I).....	137
Cuadro N° 103. Resumen de cálculos métricos (alternativa II)	138
Cuadro N° 104. Incidencias.	139
Cuadro N° 105. Presupuesto general camino Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza (alternativa I).....	139
Cuadro N° 106. Presupuesto general camino Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza (alternativa II)	140

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Informe topográfico.....	A-1
Anexo 2. Estudio hidrológico	A-2
Anexo 3. Estudio geotécnico	A-3
Anexo 4. Estudio de tráfico	A-4
Anexo 5. Diseño geométrico.....	A-5
Anexo 6. Diseño estructural.....	A-6
Anexo 7. Diseño de obras de drenaje.....	A-7
Anexo 8. Cálculos métricos.....	A-8
Anexo 9. Análisis de precios unitarios.....	A-9

Anexo 10. Presupuesto general.....	A-10
Anexo 11. Especificaciones técnicas	A-11
Anexo 12. Memoria fotográfica.....	A-12
Anexo 13. Documentos de respaldo	A-13

DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA TRAMO, SANTA BÁRBARA GRANDE- ERQUIS OROPEZA

1. CAPITULO I - INTRODUCCIÓN.

1.1. GENERALIDADES.

En la provincia Méndez se vienen ejecutando varios proyectos de diseño de ingeniería de caminos que incluyen aperturas, mejoramientos, recapamientos, pavimentados y otros relacionados a la construcción de vías de comunicación. En la provincia Méndez, específicamente en el municipio de San Lorenzo, en los últimos años el gobierno autónomo municipal de San Lorenzo es la encargada de llevar a cabo la construcción y ejecución de caminos vecinales en todo el municipio, pero la falta de infraestructura caminera en el municipio es evidente, puesto que varias comunidades se ven afectadas por no contar con un acceso adecuado a las demás comunidades y ocasionando pérdidas agrícolas y pecuarias, dicho problema viene agravándose de manera progresiva, produciendo impactos negativos en la economía de la zona y por ende frena el desarrollo de este municipio.

Se pretende establecer el diseño de ingeniería para el camino Santa Bárbara Grande-Erquis Oropeza perteneciente al municipio de San Lorenzo de la provincia Méndez presentando la adecuación del diseño geométrico sobre la vía existente, y presentando el diseño de la capa de rodadura y el presupuesto como solución al problema de falta de infraestructura vial de la zona, donde las normativas a seguir serán las estipuladas por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) para dicho diseño de ingeniería.

La realización de este diseño de ingeniería es importante puesto que brindará una vía caminera accesible, segura y transitable durante los 365 días del año ya que la existencia o no de una vía de comunicación transitable en cualquier época del año, es un factor preponderante para el desarrollo de las comunidades beneficiarias puesto que ayudara a los comunarios de la zona a contar con una infraestructura caminera adecuada y necesaria para lograr comercializar su producción, como así también el fácil acceso a los insumos y servicios.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA.

Se realiza el presente proyecto debido a que no existe un diseño de ingeniería del camino que comunica las comunidades de Santa Bárbara Grande con la comunidad de Erquis Oropeza, el cual actualmente es un camino de tierra; este camino vecinal no cuenta con las condiciones necesarias para que el flujo vehicular pueda trasladarse sin ninguna clase de problema durante los 365 días del año. Las condiciones en la que se encuentran el camino vecinal constituye lo siguiente: la capa de rodadura no cuenta con un ripiado, la misma en época de lluvias es intransitable por las condiciones actuales que presenta, no cuenta con obras de arte como ser alcantarillas y cunetas, ya que esto dificulta el drenaje de la capa de rodadura. Además, que en épocas de lluvias las quebradas son intransitables debido a que las mismas por las grandes crecidas que se tiene no se puede trasladarse a otras comunidades aledañas y al mercado local para poder trasladar la producción de cada una de las comunidades, debido a que no cuentan con obras de arte menor. El diseño se realizará aplicando todos los conocimientos científicos adquiridos en aula y llevándolos a cabo a la realización real de un proyecto para la construcción de una vía de comunicación o sistema carretero, cumpliendo normativas y parámetros de diseño establecidos por un órgano rector en este caso la A.B.C. (Administradora Boliviana de Carreteras), para así lograr un óptimo diseño de carretera, que mejore las condiciones de la vía existente para que los vehículos que circulen tengan confort, seguridad los 365 días del año, garantizando que los comunarios puedan transportar su producción a la ciudad o a las comunidades aledañas, es decir el diseño de ingeniería del camino ayudaría al desarrollo productivo de las comunidades.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.3.1. Situación problémica.

En la provincia Méndez del gobierno autónomo del municipio de San Lorenzo viene ejecutando varias obras de apertura, mejoramiento y asfaltado de varias vías camineras que permiten la integración de la provincia. Las comunidades de Santa Bárbara Grande

y de Erquis Oropeza se integran a través de un camino vecinal que es utilizado por los comunarios para traer sus productos a comercializarlos a la ciudad de Tarija y además proveerse de productos de primera necesidad, este camino vecinal no cuenta con las condiciones necesarias para que el flujo vehicular pueda trasladarse sin ninguna clase de problema durante los 365 días del año. Las condiciones en la que se encuentran el camino vecinal constituye lo siguiente: la capa de rodadura no cuenta con pavimento asfáltico, la misma en época de lluvias es intransitable por las condiciones actuales que presenta, no cuenta con obras de arte como ser alcantarillas y cunetas, ya que esto dificulta el drenaje de la capa de rodadura. Además, que en épocas de lluvias las quebradas son intransitables debido a que las mismas por las grandes crecidas que se tiene no se puede trasladarse a otras comunidades aledañas y al mercado local para poder trasladar la producción de cada una de las comunidades, debido a que no cuentan con obras de arte menor.

Además, otro problema que se presenta es la polvareda y la tierra que dejan los vehículos en algunos sectores del tramo y que son un perjuicio para los mismos vehículos que circulan por la carretera y para los comunarios de la zona que se ven afectados por estos motivos se tiene la necesidad de presentar alternativas de diseño de ingeniería para el camino vecinal Santa Bárbara Grande y Erquis Oropeza (progresiva +000 hasta la progresiva 7+203.370)

1.3.2. Problema.

¿Será que el diseño de ingeniería para el camino Santa Bárbara Grande- Erquis Oropeza (progresiva 0+000 hasta la progresiva 7+203.370) ayudará a mejorar las condiciones de la vía existente?

1.4. OBJETIVO DEL PROYECTO.

1.4.1. Objetivo general.

Realizar el diseño final de ingeniería del tramo Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza, para mejorar la comunicación entre estas comunidades garantizando la fluidez del tráfico vehicular.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Estudiar los parámetros de diseño.
- Determinar la ubicación del proyecto.
- Realizar un análisis previo de las características de la zona
- Realizar los estudios previos al diseño (topografía, hidrología, estudio de suelos y tráfico).
- Realizar el diseño geométrico adecuando el trazo a la vía existente.
- Diseñar el paquete estructural para pavimento flexible por el método de AASTHO.
- Realizar otra alternativa de paquete estructural con tratamiento superficial doble.
- Diseñar las obras de drenaje para el tramo (cunetas, alcantarillas)
- Realizar los cálculos métricos.
- Realizar el análisis de precios unitarios.
- Realizar presupuesto general de las alternativas de pavimento flexible
- Especificaciones técnicas del diseño final de ingeniería de la carretera

1.5. ALCANCE DE DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA.

Para la realización de este proyecto involucra toda la parte de diseño de ingeniería (topografía, hidrología, estudio de suelos, tráfico, diseño geométrico, diseño estructural diseño de alcantarillas y cunetas, cálculos métricos, análisis de precios unitarios presupuesto general de la obra).

Se presenta la introducción, la justificación del proyecto de diseño final de ingeniería, situación problemática, problema, objetivos del proyecto (objetivo general, objetivos específicos) y la revisión bibliográfica.

Se presenta la ubicación del proyecto, aspectos generales del proyecto, los estudios preliminares como ser el estudio topográfico, estudio hidrológico, el estudio geotécnico y el estudio de tráfico, posteriormente se presenta el diseño geométrico del camino el cual contempla el diseño planimétrico y altimétrico, así como también el diseño de la

sección transversal y la determinación del movimiento de tierras, seguido se presenta el diseño del pavimento con concreto asfáltico, el diseño de las obras de drenaje (cunetas, alcantarillas de alivio y de cruce) y por último el detalle de la estructura de costos del diseño de ingeniería, es decir los cálculos métricos, análisis de precios unitarios, presupuesto general y especificaciones técnicas.

Se presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto además de la bibliografía utilizada para la realización del proyecto, y en anexos se presentan los siguientes detalles: anexo 1: levantamiento topográfico, anexo 2: hidrología, anexo 3: estudio de suelos, anexo 4: tráfico, anexo 5: diseño geométrico, anexo 6: diseño estructural, anexo 7: diseño de obras de drenaje, anexo 8: cálculos métricos, anexo 9: análisis de precios unitarios, anexo 10: presupuesto general, anexo 11: especificaciones técnicas y anexo 12: memoria fotográfica, además de los planos de detalles

2. CAPITULO II - DISEÑO DE INGENIERÍA.

2.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto se encuentra ubicado en el municipio de San Lorenzo de la provincia Méndez del departamento de Tarija a 5km de la plaza principal de San Lorenzo, ver mapa geográfico de localización del proyecto en el contexto nacional y regional. La localización se muestra en los mapas geográficos que se presentan a continuación:

2.1.1. Ubicación general.

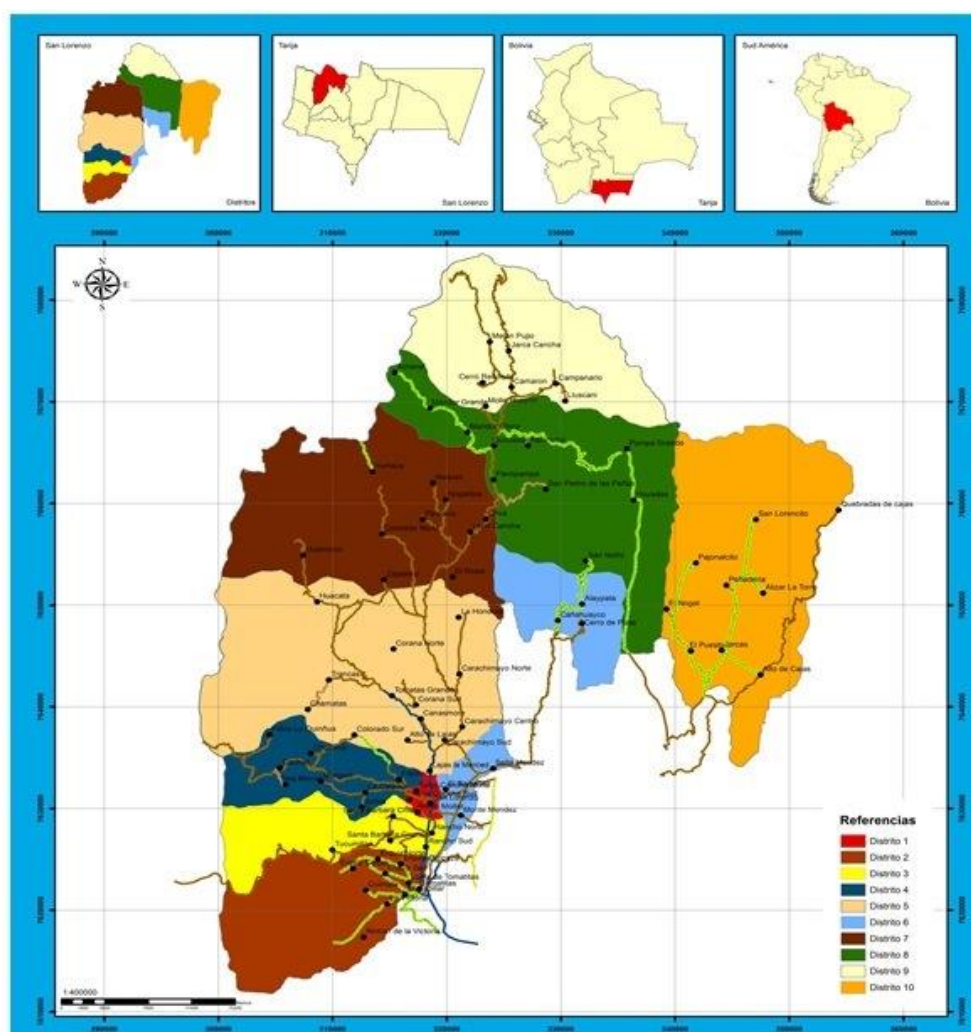


Figura N° 1. Mapa ubicación general del proyecto.

2.1.2. Ubicación específica.

Ubicación a nivel departamental

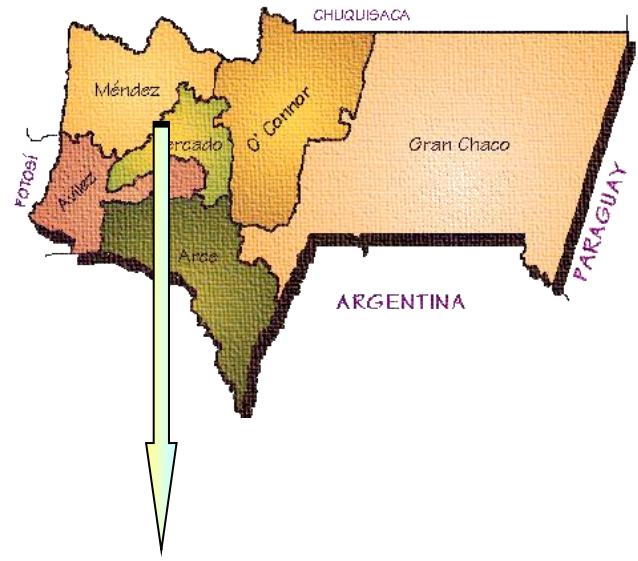


Figura N° 2. Ubicación específica del proyecto.

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DEL PROYECTO.

- La zona en estudio cuenta con dos tipos de climas, semi árido y templado semi árido donde la temperatura media anual varía entre 14 y 16 °C y precipitaciones anuales de más abundantes de 560 mm
- Las lluvias son mayormente de origen orográfico siendo principalmente por la condensación de las masas húmedas provenientes de sur este, estas presentan precipitaciones altas en la zona montañosa.

2.2.1. Servicios básicos existentes

Contar con los servicios básicos en cualquier comunidad, es de vital importancia los servicios básicos con que debe contar la población son de agua potable, energía eléctrica, salud educación y alcantarillado. Sin embargo, no todas las comunidades son atendidas por el gobierno central y/o municipal, debido a muchos factores tales como falta de recursos financieros, descuido de las autoridades centrales, entre otros factores. En este apartado se analiza si las comunidades del área de influencia del proyecto cuentan con los servicios anteriormente citados

2.2.1.1. Servicios agua potable.

En cuanto a los servicios de agua potable en el área de influencia del proyecto, se puede indicar según el cuadro n° 1, que el porcentaje de cobertura es del 85%.’

Cuadro N° 1. Cantidad de familias con y sin agua potable por cañería.

Comunidad	N° de familias	N° de familias		% de cobertura
		C/agua potable	S/agua potable	
Santa Bárbara Grande	31.000	24.000	7.000	77.420%
Erquis Oropeza	53.000	53.000	0.000	100.000%
Total	84.000	91.670%	8.333%	100.000%

Fuente: plan territorial de desarrollo integral (P.T.D.I.) provincia Méndez

2.2.1.2. Servicio de alcantarillado.

En las comunidades beneficiarias con el proyecto no existe un sistema de alcantarillado sanitario por red de drenaje, una mínima proporción de las familias cuenta con letrinas y fosas sépticas (ver cuadro n° 2).

En este cuadro también se observa que 17.91% de las familias no cuenta con ningún tipo de servicio para eliminar excretas, el 60.26% cuenta con pozos ciegos, el 21.83% cuentan con letrinas, esto quiere decir que se tiene una deficiencia para la eliminación de las excretas.

Las familias que no cuentan con este servicio, se ven obligadas a hacer sus necesidades al campo abierto, lo que se convierte en un foco de contaminación y por tanto a una mayor exposición de enfermedades y parásitos, poniendo en riesgo la sanidad de las mismas familias, de los animales domésticos y el medio ambiente (agua de los ríos y aire).

Cuadro N° 2. Cobertura y medios para la eliminación de excretas.

Comunidad	N° de flias	N° de familias			
		Alcant.	Pozo ciego	Letrinas	Ninguno
Santa Bárbara Grande	31.000	0.000	10.000	0.000	21.000
Erquis Oropeza	53.000	0.000	0.000	43.000	10.000
Total	84.000	0.000	10.000	43.000	31.000
Porcentaje	100.000%	0.000%	11.900%	51.190%	36.900%

Fuente: plan territorial de desarrollo integral (P.T.D.I.) provincia Méndez

2.2.1.3. Servicios de electricidad.

Con relación al servicio de electricidad, se puede indicar que las comunidades de Santa Bárbara Grande y Erquis Oropeza no se cuenta con este servicio, por lo que las familias para tener alumbrado en su casa y hacer funcionar algunos artefactos, utilizan los siguientes insumos: kerosén, velas, pilas, gas, baterías y otros insumos que al final de cuentas les resulta antieconómicos y riesgosos para su salud.

Cuadro N° 3. Energía eléctrica

Comunidad	Número de familias	N° de familias		% de cobertura
		C/energía eléctrica	S/ energía eléctrica	
Santa Bárbara Grande	31.000	28.000	3.000	90.320%
Erquis Oropeza	53.000	53.000	0.000	100.000%
Total	84.000	81.000	3.000	
Porcentaje	100.000%	96.430%	3.570%	

Fuente: plan territorial de desarrollo integral (P.T.D.I.) provincia Méndez

2.2.1.4. Servicios de educación.

El sector educación dentro del municipio está bajo la jurisdicción de la dirección distrital de educación, que es un ente dependiente de la dirección departamental de educación y la secretaría departamental de desarrollo humano.

Esta dirección, tiene a su cargo la responsabilidad administrativa y técnica de las distintas unidades centrales y sub-centrales, los que a su vez se encargan de las escuelas seccionales de cada comunidad.

Según información presentada en el cuadro n° 4, se puede indicar que las comunidades de Santa Bárbara Grande y Erquis Oropeza cuentan con una escuelita del nivel inicial y primario de tipo multigrado hasta sexto grado.

Cuadro N° 4. Servicios de educación.

Comunidad	Tipo/ nivel	Servicios de educación			Estado del establecimiento
		N° de	N° de prof.	N° de	
		Alumnos		Aulas	
Santa Bárbara Grande	4° primaria	15.000	1.000	1.000	Buen estado
Erquis Oropeza	3° primaria	18.000	1.000	3.000	Buen estado
Total	--	33.000	2.000	4.000	

Fuente: plan territorial de desarrollo integral (P.T.D.I.) provincia Méndez

2.2.1.5. Servicios de salud.

El municipio de San Lorenzo se encuentra dentro de los más vulnerables del departamento, y los índices de pobreza son regulares respecto a las medias departamentales. Distintos factores contribuyen al estado crítico de la salud de la

población, entre ellos: la precariedad de las viviendas, los bajos niveles de educación e ingresos, las deficientes condiciones sanitarias y medioambientales, el personal médico paramédico insuficiente y la dispersión y poca accesibilidad a los centros de salud, mismos que tampoco cuentan con las condiciones básicas de equipamiento y mobiliario.

el municipio de San Lorenzo cuenta con un hospital de área ubicado en la capital del municipio, 4 centros de salud, y 9 puestos sanitarios en diferentes comunidades.

En el cuadro n° 5, se observa que las comunidades de Santa Bárbara Grande y Erquis Oropeza no cuenta con un puesto de salud.

Cuadro N° 5. Servicios de salud.

Comunidad	Tipo de establecimiento	Personal que atiende			Estado del establecimiento
		Doct.	Enfer.	Enfermeras auxiliares	
Santa Bárbara Grande	Ninguno	--	--	--	--
Erquis Oropeza	Ninguno	--	--	--	--
Total	--	--	--	--	--

Fuente: plan territorial de desarrollo integral (P.T.D.I.) provincia Méndez

2.2.1.6. Modalidades de recolección y disposición de residuos sólidos.

Los sistemas de recolección y tratamiento de basuras y residuos sólidos, no existen en las comunidades beneficiarias, por lo que en la mayoría de los casos la basura es quemada, enterrada en los terrenos, sirve de alimentación a los animales o lo tiran al aire libre.

2.3. ESTUDIOS PRELIMINARES.

2.3.1. Estudio topográfico.

2.3.1.1. Trabajo de campo.

Se realizó un recorrido con el control de pendientes y el trazo, colocando una línea de trazo en toda la longitud del camino existente, luego se procedió a determinar el trazo.

En esta etapa se fijaron los criterios básicos para el levantamiento topográfico: posibles variantes, pendientes admisibles, radios de curvatura mínimos y localización de obras de arte.

En campo se caracterizó cada punto del levantamiento. Se proyecta colocar BMs cada 500 metros del eje tentativo de la carretera a diseñar en sitios seguros y visibles, a un costado del eje de la vía.

Las secciones con su respectiva numeración fueron tomadas a lo largo de todo el eje de la vía, cada 20-30m. Y tomando como franja de levantamiento 20m. A cada lado del eje. Se incluye, como anexo, toda la información del levantamiento topográfico en listas que muestran las coordenadas de cada punto.

Los puntos BMs fueron establecidos tomando como sistema de referencia datum el elipsoide WGS84 con proyección en el sistema de coordenadas UTM cuya cuadrícula se puede apreciar en los planos.

2.3.1.2. Trabajo de gabinete.

Los datos topográficos obtenidos en campo, han sido procesados en gabinete y con ayuda del software AutoCAD Civil 3D, se generó la superficie, perfiles y otros. (los cuales se muestran en el anexo de planos)

2.3.1.3. Planillas de coordenadas.

Es donde se representan todos los puntos del levantamiento topográfico (P, E, N, Z, D,) con las cuales se grafica en el terreno, con la ayuda del programa AutoCAD Civil 3D la misma se mostrará en anexo 1 topografía planilla de coordenadas.

A continuación, se muestra la planilla resumen de BMs de la topografía realizada para el proyecto.

Cuadro N° 6. Resumen de BMs

N°	Norte	Este	Cota	Descripción
P1	7627945.423	317423.202	2029.774	BM-0
P2	7627589.794	317299.066	2003.439	BM-1
P3	7627524.764	316803.165	2033.511	BM-2

N°	Norte	Este	Cota	Descripción
P4	7627596.787	315639.202	2069.530	BM-3
P5	7627472.345	315123.311	2090.204	BM-4
P6	7627506.104	314873.025	2100.029	BM-5
P7	7627173.608	315535.586	2076.003	BM-6
P8	7626693.179	315909.291	2066.991	BM-7
P9	7626166.137	315965.307	2058.715	BM-8
P10	7625674.811	315648.574	2049.699	BM-9
P11	7625141.956	315340.222	2025.335	BM-10
P12	7624905.078	315176.514	2023.260	BM-11
P13	7628051.533	315075.722	2121.096	BM-12
P14	7628330.482	315174.095	2178.155	BM-13
P15	7628315.947	315200.972	2175.253	BM-14

Fuente: elaboración propia

2.3.2. Estudio hidrológico.

La finalidad del estudio hidrológico es determinar las intensidades y caudales máximos para diferentes periodos de retorno, con los cuales se diseña las diferentes obras de arte como alcantarillas, cunetas, etc.

2.3.2.1. Análisis pluviométrico.

2.3.2.1.1. Precipitación media.

Para determinar la precipitación media anual de la cuenca se utilizó información pluviométrica de estaciones que se encuentran dentro de la cuenca de aporte y estaciones que se encuentran cerca para que se pueda trabajar en toda la superficie de la cuenca.

Para la elección de las estaciones a utilizar se tomó en cuenta la cantidad de años (mayor a 10 años) de registro, debido a que estaciones que cuentan con pocos años de registro no son lo suficientemente confiables.

Las estaciones con las que se trabajó fueron las siguientes:

Cuadro N° 7. Estaciones pluviométricas para la precipitación media.

Estación	Latitud	Longitud	Altura	Media (mm)
San Lorenzo	S.: 21° 25'	W.: 64° 45'	1,900.000 m.s.n.m.	521.320
Tucumillas	S.: 21° 27' 40"	W.: 64° 49' 52"	2,557.000 m.s.n.m.	800.070
Coimata	S.: 21° 29' 57"	W.: 64° 47' 20"	2,027.000 m.s.n.m.	721.84 0

Fuente: Senamhi

Elaboración: propia.

2.3.2.1.2. Precipitación máxima.

Para un análisis completo de las alturas de lluvia máximas es necesario:

- Determinar la precipitación máxima en 24 hrs. de duración para diferentes periodos de retorno.
- Determinar la precipitación máxima correspondiente a las precipitaciones de duración inferior a las 24 hrs. Que también se analizan para diferentes periodos de retorno.

Precipitación máxima en 24 horas.

Para el análisis de la precipitación máxima se utilizaron estaciones que están dentro de la cuenca y las que se encuentran cerca. Las estaciones que se tomaron en cuenta son las que tienen la mayor cantidad de años de registro, por lo que se desecharon las que contaban con pocos años de registro.

Las estaciones que se tomaron en cuenta fueron las siguientes:

Cuadro N° 8. Estaciones pluviométricas para la precipitación máxima.

Estación	Latitud	Longitud	Altura (m.s.n.m.)	N° datos
Tucumillas	S.: 21° 27' 40"	W.: 64° 49' 52"	2,557.000	31.000
San Lorenzo	S.: 21° 25'	W.: 64° 45'	1,900.000	18.000
Coimata	S.: 21° 29'	W.: 64° 47'	2,000.000	27.000

Fuente: Senamhi

Elaboración: propia.

En cada estación se eliminaron los años donde no hay datos en los meses que frecuentemente llueve.

La información utilizada fueron las precipitaciones máximas en 24 horas registradas en cada estación pluviométrica.

2.3.2.2. Determinación de intensidades máximas.

2.3.2.2.1. Ley de distribución de probabilidades.

En este estudio se utilizó la distribución probabilística Gumbell, debido a que esta distribución es muy usada para valores extremos y es la una de las que mejor se ajustan a estos valores.

Para este cometido se hizo la prueba de bondad de ajuste mediante Smirnov – Kolmogorov para determinar si los datos de lluvias máximas diarias de cada estación pluviométrica se ajustan a la distribución probabilística elegida.

Para que los datos se ajusten se debe cumplir:

$$\Delta_{\text{crit}} > \Delta_{\text{max}}$$

Realizada la prueba de bondad de ajuste, se tuvo los siguientes resultados:

Cuadro N° 9. Análisis de los valores estadísticos.

Estaciones	Nivel de significación	Δ_{crit}	Δ_{max}	Observación
Tucumillas	0.050	0.248	0.100	Se ajusta
San Lorenzo	0.050	0.321	0.241	Se ajusta
Coimata	0.050	0.262	0.158	Se ajusta

Elaboración: propia.

Los resultados demuestran que la ley Gumbell se ajusta adecuadamente a los valores de cada estación.

La ley de distribución de las precipitaciones de máxima intensidad está definida a partir de la ley Gumbell. Los valores máximos de precipitación están caracterizados por un parámetro k_d (característica) y por un valor E_d (moda).

Si la expresión de la ley Gumbell la igualamos a la probabilidad de no ocurrencia de un fenómeno en función del tiempo de retorno, realizando las simplificaciones y reemplazos necesarios se obtienen las siguientes expresiones:

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

De donde se obtiene la ecuación de Gumbell modificado para lluvias máximas diarias:

$$H_{dT} = E_d \cdot (1 + k_d \cdot \text{Log}T)$$

Donde:

H_{dT} = lluvia máxima diaria para un periodo de retorno (mm).

E_d = moda (mm).

k_d = característica de la distribución.

T = periodo de retorno (años).

Los valores de parámetros de distribución para cada estación son los siguientes:

Cuadro N° 10. Parámetros estadísticos para el análisis de lluvias máximas.

Estación	Media (x)	Desviación estándar (s)	Moda	Característica
			E_d	K_d
Tucumillas	54.210	18.180	46.030	0.710
San Lorenzo	30.760	14.520	24.230	1.080
Coimata	53.960	10.670	49.160	0.390

Elaboración: propia.

Para calcular las alturas de lluvia máxima diaria referida a diferentes periodos de retorno debe obtenerse la moda y la característica ponderada, que está en función del peso de cada estación, es decir los años de registro que tienen.

La moda y la característica ponderada se determinan de la siguiente forma:

$$K_D = \frac{\sum K_{Di} \cdot n_i}{\sum n_i} \quad ; \quad E_D = \frac{\sum E_{Di} \cdot n_i}{\sum n_i}$$

Dónde: n_i = número de años de registro en cada estación.

Entonces:

$$E_d = 42.304$$

$$K_d = 0.6735$$

La altura de lluvia máxima diaria para diferentes periodos de retorno se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 11. Alturas de lluvias máximas diarias.

T (años)	H _{dT} (mm)
10.000	70.795
25.000	82.133
50.000	90.710
100.000	99.286
500.000	119.201
1,000.000	127.778

Elaboración: propia.

2.3.2.2.2. Precipitaciones máximas para duraciones menores a 24 horas.

En virtud de que las lluvias en nuestro medio tienen duraciones inferiores a las 24 horas, es necesario conocer las alturas de lluvia para periodos de duración inferiores a las diarias, es decir, 0.5, 1, 2, 3, etc. Horas.

Por lo tanto, se utilizará la ley de regresión de valores modales, dentro de la cual se conoce un punto, el valor modal de la lluvia diaria:

$$E_t = E_D \cdot \left(\frac{t}{t_d}\right)^b$$

Donde:

E_t = valor modal para un tiempo t en hrs.

E_D = valor modal de la lluvia diaria.

t = tiempo en hrs.

t_d = tiempo correspondiente a la lluvia diaria.

b = exponente que varía entre 0.200 – 0.300.

Esta ecuación está dada para valores de t mayores o iguales a 2 hrs.

El tiempo correspondiente a la lluvia diaria (t_d), para cuencas mayores a 20 km². Tiene un valor igual a 12, ya que la duración de las lluvias en nuestro medio no sobrepasa ese valor.

En Bolivia se ha demostrado que para sus cuencas el valor del exponente $b = 0.2$ es bastante aceptable y proporciona valores más reales, además de ser el más desfavorable e ir por el lado de la seguridad.

Considerando estos valores tenemos la expresión:

$$E_t = E_D \cdot \left(\frac{t}{12}\right)^{0.2}$$

Por lo tanto, reemplazando esta expresión en la ecuación de Gumbell, se tiene:

$$h_{tT} = E_D \cdot \left(\frac{t}{12}\right)^{0.2} \cdot (1 + K_D \cdot \log T)$$

Donde:

h_{tT} = altura de lluvia máxima para duraciones inferiores a las diarias (mm).

La altura de lluvia máxima para duraciones inferiores a las 24 horas, para diferentes periodos de retorno y para diferentes duraciones de lluvia se representa en el siguiente cuadro:

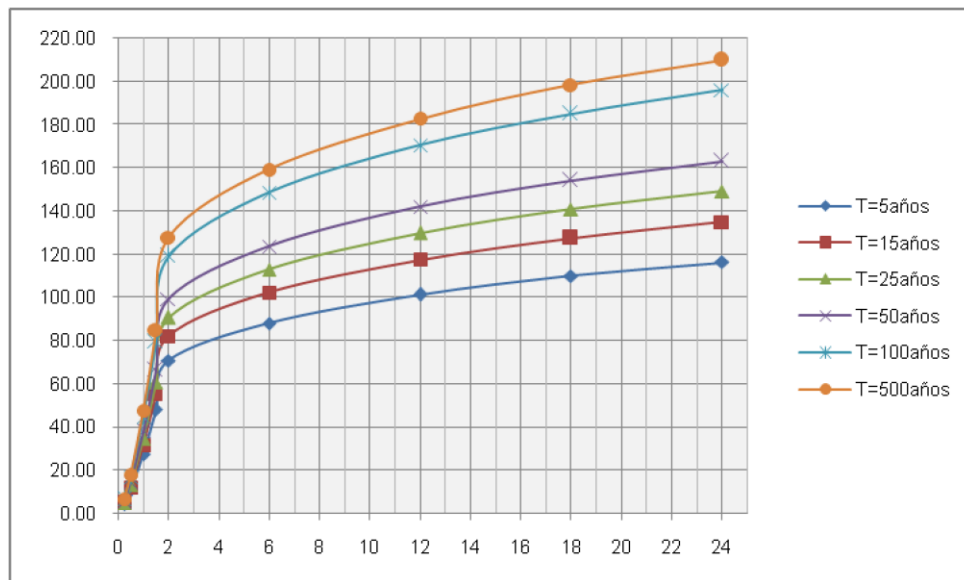
Cuadro N° 12. Altura de lluvias máximas inferiores a las diarias.

Periodo de retorno (años)	Periodos de duración de lluvias en horas (t)								
	0.250	0.500	1.000	1.500	2.000	6.000	12.000	18.000	24.000
10.000	4.180	10.740	27.570	47.850	70.790	88.190	101.310	109.860	116.370
25.000	4.710	12.210	31.660	55.290	82.130	102.320	117.530	127.460	135.010
50.000	5.090	13.290	34.720	60.880	90.710	113.000	129.800	140.770	149.100
100.000	5.470	14.370	37.770	66.470	99.290	123.680	142.080	154.080	163.200
500.000	6.320	16.820	44.770	79.360	119.200	148.490	170.570	184.980	195.940
1,000.000	6.680	17.860	47.760	84.910	127.780	159.180	182.850	198.290	210.030

Elaboración: propia.

Para determinar h_{tT} para duraciones de lluvia menores a las 2 horas se utilizó el método gráfico.

Figura N° 3. Curvas precipitación – intensidad – frecuencia.



Elaboración: propia.

Para lluvia menores a 2 horas se empleó el método gráfico.

Figura N° 4. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 10 años

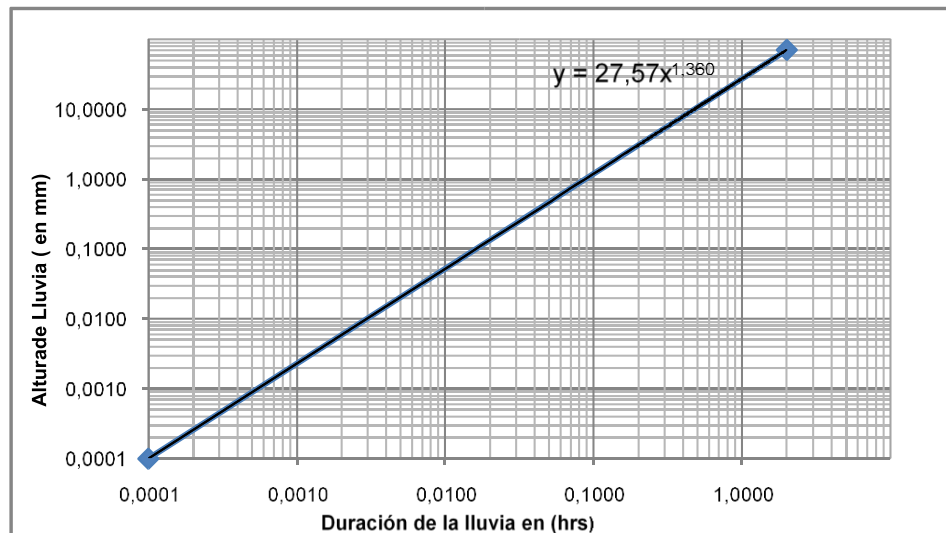


Figura N° 5. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 25 años.

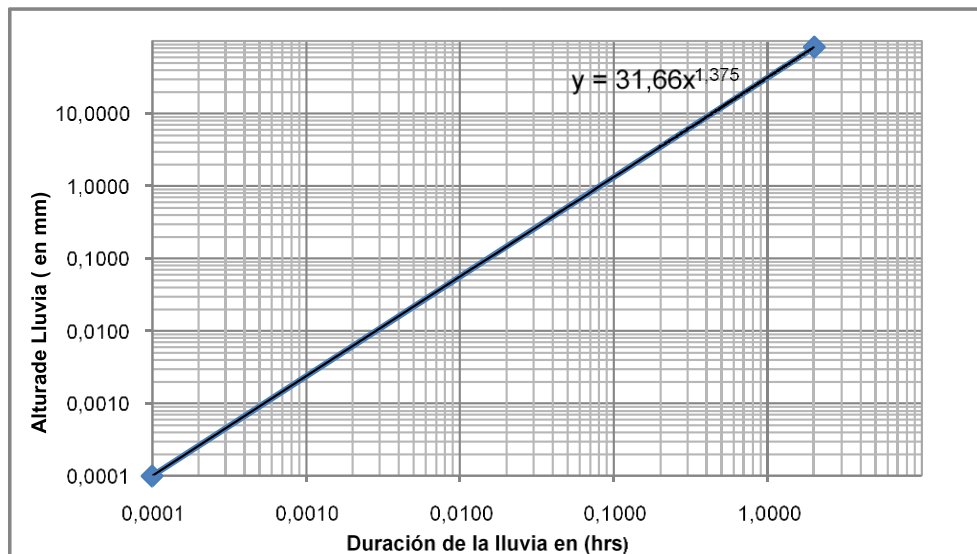


Figura N° 6. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 50 años.

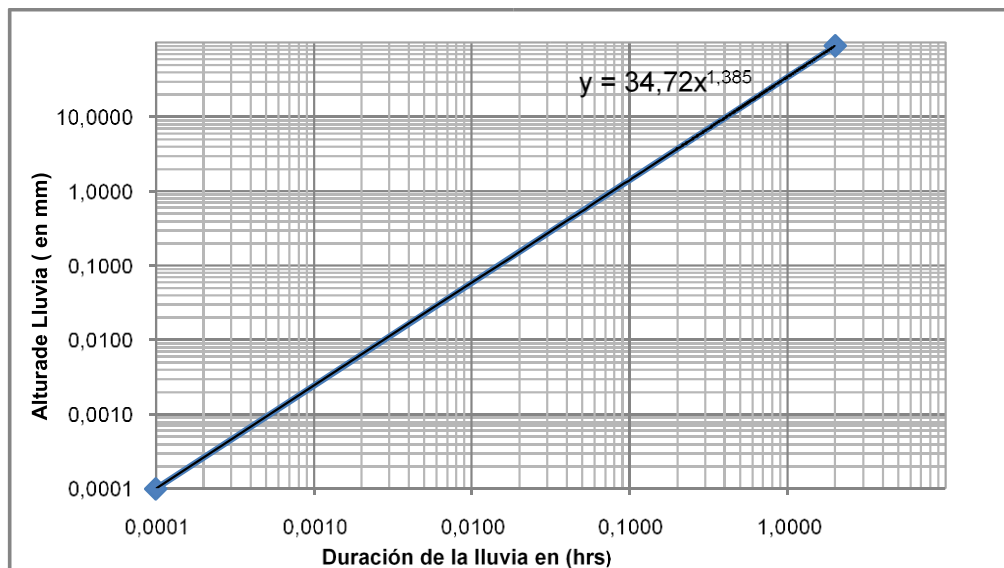


Figura N° 7. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 100 años.

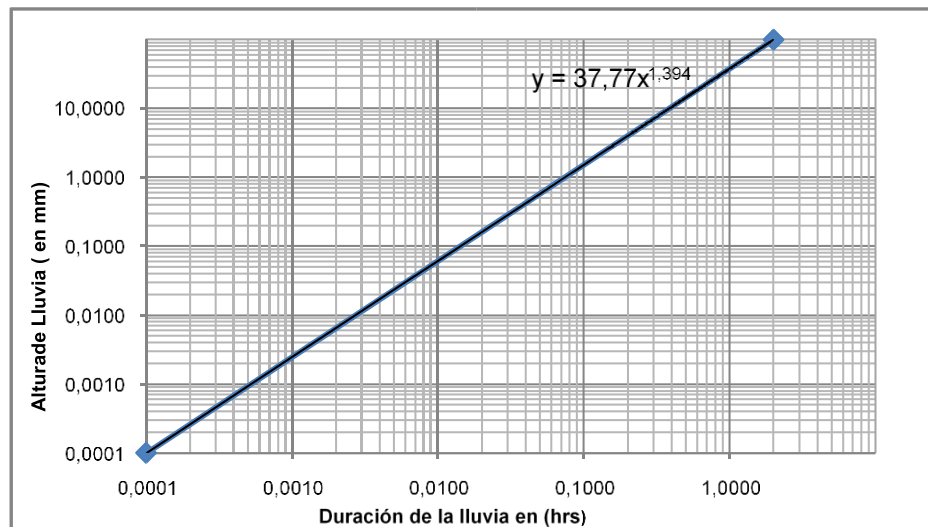


Figura N° 8. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 500 años.

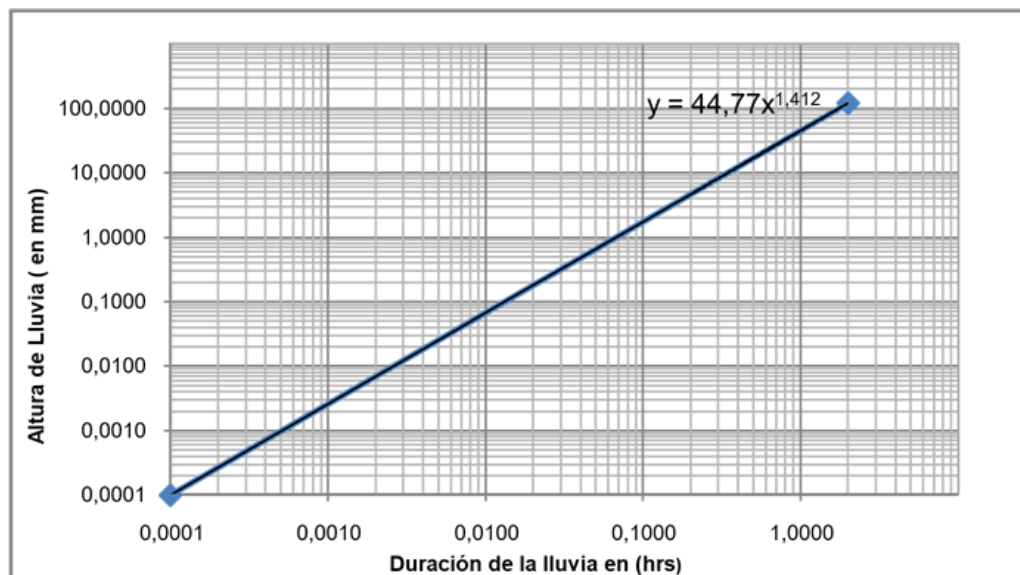
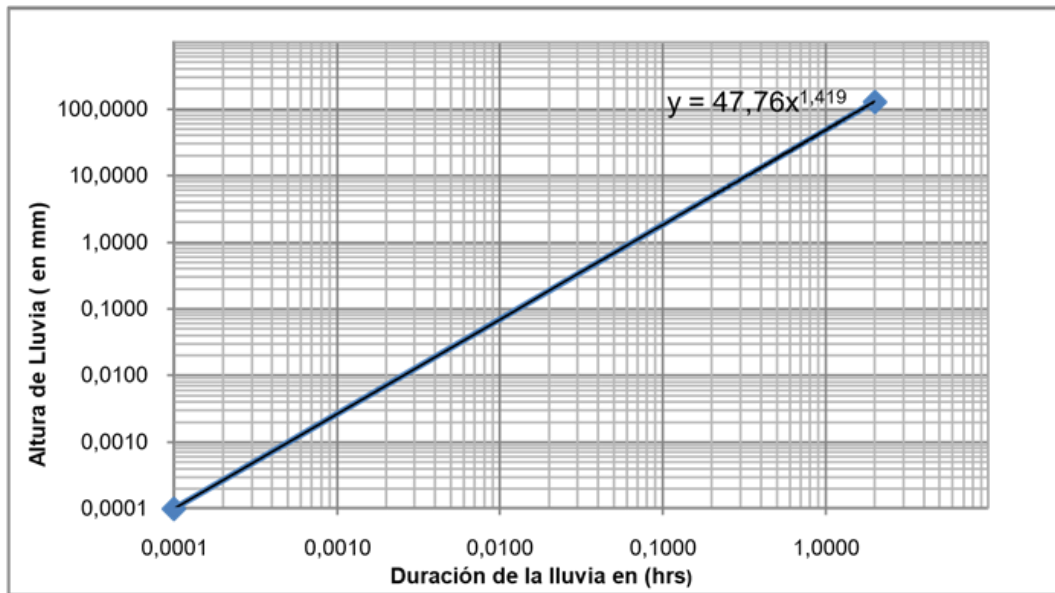


Figura N° 9. Método gráfico de lluvia menores a 2 horas para un periodo de retorno de 1000 años.



2.3.2.2.3. Curvas intensidad – duración y frecuencia.

La precipitación, como variable de estado hidrológica, se puede caracterizar a través de la intensidad, de su distribución en el espacio y tiempo, su frecuencia o probabilidad de ocurrencia.

Las curvas intensidad – duración y frecuencia (I.D.F.) se desarrollaron a partir de la distribución Gumbell. La intensidad máxima viene dada por la siguiente expresión:

$$i = \frac{h_{tT}}{t}$$

Donde:

I = intensidad máxima (mm/hr).

H_{tT} = altura de lluvia máxima para duraciones inferiores a las diarias (mm).

T = tiempo de duración de la lluvia (hrs)

A continuación, se muestran las intensidades máximas para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones de lluvia:

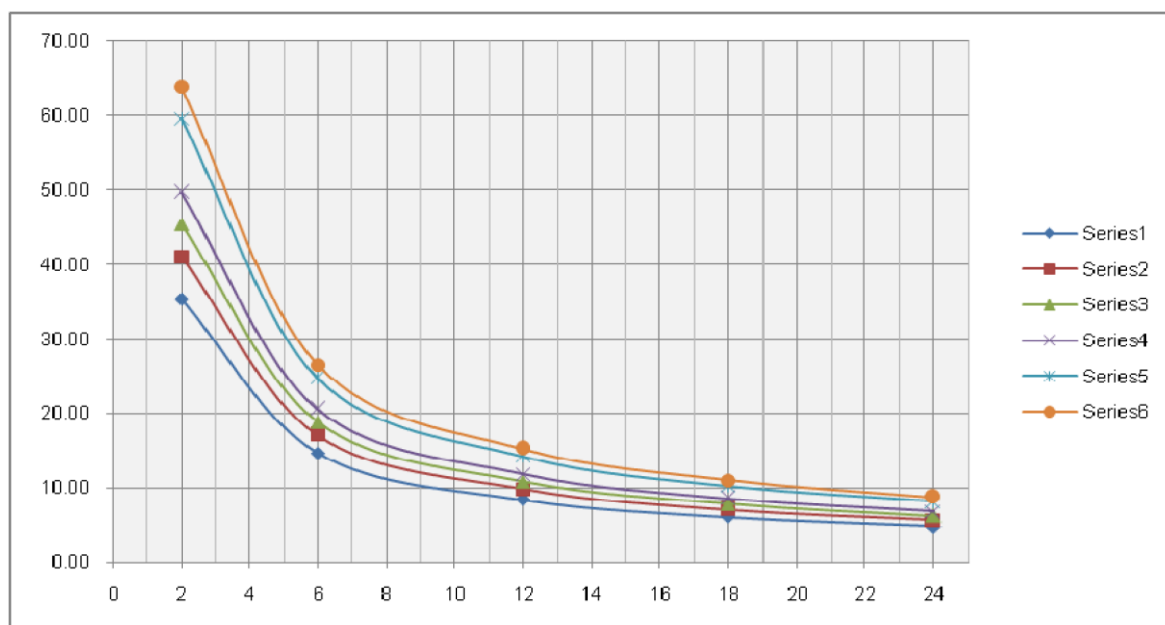
Cuadro N° 13. Intensidades máximas para periodos de duración menores a 24 horas

Periodo de retorno (años)	Intensidades de Lluvias								
	0.250	0.500	1.000	1.500	2.000	6.000	12.000	18.000	24.000
10.000	16.740	21.480	27.570	31.900	35.400	14.700	8.440	6.100	4.850
25.000	18.830	24.410	31.660	36.860	41.070	17.050	9.790	7.080	5.630
50.000	20.360	26.590	34.720	40.590	45.350	18.830	10.820	7.820	6.210
100.000	21.870	28.740	37.770	44.310	49.640	20.610	11.840	8.560	6.800
500.000	25.290	33.650	44.770	52.910	59.600	24.750	14.210	10.280	8.160
1,000.000	26.720	35.720	47.760	56.600	63.890	26.530	15.240	11.020	8.750

Elaboración: propia

Con estos datos se ha grafica las curvas intensidad – duración y frecuencia con sus respectivas frecuencias:

Figura N° 10. Curvas intensidad – duración – frecuencia.



Elaboración: propia.

2.3.2.2.4. Tiempo de concentración.

Se denomina tiempo de concentración de una cuenca al tiempo transcurrido desde que una gota de lluvia que cae en el punto más lejano de la cuenca hasta llegue hasta el

punto de cierre. Este tiempo está en función de las características geográficas y topográficas de la cuenca.

Constituye uno de los parámetros más importantes en la relación precipitación – escorrentía. Hidrológicamente está establecido que, para la obtención de un caudal máximo en una sección cualquiera de una corriente de agua, en un punto de cierre se produce para una tormenta de igual duración al tiempo de concentración.

Para la determinación del tiempo de concentración de la cuenca se utilizaron las siguientes características de la cuenca:

Área = 5.404 km².

Longitud del río principal = 3.878 km.

Diferencia de cotas = 440 m.

Pendiente media = 0,113 m/m.

Fórmulas para el tiempo de concentración

Kirpich:

$$t_c = 0.06626 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.385}$$

Temez:

$$t_c = 0.3 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.35}} \right)^{0.385}$$

Chereque:

$$t_c = \left(0.871 \cdot \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{25.3 \cdot S \cdot L}$$

California:

$$t_c = 0.066 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Ventura y Heras:

$$t_c = 0.05 \cdot \sqrt{\frac{A}{S}}$$

Donde:

L = longitud del curso principal (km).

S = declividad del curso principal (m/m).

H = diferencia de cotas entre el punto más alto y el estudio. (m)

A = área de drenaje (km²).

Tc = tiempo de concentración (hrs).

Los resultados de las fórmulas anteriores son los siguientes:

Cuadro N° 14. Tiempo de concentración.

Método	Tiempo de concentración (hrs)
Kirpich	0.435
Temez	1.499
Chereque	0.436
Giandotti	1.358
California	0.433
Ventura y Heras	0.345

Elaboración: propia.

Se adoptó como el tiempo de concentración de la cuenca el promedio de los distintos métodos, descartando aquel que se dispara mucho que es Temez y Giandotti:

$$T_c = 0.412 \text{ hrs}$$

2.3.2.2.5. Intensidad máxima.

Cuadro N° 15. Determinacion de la intensidad máxima.

Periodo de Retorno T (años)	Altura de Lluvia h_{Tt} (mm)	Intensidad Máxima i_{max} (mm/hr)
10.000	8.260	20.040
25.000	9.360	22.710
50.000	10.170	24.680
100.000	10.980	26.640
500.000	12.810	31.070
1,000.000	13.580	32.940

Elaboración: propia.

2.3.2.3. Determinacion caudal maximo.

Una crecida es un evento superior al normal referida a la escorrentía directa, que va relacionado a un determinado tiempo de retorno (t) que se define como el tiempo que transcurre entre la ocurrencia de un evento igual o mayor que éste al menos una vez en promedio.

Existen métodos directos e indirectos para el cálculo de caudales máximos, cuando la estimación se realiza a partir de datos de aforos realizados de manera sistemática, se los denomina métodos directos, en cambio, cuando no se dispone de estos datos (aforos), es necesario recurrir a algunas relaciones que existen entre el caudal y algunos parámetros como, por ejemplo, la lluvia, el área de la cuenca, características físicas de la cuenca, etc. Para poder estimar el valor del caudal, estos métodos se llaman métodos indirectos.

Dentro de los métodos indirectos existen dos tipos de fórmulas:

- Fórmulas empíricas, que están basadas particularmente en la experiencia y en la práctica. Relacionan el caudal con las características físicas de la cuenca.
- Fórmulas semi-empíricas, son las que de alguna manera tienen una base conceptual o teórica y son producto de un razonamiento lógico que concluye en

una relación matemática. Estas fórmulas relacionan la precipitación con el escurrimiento.

Fórmula racional.

Este método permite estimar los caudales máximos escurridos, utilizando las intensidades máximas de precipitación, la fórmula expresa que el caudal máximo de escorrentía es directamente proporcional a la intensidad máxima de lluvia para un periodo de duración igual al tiempo de concentración y el área de la cuenca. Cuando haya transcurrido este tiempo toda la cuenca estará aportando a la formación del caudal de escorrentía, que tendrá su valor máximo. Su expresión es la siguiente:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3.6}$$

Donde:

Q = caudal máximo (m³/s)

C = coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de lluvia, para un tiempo de duración igual al tiempo de concentración (mm/hr).

A = área de la cuenca (km²).

El coeficiente de escorrentía depende, además, de la intensidad de lluvia, de las características del suelo, la vegetación y pendiente del suelo. Del cuadro N° 28 del libro "manejo de cuenca alto andinas" de Absalón Vásquez Villanueva.

Para una cobertura vegetal: vegetación densa, pastizales, suelo semipermeable y pendiente del terreno media (5%) adoptamos el valor de: c=0.600

Los resultados que se obtuvieron con el método racional fueron los siguientes:

Cuadro N° 16. Caudales máximos

Periodo de	Caudal máximo
Retorno t (años)	(m³/s)
10.000	10.048
25.000	20.452
50.000	23.231
100.000	23.991
500.000	27.987
1,000.000	29.672

Elaboración: propia.

El periodo de retorno adopta esta en función de la tabla 1.2-2 del manual de hidrología y drenaje del a.b.c. el cual indica para alcantarilla y estructura enterradas y tipo de vía: camino en desarrollo el periodo de retorno para diseño es igual a t=50 años.

2.3.3. Estudio geotécnico.

El estudio geotécnico se basa en conocer las características y la calidad de los suelos que constituyen el perfil de la subrasante natural, basándose en el conocimiento del tipo de suelos a lo largo del trazado, su caracterización, su clasificación, y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, para determinar las condiciones geotécnicas de los materiales que constituyen la mencionada subrasante, aptitud resumida en el conocimiento de la relación entre la variación de la resistencia a la penetración de un suelo (CBR), y su capacidad de soporte como base de sustentación para la implementación de pavimentos flexibles o tratamiento superficiales.

2.3.3.1. Muestreo.

Se realizaron los apiques de donde las muestras han sido tomadas de la carretera cada 250 m, de la carretera, hasta el final del tramo donde se obtuvieron 29 muestras.

Todas las muestras obtenidas en campo han sido llevadas al laboratorio para los ensayos correspondientes: granulometría, límites de atterberg, compactación t-180, y CBR.

Cuadro N° 17. Muestreo de suelo en el tramo Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

Numero de muestra	Progresiva		Lugar
	Inicio	Fin	
Muestra N°1	0+000.000	0+250.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°2	0+250.000	0+500.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°3	0+500.000	0+750.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°4	0+750.000	1+000.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°4	1+000.000	1+250.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°6	1+250.000	1+500.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°7	1+500.000	1+750.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°8	1+750.000	2+000.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°9	2+000.000	2+250.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°10	2+250.000	2+500.000	Santa Bárbara Grande
Muestra N°11	2+500.000	2+620.310	Santa Bárbara Grande
Muestra N°12	0+000.000	0+250.000	Erquis Oropeza
Muestra N°13	0+250.000	0+500.000	Erquis Oropeza
Muestra N°14	0+500.000	0+750.000	Erquis Oropeza
Muestra N°15	0+750.000	1+000.000	Erquis Oropeza
Muestra N°16	1+000.000	1+250.000	Erquis Oropeza
Muestra N°17	1+250.000	1+500.000	Erquis Oropeza
Muestra N°18	1+500.000	1+750.000	Erquis Oropeza
Muestra N°19	1+750.000	2+000.000	Erquis Oropeza
Muestra N°20	2+000.000	2+250.000	Erquis Oropeza
Muestra N°21	2+250.000	2+500.000	Erquis Oropeza
Muestra N°22	2+500.000	2+750.000	Erquis Oropeza
Muestra N°23	2+750.000	3+000.000	Erquis Oropeza
Muestra N°24	3+000.000	3+250.000	Erquis Oropeza
Muestra N°25	3+250.000	3+500.000	Erquis Oropeza
Muestra N°26	3+500.000	3+750.000	Erquis Oropeza
Muestra N°27	3+750.000	4+000.000	Erquis Oropeza
Muestra N°28	4+000.000	4+250.000	Erquis Oropeza
Muestra N°29	4+250.000	4+583.060	Erquis Oropeza

Elaboración: propia.

Figura N° 11. Muestreo de suelo en el tramo Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.



2.3.3.2. Trabajo en laboratorio.

La relación de ensayos de laboratorio es la siguiente:

- Determinación de humedad natural según ASTM d-2216-71
- Distribución granulométrica de los materiales constitutivos del suelo, mediante la vía del tamizado según ASTM d-422-63
- Establecimiento de los límites de consistencia o los límites de atterberg:
- Límite líquido según ASTM d-423-66
- Límite plástico según ASTM d-424-59
- Índice de plasticidad

- Clasificación de los suelos, adoptando el sistema internacional AASHTO
- Determinación del grado de compactación mediante el ensayo proctor t 180 ASTM d 1557-91
- Determinación de la capacidad de soporte (california Bearing ratio) CBR. Programada, tomando como nivel de referencia una agrupación de los resultados de clasificación de los suelos investigados, en la etapa de laboratorio. (ver anexo estudio geotécnico.) ASTM d 1883-73

2.3.3.2.1. Ensayo de análisis granulométrico ASTM d-422-63.

La granulometría es obtener la distribución porcentual de los tamaños de partículas que conforman un suelo. Para ello se utilizó un juego de tamices que tienen un tamaño de abertura graduado establecidos por las normas ASTM y AASHTO, en donde se obtuvo los pesos retenidos en cada tamiz para luego realizar posteriores cálculos en gabinete como la curva granulométrica. Para la distribución de los pesos retenidos en la siguiente tabla se muestra el cálculo que se realizó para una muestra de suelo obtenida en la zona de estudio.

Para la granulometría primeramente sacamos la humedad higroscópica de la muestra para posteriormente realizar la granulometría.

Primero se pesa una muestra de 5000gr luego de le resta el peso del agua para posteriormente hacer pasar por los diferentes tamices y pesar lo retenido en cada tamiz para luego sacar el peso retenido acumulado, para posteriormente sacar el porcentaje que pasa de cada tamiz para luego graficar la curva granulométrica.

A continuación, mostramos una tabla que se utilizó para la granulométrica correspondiente a la muestra N°1 de un suelo A-2-4₍₀₎ que es uno del tipo de suelos del tramo en estudio (ver anexo 3)

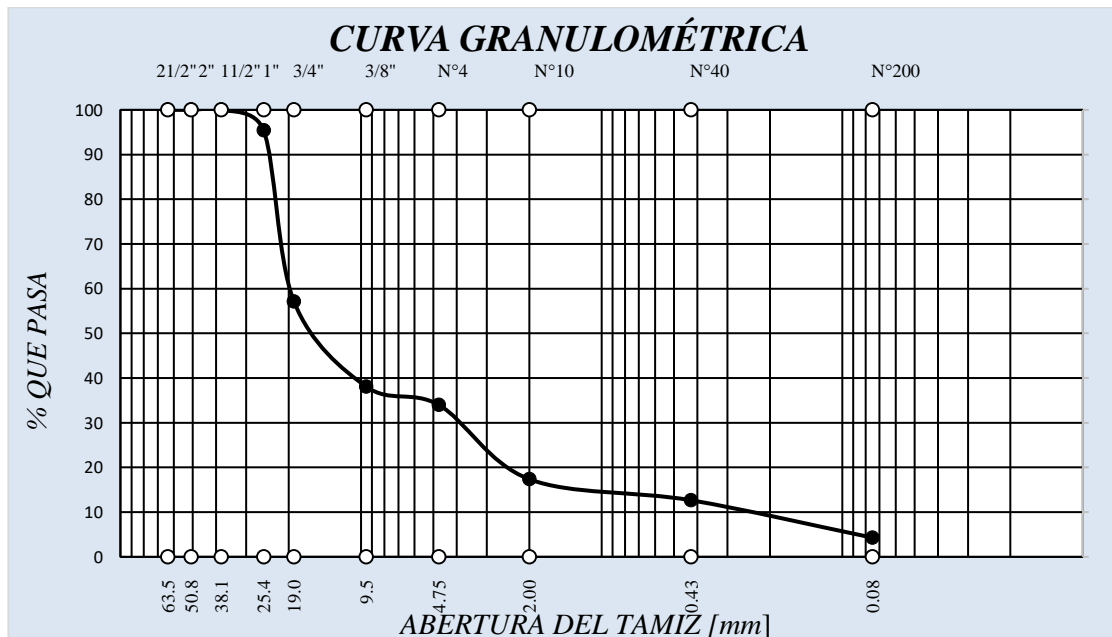
Cuadro N° 18. Ensayo de granulometría de la muestra N°1 procedencia Santa Bárbara Grande.

Humedad higroscópica	Muestra total seca
Suelo Húmedo + Cápsula = 281.500 gr	Muestra total Húmeda "Pht" = 8,255.000 gr
Suelo Seco + Cápsula = 279.600 gr	(Ret. N° 10)=A.G. = 1,370.000 gr
Peso del Agua = 1.900 gr	Pasa N° 10 húmedo "Mh" = 6,885.000 gr
Peso de la Cápsula = 81.500 gr	Pasa N° 10 seco "Ms" = 6,752.930 gr
Peso del Suelo Seco = 198.100 gr	Muestra Total seca Pst=(A.G.+Ms) = 8,122.930 gr
Porcentaje de Humedad = 1.920 %	

Cuadro N° 19. Planilla del ensayo de granulometría de la muestra N°1

Tamices	Tamaño (mm)	Peso retenido (g)	Peso retenido acumulado		% que pasa del total
			(g)	(g)	
2 1/2"	63.500	0.000	0.000	0.000 %	100.000 %
2"	50.800	0.000	0.000	0.000 %	100.000 %
1 1/2"	38.100	0.000	0.000	0.000 %	100.000 %
1"	25.400	380.000	380.000	4.600 %	95.400 %
3/4"	19.000	3160.000	3540.000	42.880 %	57.120 %
3/8"	9.520	1570.000	5110.000	61.900 %	38.100 %
N° 4	4.750	340.000	5450.000	66.020 %	33.980 %
N° 10	2.000	1370.000	6820.000	82.620 %	17.380 %
N° 40	0.425	390.000	7210.000	87.340 %	12.660 %
N° 200	0.075	690.000	7900.000	95.700 %	4.300 %
Pasa 200		355.000			
Total		8255.000			

Figura N° 12. Curva granulométrica de la muestra N°1



El resumen del análisis granulométrico de todas las muestras se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 20. Resumen ensayo de análisis granulométrico ASTM D-422-63.

Numero de muestra	% que pasa del total									
	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200
	63.500	50.800	38.100	25.400	19.000	9.520	4.750	2.000	0.425	0.075
Muestra N°1	100.000	100.000	100.000	95.397	57.117	38.098	33.979	17.383	12.659	4.300
Muestra N°2	100.000	100.000	100.000	97.176	94.407	81.321	52.454	36.979	17.485	13.032
Muestra N°3	100.000	100.000	96.761	88.192	77.395	64.980	50.270	18.016	12.753	3.441
Muestra N°4	100.000	96.326	92.591	88.660	86.823	73.230	43.534	12.001	5.694	0.184
Muestra N°4	100.000	100.000	100.000	97.669	96.193	88.733	37.840	20.668	7.848	0.544
Muestra N°6	100.000	100.000	92.948	82.923	72.871	56.347	25.926	19.497	12.237	4.079
Muestra N°7	87.732	79.984	76.836	62.228	50.444	36.320	23.406	17.030	15.012	14.124
Muestra N°8	100.000	92.213	91.639	86.148	59.262	54.508	55.000	39.508	17.131	12.541
Muestra N°9	100.000	100.000	100.000	93.542	88.100	77.860	21.863	17.435	5.351	0.185
Muestra N°10	100.000	90.504	84.273	66.370	51.830	34.520	22.651	16.815	16.400	17.310
Muestra N°11	100.000	100.000	100.000	95.397	57.117	38.098	33.979	17.383	12.659	4.300
Muestra N°12	100.000	100.000	93.194	90.533	88.947	76.553	49.074	34.336	16.477	12.281
Muestra N°13	100.000	100.000	96.865	88.570	76.551	67.015	48.661	17.440	12.345	3.331
Muestra N°14	100.000	96.781	93.509	90.065	79.391	67.482	41.466	13.840	4.989	0.161
Muestra N°15	100.000	100.000	100.000	98.029	94.809	85.283	42.247	27.727	6.636	0.460
Muestra N°16	100.000	100.000	92.948	82.923	72.871	56.347	25.926	19.497	12.237	4.079
Muestra N°17	90.317	84.202	81.717	70.187	53.242	42.095	33.189	26.118	24.525	13.186
Muestra N°18	100.000	93.931	93.484	89.204	68.251	33.691	34.074	23.278	7.794	4.727
Muestra N°19	100.000	100.000	100.000	95.084	90.941	80.899	38.272	26.545	4.073	0.140
Muestra N°20	100.000	91.236	85.850	71.152	59.558	42.761	29.980	24.594	20.029	16.012
Muestra N°21	100.000	100.000	96.358	88.265	52.191	33.588	28.500	16.592	12.082	4.105
Muestra N°22	100.000	100.000	100.000	95.282	56.052	35.320	29.857	19.056	12.973	4.407
Muestra N°23	100.000	100.000	100.000	93.234	90.658	74.611	47.768	34.387	16.259	12.119
Muestra N°24	100.000	100.000	95.920	77.414	68.218	57.644	42.816	15.345	10.862	2.931
Muestra N°25	100.000	105.079	101.206	97.131	95.226	79.863	45.137	12.443	5.904	0.190
Muestra N°26	100.000	100.000	100.000	97.604	96.087	88.484	36.017	19.965	8.066	0.559
Muestra N°27	88.121	79.056	74.445	60.550	49.047	35.355	22.695	16.490	14.536	13.676
Muestra N°28	100.000	100.000	92.840	84.168	74.011	57.985	27.140	19.842	12.280	4.093
Muestra N°29	100.000	100.000	96.149	89.792	53.484	34.291	30.134	17.543	12.775	4.340

Elaboración: propia.

2.3.3.2.2. Ensayo de Atterberg ASTM D-423-66 y ASTM D-424-59.

Para el cálculo de los límites debemos tomar en cuenta donde se presenta la plasticidad

Son plásticos los suelos finos, arcillas y no plásticos los suelos gruesos, gravas y arenas.

- Limite líquido. - es el contenido de humedad (%) que presenta un suelo cuando a los 25 golpes del aparato Casagrande, se cierra la abertura hecha por el ranulador que se encuentra normalizado.
- Limite plástico. - es el contenido de humedad (%), que tiene el suelo cuando el mismo empieza a producir grietas y desmoronamientos, al construir con la mano pequeños cilindros de 3mm de diámetro.

2.3.3.2.2.1. Procedimiento limite líquido.

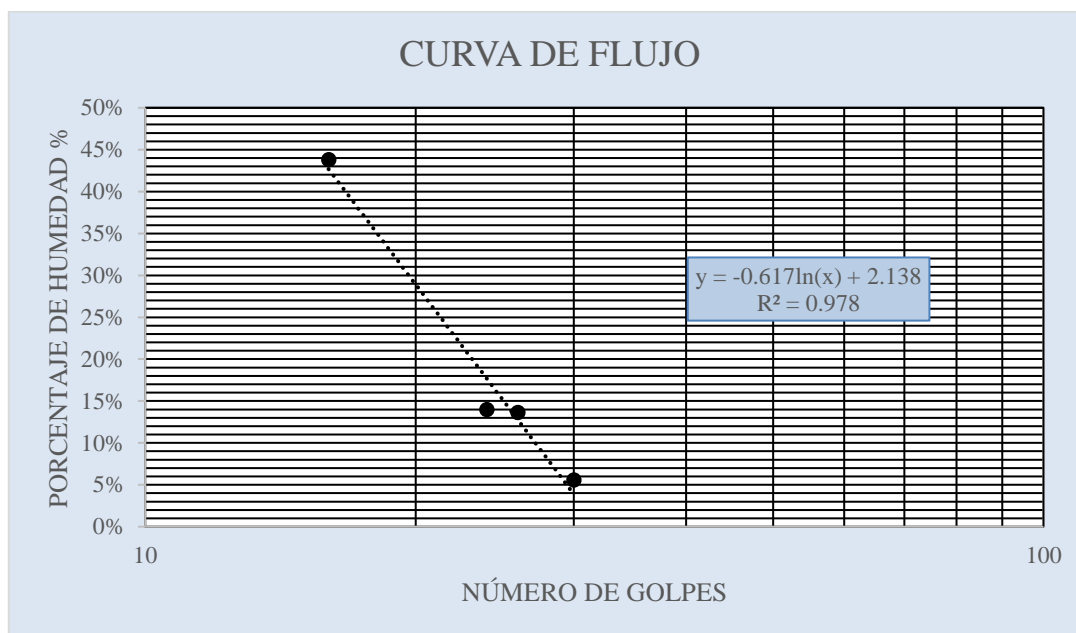
Para el cálculo del límite líquido primero se tamizo una muestra en el tamiz N° 40 que posteriormente se procedió a humedecer hasta que esta tenga una contextura de mantequilla que posteriormente se coloca al aparato casa grande y se hace una ranulacion y se procedió con los 25 golpes hasta que la ranura se cerró luego se saca se procede a pesar y posteriormente se deja en el horno las 24 horas. Para luego volver a pesar para obtener el peso seco.

A continuación, se muestra un cuadro del cálculo del límite líquido de una muestra de suelo del tramo en estudio. (muestra N°1)

Cuadro N° 21. Planilla del ensayo de Limite líquido de la muestra N°1

Cápsula N°	1	2	3	4
N° de Golpes	16	24	26	30
Suelo Húmedo + Cápsula (gr)	35.000	36.000	30.200	30.100
Suelo Seco + Cápsula (gr)	29.000	33.500	28.400	29.300
Peso de Agua (gr)	6.000	2.500	1.800	0.800
Peso de Cápsula (gr)	15.300	15.600	15.200	15.000
Peso Suelo Seco (gr)	13.700	17.900	13.200	14.300
Porcentaje de Humedad (%)	43.796%	13.966%	13.636%	5.594%

Figura N° 13. Curva de flujo de la muestra N°1



Del gráfico se tiene un límite líquido igual a:

$$L.L. = 15.145\%$$

2.3.3.2.2. Procedimiento límite plástico.

Para el límite plástico se utilizó una base de vidrio para hacer los rollos de 3mm donde este empieza a agrietarse se corta se pesa y colocamos al horno para su secado para posteriormente pesar y obtener el peso seco.

A continuación, se muestra un cuadro del cálculo del límite líquido de una muestra de suelo del tramo en estudio. (muestra N°1)

Cuadro N° 22. Planilla del ensayo de Límite plástico de la muestra N°1

Cápsula N°	1	2	3
Suelo Húmedo + Cápsula (gr)	20.100	21.800	22.800
Suelo Seco + Cápsula (gr)	19.700	21.200	22.300
Peso de Agua (gr)	0.400	0.600	0.500
Peso de Cápsula (gr)	15.200	15.100	15.100
Peso Suelo Seco (gr)	4.500	6.100	7.200
Porcentaje de Humedad (%)	8.889%	9.836%	6.944%

El promedio de los porcentajes de humedad es igual al límite plástico.

$$L.P. = 8.556\%$$

Ya calculado el límite plástico se procede a calcular el índice de plasticidad que es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$I.P. = 6.589 \%$$

El resumen del ensayo de límites de atterberg de todas las muestras se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 23. Resumen ensayo de atterberg ASTM d-423-66 y ASTM d-424-59.

Numero de muestra	Límites de atterberg		Índice de plasticidad
	Limite liquido	Limite plástico	
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Muestra N°1	15.145	8.556	6.589
Muestra N°2	39.189	18.704	20.486
Muestra N°3	27.321	17.037	10.284
Muestra N°4	35.699	23.249	12.449
Muestra N°4	23.202	16.096	7.105
Muestra N°6	25.076	14.141	10.935
Muestra N°7	34.751	8.249	26.502
Muestra N°8	28.616	14.755	13.861
Muestra N°9	22.903	9.451	13.452
Muestra N°10	42.610	32.684	9.926
Muestra N°11	15.145	9.362	5.783
Muestra N°12	39.189	18.704	20.486
Muestra N°13	27.321	17.037	10.284
Muestra N°14	35.699	23.249	12.449
Muestra N°15	23.202	16.096	7.105
Muestra N°16	25.076	14.141	10.935
Muestra N°17	34.751	8.249	26.502
Muestra N°18	28.616	14.755	13.861
Muestra N°19	22.903	9.451	13.452
Muestra N°20	42.610	32.684	9.926
Muestra N°21	17.056	8.993	8.063
Muestra N°22	15.145	9.362	5.783
Muestra N°23	39.189	18.704	20.486
Muestra N°24	27.321	17.037	10.284
Muestra N°25	35.699	23.249	12.449
Muestra N°26	23.202	16.096	7.105
Muestra N°27	34.751	8.249	26.502
Muestra N°28	25.076	14.141	10.935
Muestra N°29	17.056	8.993	8.063

Elaboración: propia.

2.3.3.2.3. Clasificación de suelos.

Ya obtenido el índice de plasticidad y la granulometría se procede a clasificar el suelo según A.A.S.H.T.O

Cuadro N° 24. Resumen clasificación de suelos.

Numero de muestra	Progresiva		Clasificacion	Lugar
	Inicio	Fin	A.A.S.H.T.O.	
Muestra N°1	0+000.000	0+250.000	A-2-4 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°2	0+250.000	0+500.000	A-2-6 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°3	0+500.000	0+750.000	A-2-6 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°4	0+750.000	1+000.000	A-2-6 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°4	1+000.000	1+250.000	A-2-4 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°6	1+250.000	1+500.000	A-2-6 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°7	1+500.000	1+750.000	A-2-6 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°8	1+750.000	2+000.000	A-2-6 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°9	2+000.000	2+250.000	A-2-6 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°10	2+250.000	2+500.000	A-2-5 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°11	2+500.000	2+620.310	A-2-4 (0)	Santa Bárbara Grande
Muestra N°12	0+000.000	0+250.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°13	0+250.000	0+500.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°14	0+500.000	0+750.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°15	0+750.000	1+000.000	A-2-4 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°16	1+000.000	1+250.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°17	1+250.000	1+500.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°18	1+500.000	1+750.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°19	1+750.000	2+000.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°20	2+000.000	2+250.000	A-2-5 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°21	2+250.000	2+500.000	A-2-4 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°22	2+500.000	2+750.000	A-2-4 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°23	2+750.000	3+000.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°24	3+000.000	3+250.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°25	3+250.000	3+500.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°26	3+500.000	3+750.000	A-2-4 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°27	3+750.000	4+000.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°28	4+000.000	4+250.000	A-2-6 (0)	Erquis Oropeza
Muestra N°29	4+250.000	4+583.060	A-2-4 (0)	Erquis Oropeza

Elaboración: propia.

En el tramo en estudio Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza se encontraron 3 tipos de suelos.

A-2-4₍₀₎ son gravas y arenas que contienen limo y arcilla en cantidades reducidas cuya plasticidad es baja

A-2-5₍₀₎ son gravas y arenas que contienen limo y arcilla en cantidades moderadas cuya plasticidad es media

A-2-6₍₀₎ son gravas y arenas que contienen limo y arcilla cuya plasticidad es media

El detalle de la clasificación y demás estudios de suelos se presentan en el anexo d

2.3.3.3. Compactación ASTM D 1557-91.

Para la compactación se utilizó el proctor t-180 para el cual se tomaron 3 muestras de 35 kg y se hizo pasar por los tamices $\frac{3}{4}$ y N° 4 para luego compensar con el retenido en el N° 4 primeramente se calculó el contenido de humedad de las muestras esto para saber cuánto de agua se agregará al suelo, luego se fue incrementando un pequeño porcentaje de agua a cada muestra para ir cambiando su densidad de acuerdo a sus cambios de humedad.

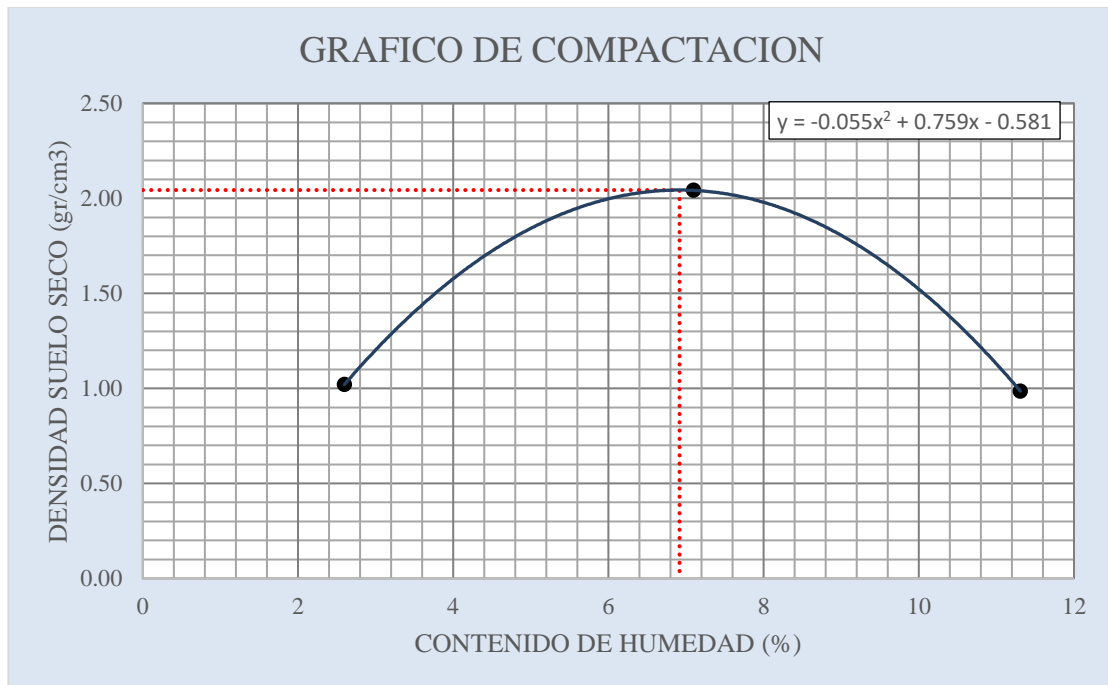
A continuación, se mostrará una tabla de compactación de un tipo de suelo a-2-4(0) encontrado en el tramo donde se detalla los pasos que se sigue para obtener la densidad del suelo seco y el contenido de humedad óptimo que posteriormente nos servirá para calcular los CBR para los diferentes tipos de suelos dispuestos en el tramo.

Cuadro N° 25. Planilla de ensayo de compactación T-180 de la muestra N°29 suelo A-2-4₍₀₎

N° de Capas	5.000	5.000	5.000
N° de Golpes por capa	56.000	56.000	56.000
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10,050.000	12,470.000	10,155.000
Peso del molde (gr)	7,825.000	7,825.000	7,825.000
Peso suelo húmedo (gr)	2,225.000	4,645.000	2,330.000
Volumen de la muestra (cm ³)	2,124.000	2,124.000	2,124.000
Densidad suelo húmedo (gr/cm ³)	1.048	2.187	1.097
Cápsula N°	5G-1	160.000	159.000
Peso suelo húmedo + cápsula (gr)	165.000	100.000	145.000
Peso suelo seco + cápsula (gr)	161.200	94.700	132.300
Peso del agua (gr)	3.800	5.300	12.700
Peso de la cápsula (gr)	15.000	20.000	20.000
Peso suelo seco (gr)	146.200	74.700	112.300
Contenido de humedad (%h)	2.599	7.095	11.309
Densidad suelo seco (gr/cm³)	1.021	2.042	0.986

Con la densidad del suelo seco y el contenido de humedad obtenemos la siguiente grafica donde se obtiene la humedad óptima del suelo y la densidad máxima del suelo seco.

Figura N° 14. Curva de compactación de la muestra N°29 suelo A-2-4(0)



Del grafico se obtiene:

Densidad máxima: 2.044 gr/cm³

Humedad optima: 6.917 %

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la densidad y humedad optima de los 3 tipos de suelos encontrados en el tramo.

Cuadro N° 26. Densidad máxima y humedad optima de los tipos de suelo en estudio.

A-2-4(0)	Densidad máxima.	2.044gr/cm ³
	Humedad optima	6.917%
A-2-5(0)	Densidad máxima.	1.965gr/cm ³
	Humedad optima	7.229%
A-2-6(0)	Densidad máxima.	1.911gr/cm ³
	Humedad optima	7.588%

Elaboración: propia.

El cálculo de compactación de los 3 tipos de suelo encontrados en el tramo se mostrará en el anexo 3 (estudio de suelos).

2.3.3.4. Calculo de la capacidad soporte C.B.R. ASTM D 1883-73

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del estado de california (EE.UU.) Y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-rasante, sub-base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

Procedimiento.

Para el cálculo del CBR se confeccionaron 3 probetas, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 12 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50 mm. Y quede retenido en el tamiz de 20 mm.

Antes de determinar la resistencia a la penetración, se saturaron las probetas durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión.

A continuación, se detalla el ensayo de CBR de los tipos encontrado en el tramo.

Cuadro N° 27. Característica del suelo de la muestra N°29 suelo A-2-4₍₀₎

Muestra	L.L.	I.P.	Clasificación	Humedad optima	D. Máxima	Altura total espécimen
N°1	17.060%	8.990%	A-2-4 ₍₀₎	6.917%	2.044 gr/cm ³	11.646 cm

Cuadro N° 28. Contenido de humedad y peso unitario N°29 suelo A-2-4₍₀₎

Molde N°	1.000			2.000			3.000		
N° de capas	5.000			5.000			5.000		
N° de golpes por capa	56.000			25.000			12.000		
Condición de la muestra	Antes de mojarse		Después de mojarse	Antes de mojarse		Después de mojarse	Antes de mojarse		Después de mojarse
Peso muestra hum + molde (gr)	10,700.000		11,120.000	10,095.000		11,455.000	10,010.000		11,425.000
Peso del molde (gr)	6,565.000		6,565.000	6,460.000		6,460.000	6,580.000		6,580.000
Peso muestra húmeda (gr)	4,135.000		4,555.000	3,635.000		4,995.000	3,430.000		4,845.000
Volumen de la muestra (gr)	2,041.000		2,041.000	2,051.000		2,051.000	2,057.000		2,057.000
Peso unit. De la muestra húmeda (gr)	2.026		2.232	1.772		2.435	1.667		2.355
Muestra de humedad	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara n°	L3	2LL	G-9	L-1	T-2-1	SPR3	L.P	2.000	Cabero
Peso muestra hum. + tara (gr)	110.600	97.200	103.500	112.000	85.900	89.400	117.500	99.800	128.600
Peso muestra seca + tara (gr)	91.300	80.900	87.100	94.600	72.400	76.000	95.600	83.500	107.100
Peso del agua (gr)	19.300	16.300	16.400	17.400	13.500	13.400	21.900	16.300	21.500
Peso de la tara (gr)	16.300	17.500	17.800	19.800	18.200	17.600	17.100	17.900	19.300
Peso de la muestra seca (gr)	75.000	63.400	69.300	74.800	54.200	58.400	78.500	65.600	87.800
Contenido de humedad %	25.733	25.710	23.665	23.262	24.908	22.945	27.898	24.848	24.487
Promedio de cont. De humedad	25.722		23.665	24.085		22.945	26.373		24.487
Peso unit. De la muestra seca (gr/cm ³)	1.611			1.428			1.319		

Cuadro N° 29. Planilla de cálculo de expansión de espécimen de la muestra N°29 suelo A-2-4(0)

Expansión											
Fecha	Hora	Tiempo transcurrido días	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
			Lectura extens.	Expansión		Lectura extens.	Expansión		Lectura extens.	Expansión	
				cm.	%		cm.	%		cm.	%
25-9-17	17:45	0	25.860	2.586	0.000	25.850	2.585	0.000	23.100	2.310	0.000
26-9-17	17:21	1	29.500	2.950	3.126	28.500	2.850	2.275	25.040	2.504	1.666
27-9-17	17:11	2	29.690	2.969	0.163	29.930	2.993	1.228	26.280	2.628	1.065
28-9-17	17:25	3	30.740	3.074	0.902	30.050	3.005	0.103	26.370	2.637	0.077
29-9-17	17:00	4	30.900	3.090	0.137	30.420	3.042	0.318	26.440	2.644	0.060
					4.328			3.924			2.868

Cuadro N° 30. Planilla de cálculo del C.B.R. de la muestra N°29 suelo A-2-4(0)

C.B.R.														
Penetración		Carga Normal kg/cm ²	Molde N°1				Molde N°2				Molde N°3			
Pulg.	mm		Carga ensayo			C.B.R.	Carga ensayo			C.B.R.	Carga ensayo			C.B.R.
			Lectura	kg	kg/cm ²	%	Lectura	kg	kg/cm ²	%	Lectura	kg	kg/cm ²	%
0.025	0.635		11.050	150.867	7.777		8.020	109.753	5.657		4.650	64.025	3.300	
0.050	1.270		21.060	286.692	14.778		10.030	137.026	7.063		5.011	68.924	3.553	
0.075	1.905		30.070	408.949	21.080		15.035	204.939	10.564		9.016	123.267	6.354	
0.100	2.540	70.310	35.050	476.523	24.563	34.935	26.040	354.266	18.261	25.972	15.040	205.007	10.567	15.030
0.200	5.080	105.400	61.100	829.995	42.783	40.591	45.060	612.348	31.564	29.947	30.050	408.678	21.066	19.987
0.300	7.620		71.200	967.042	49.848		50.180	681.822	35.145		34.130	464.039	23.920	
0.400	10.160		82.245	1,116.912	57.573		65.200	885.628	45.651		38.164	518.777	26.741	
0.500	12.700		87.290	1,185.367	61.101		69.250	940.583	48.484		51.195	695.594	35.855	

Cuadro N° 31. Peso unitario los C.B.R. de la muestra N°29 suelo A-2-4₍₀₎

C.B.R.	Peso Unit
%	gr/cm³
34.935	1.611
25.972	1.428
15.030	1.319

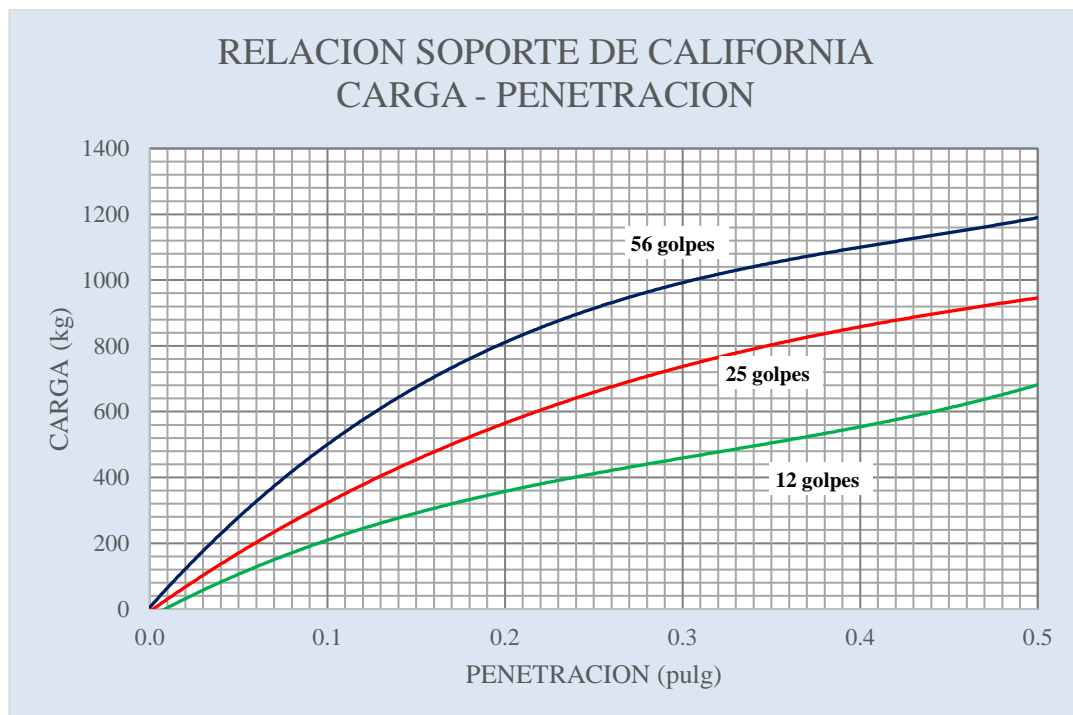
Figura N° 15. Relación carga vs penetración de los 56, 25 y 12 golpes de la muestra N° 29 suelo A-2-4₍₀₎

Figura N° 16. Curva de compactación de la muestra N°29 suelo A-2-4(0)

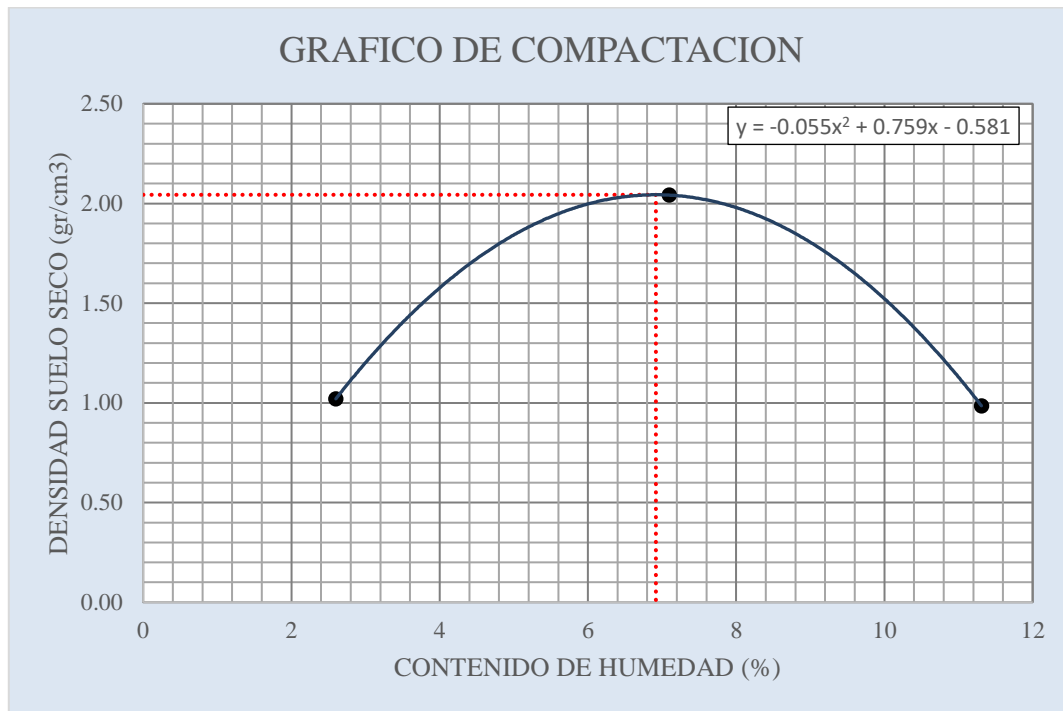
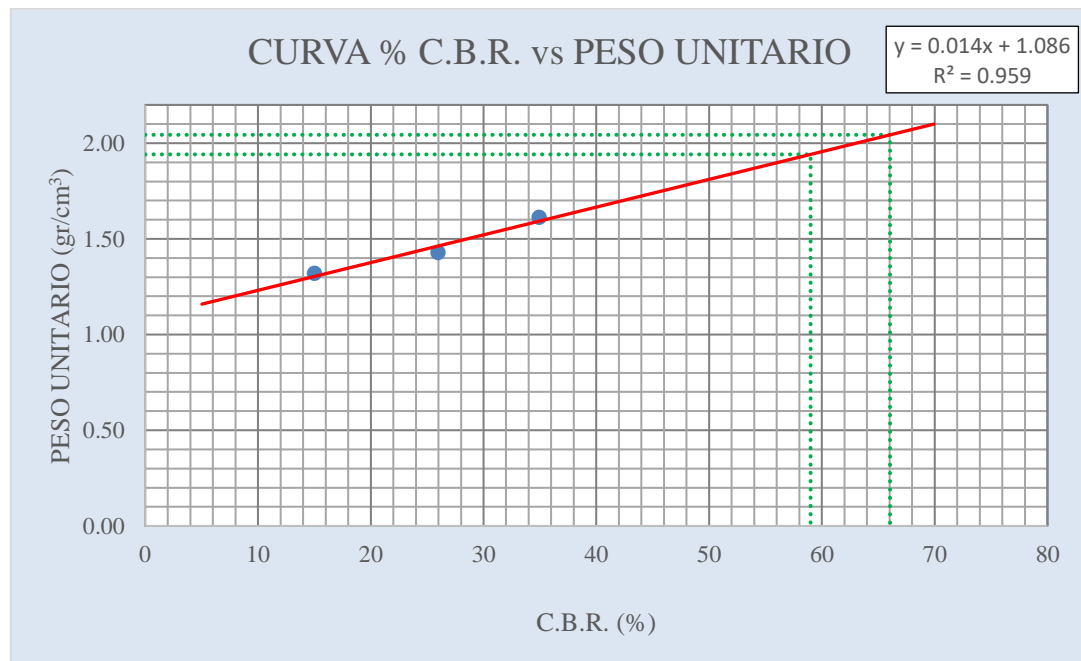


Figura N° 17. Curva C.B.R. vs peso unitario de la muestra N°29 suelo A-2-4(0)



Del gráfico sacamos los siguientes resultados.

Al 100% Dmax C.B.R. = 66.044 %

Al 95% Dmax C.B.R. = 58.997 %

Cuadro N° 32. Característica del suelo de la muestra N°10 suelo A-2-5₍₀₎

Muestra	L.L.	I.P.	Clasificación	Hum. Optima	D. Máxima	Altura total espécimen
N°10	42.610%	9.930%	A-2-5 (0)	7.299 %	1.965 gr/cm ³	11.646cm

Cuadro N° 33. Contenido de humedad y peso unitario de la muestra N°10 suelo A-2-5₍₀₎

Molde N°	1.000			2.000			3.000		
N° de capas	5.000			5.000			5.000		
N° de golpes por capa	56.000			25.000			12.000		
Condición de la muestra	Antes de mojar		Después de mojar	Antes de mojar		Después de mojar	Antes de mojar		Después de mojar
Peso muestra hum + molde (gr)	10,540.000		12,500.000	10,400.000		11,625.000	10,000.000		11,495.000
Peso del molde (gr)	6,565.000		6,565.000	6,460.000		6,460.000	6,580.000		6,580.000
Peso muestra húmeda (gr)	3,975.000		5,935.000	3,940.000		5,165.000	3,420.000		4,915.000
Volumen de la muestra (gr)	2,041.000		2,041.000	2,051.000		2,051.000	2,057.000		2,057.000
Peso unit. De la muestra húmeda (gr)	1.948		2.908	1.921		2.518	1.663		2.389
Muestra de humedad	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	SPR3	L3	2.000	G-9	L-1	2LL	T-2-1	Cabero	L.P
Peso muestra hum. + tara (gr)	104.400	91.500	104.100	112.000	111.200	97.600	135.800	109.300	103.400
Peso muestra seca + tara (gr)	89.700	77.100	88.700	79.000	92.900	82.100	113.000	91.600	86.400
Peso del agua (gr)	14.700	14.400	15.400	33.000	18.300	15.500	22.800	17.700	17.000
Peso de la tara (gr)	17.600	16.300	17.900	17.800	19.800	17.500	18.200	19.300	17.100
Peso de la muestra seca (gr)	72.100	60.800	70.800	61.200	73.100	64.600	94.800	72.300	69.300
Contenido de humedad %	20.388	23.684	21.751	53.922	25.034	23.994	24.051	24.481	24.531
Promedio de cont. De humedad	22.036		21.751	39.478		23.994	24.266		24.531
Peso unit. De la muestra seca (gr/cm ³)	1.596			1.377			1.338		

Cuadro N° 34. Planilla de cálculo de expansión de espécimen de la muestra N°10 suelo A-2-5₍₀₎

Expansión											
Fecha	Hora	Tiempo transcurrido días	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
			Lectura extens.	Expansión		Lectura extens.	Expansión		Lectura extens.	Expansión	
				cm.	%		cm.	%		cm.	%
25-9-17	17:45	0.000	23.600	2.360	0.000	25.620	2.562	0.000	26.140	2.614	0.000
26-9-17	17:21	1.000	29.980	2.998	5.478	29.430	2.943	3.272	28.980	2.898	2.439
27-9-17	17:11	2.000	29.990	2.999	0.009	30.170	3.017	0.635	29.100	2.910	0.103
28-9-17	17:25	3.000	30.270	3.027	0.240	30.200	3.020	0.026	29.220	2.922	0.103
29-9-17	17:00	4.000	30.370	3.037	0.086	30.520	3.052	0.275	29.500	2.950	0.240
					5.813			4.207			2.885

Cuadro N° 35. Planilla de cálculo del C.B.R. de la muestra N°10 suelo A-2-5₍₀₎

C.B.R.														
Penetración		Carga normal kg/cm²	Molde N°1				Molde N°2				Molde N°3			
Pulg.	mm		Carga ensayo			C.B.R.	Carga ensayo			C.B.R.	Carga ensayo			C.B.R.
			Lectura	kg	kg/cm²	%	Lectura	kg	kg/cm²	%	Lectura	kg	kg/cm²	%
0.025	0.635		7.020	96.184	4.958		2.650	36.887	1.901		0.650	9.749	0.503	
0.050	1.270		9.030	123.457	6.364		3.340	46.250	2.384		1.340	19.112	0.985	
0.075	1.905		13.035	177.801	9.165		6.210	85.193	4.391		4.210	58.055	2.993	
0.100	2.540	70.310	20.040	272.852	14.065	20.004	10.040	137.162	7.070	10.056	8.040	110.024	5.671	8.066
0.200	5.080	105.400	43.060	585.210	30.165	28.620	24.450	332.691	17.149	16.270	14.450	197.001	10.155	9.634
0.300	7.620		50.180	681.822	35.145		28.130	382.625	19.723		18.130	246.935	12.729	
0.400	10.160		64.200	872.059	44.952		30.164	410.225	21.146		20.164	274.535	14.151	
0.500	12.700		78.250	1,062.704	54.779		35.200	478.558	24.668		25.200	342.868	17.674	

Cuadro N° 36. Peso unitario de los C.B.R. de la muestra N°10 suelo A-2-5₍₀₎

C.B.R.	Peso Unit
%	gr/cm³
20.004	1.596
10.056	1.377
8.066	1.338

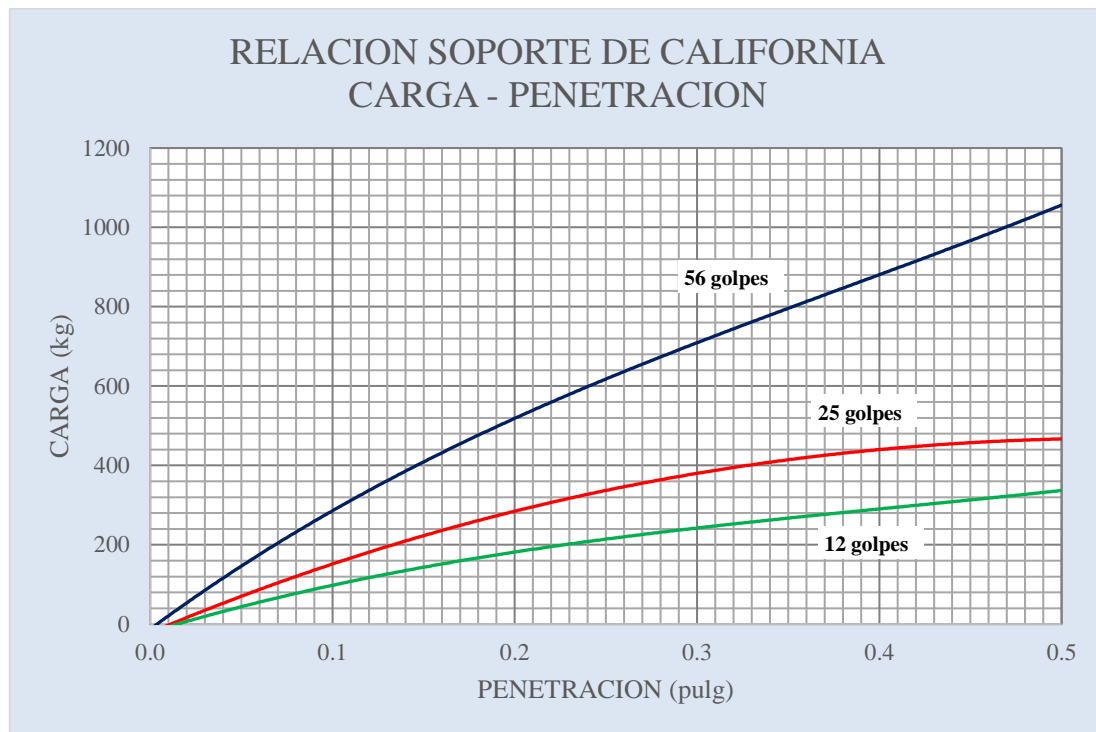
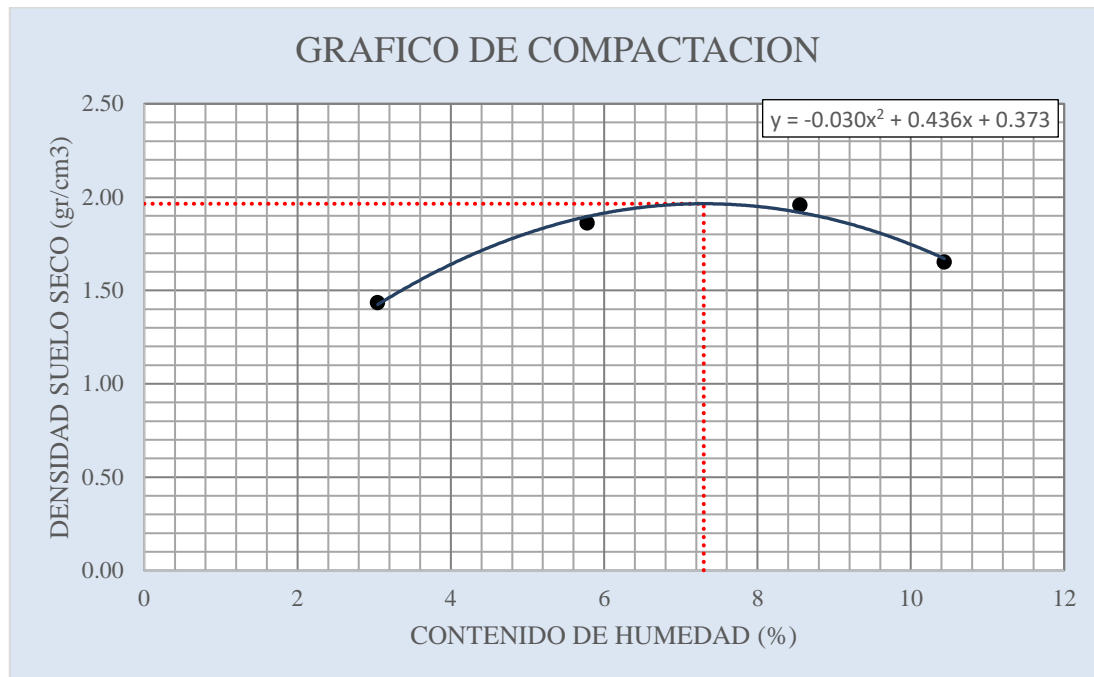
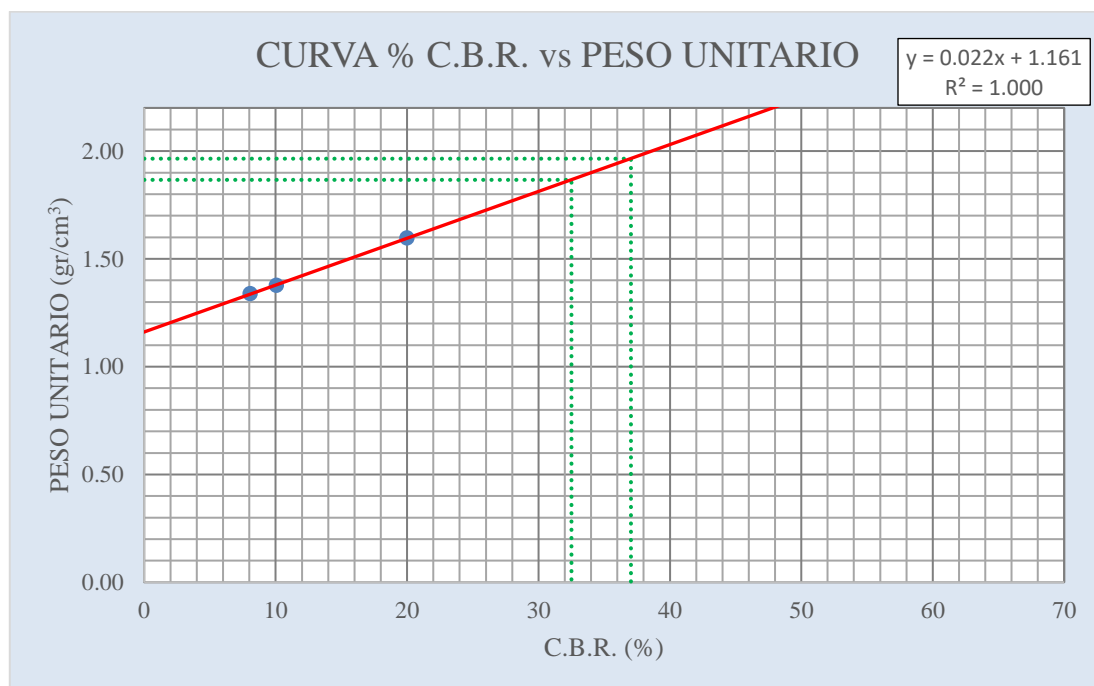
Figura N° 18. Relación carga vs penetración de los 56, 25 y 12 golpes de la muestra N° 10 suelo A-2-5₍₀₎

Figura N° 19. Curva de compactación de la muestra N°10 suelo A-2-5₍₀₎Figura N° 20. Curva C.B.R. vs peso unitario de la muestra N°10 suelo A-2-5₍₀₎

Del gráfico sacamos los siguientes resultados.

Al 100% Dmax C.B.R. = 37.036 %

Al 95% Dmax C.B.R. = 32.510 %

Cuadro N° 37. Característica del suelo de la muestra N°18 suelo A-2-6₍₀₎

Muestra	L.L.	I.P.	Clasificación	Hum. Optima	D. Máxima	Altura total espécimen
N° 18	28.620%	13.860%	A-2-6 (0)	7.588 %	1.911 gr/cm ³	11.646

Cuadro N° 38. Contenido de humedad y peso unitario de la muestra N°18 suelo A-2-6₍₀₎

Molde N°	1.000			2.000			3.000		
N° de capas	5.000			5.000			5.000		
N° de golpes por capa	56.000			25.000			12.000		
Condición de la muestra	Antes de mojarse		Después de mojarse	Antes de mojarse		Después de mojarse	Antes de mojarse		Después de mojarse
Peso muestra hum + molde (gr)	11,280.000		14,300.000	11,250.000		13,625.000	10,300.000		13,495.000
Peso del molde (gr)	6,565.000		6,565.000	6,460.000		6,460.000	6,580.000		6,580.000
Peso muestra húmeda (gr)	4,715.000		7,735.000	4,790.000		7,165.000	3,720.000		6,915.000
Volumen de la muestra (gr)	2,041.000		2,041.000	2,051.000		2,051.000	2,057.000		2,057.000
Peso unit. De la muestra húmeda (gr)	2.310		3.790	2.335		3.493	1.808		3.362
Muestra de humedad	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	SPR3	L3	L-1	2.000	G-9	Cabero	T-2-1	L.P	2LL
Peso muestra hum. + tara (gr)	105.400	93.500	102.100	114.000	112.200	96.600	134.800	110.300	101.400
Peso muestra seca + tara (gr)	89.800	77.700	88.900	79.100	93.000	82.000	112.800	91.900	86.000
Peso del agua (gr)	15.600	15.800	13.200	34.900	19.200	14.600	22.000	18.400	15.400
Peso de la tara (gr)	17.600	16.300	19.800	17.900	17.800	19.300	18.200	17.100	17.500
Peso de la muestra seca (gr)	72.200	61.400	69.100	61.200	75.200	62.700	94.600	74.800	68.500
Contenido de humedad %	21.607	25.733	19.103	57.026	25.532	23.285	23.256	24.599	22.482
Promedio de cont. De humedad	23.670		19.103	41.279		23.285	23.927		22.482
Peso unit. De la muestra seca (gr/cm ³)	1.868			1.653			1.459		

Cuadro N° 39. Planilla de cálculo de expansión de espécimen de la muestra N°18 suelo A-2-6(0)

Expansión											
Fecha	Hora	Tiempo transcurrido días	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
			Lectura extens.	Expansión		Lectura extens.	Expansión		Lectura extens.	Expansión	
				Cm.	%		Cm.	%		Cm.	%
25-9-17	0.740	0.000	25.660	2.566	0.000	25.620	2.562	0.000	25.140	2.514	0.000
26-9-17	0.723	1.000	26.900	2.690	1.065	26.430	2.643	0.696	26.980	2.698	1.580
27-9-17	0.716	2.000	27.390	2.739	0.421	27.170	2.717	0.635	27.100	2.710	0.103
28-9-17	0.726	3.000	30.070	3.007	2.301	30.040	3.004	2.464	29.320	2.932	1.906
29-9-17	0.708	4.000	30.800	3.080	0.627	30.600	3.060	0.481	29.990	2.999	0.575
					4.414			4.276			4.165

Cuadro N° 40. Planilla de cálculo del C.B.R. de la muestra N°18 suelo A-2-6(0)

C.B.R.														
Penetración		Carga normal kg/cm²	Molde N°1				Molde N°2				Molde N°3			
Pulg.	mm		Carga ensayo			C.B.R.	Carga ensayo			C.B.R.	Carga ensayo			C.B.R.
			Lectura	kg	kg/cm²	%	Lectura	kg	kg/cm²	%	Lectura	kg	kg/cm²	%
0.025	0.635		1.550	21.961	1.132		0.550	8.392	0.433		0.150	2.965	0.153	
0.050	1.270		2.740	38.108	1.964		1.240	17.755	0.915		1.040	15.041	0.775	
0.075	1.905		9.610	131.327	6.769		4.710	64.839	3.342		4.000	55.205	2.846	
0.100	2.540	70.310	12.740	173.798	8.959	12.742	8.740	119.522	6.161	8.763	7.040	96.455	4.972	7.071
0.200	5.080	105.400	25.650	348.974	17.988	17.067	14.500	197.680	10.190	9.668	13.450	183.432	9.455	8.971
0.300	7.620		34.230	465.396	23.989		18.300	249.242	12.848		14.130	192.659	9.931	
0.400	10.160		40.200	546.403	28.165		20.200	275.023	14.176		17.164	233.828	12.053	
0.500	12.700		45.620	619.947	31.956		25.000	340.154	17.534		20.200	275.023	14.176	

Cuadro N° 41. Peso unitario de los C.B.R. de la muestra N°18 suelo A-2-6₍₀₎

C.B.R.	Peso Unit
%	gr/cm³
12.742	1.868
8.763	1.653
7.071	1.459

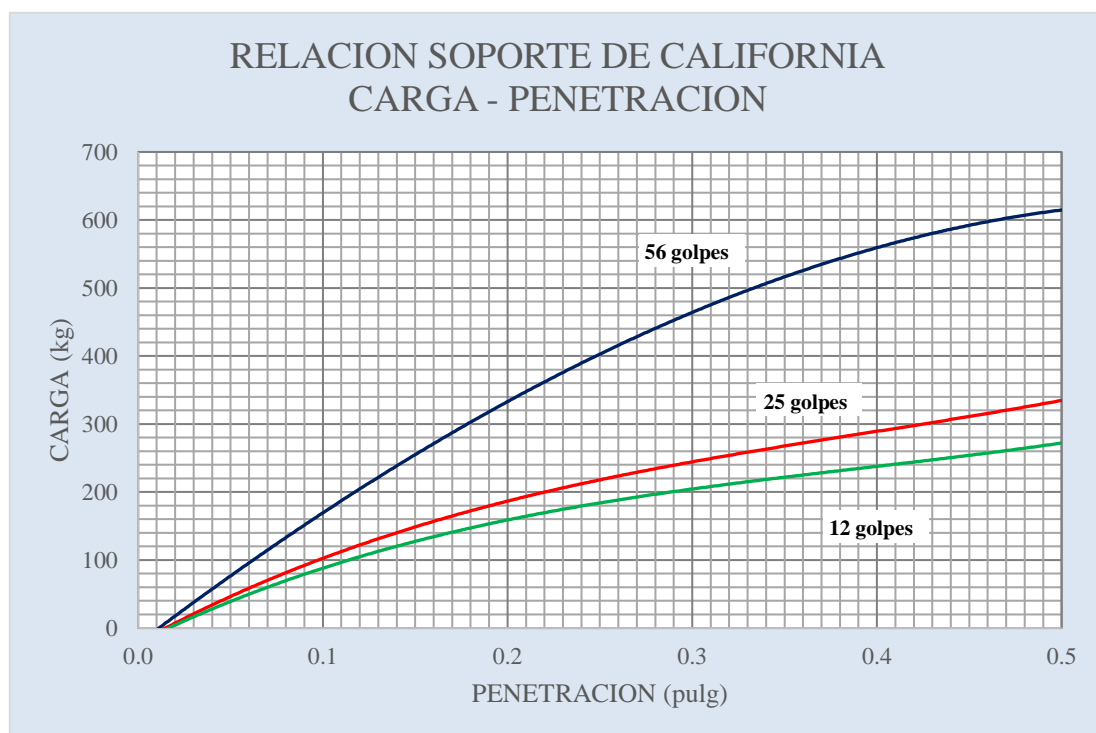
Figura N° 21. Relación carga vs penetración de los 56, 25 y 12 golpes de la muestra N° 18 suelo A-2-6₍₀₎

Figura N° 22. Curva de compactación de la muestra N°18 suelo A-2-6(0)

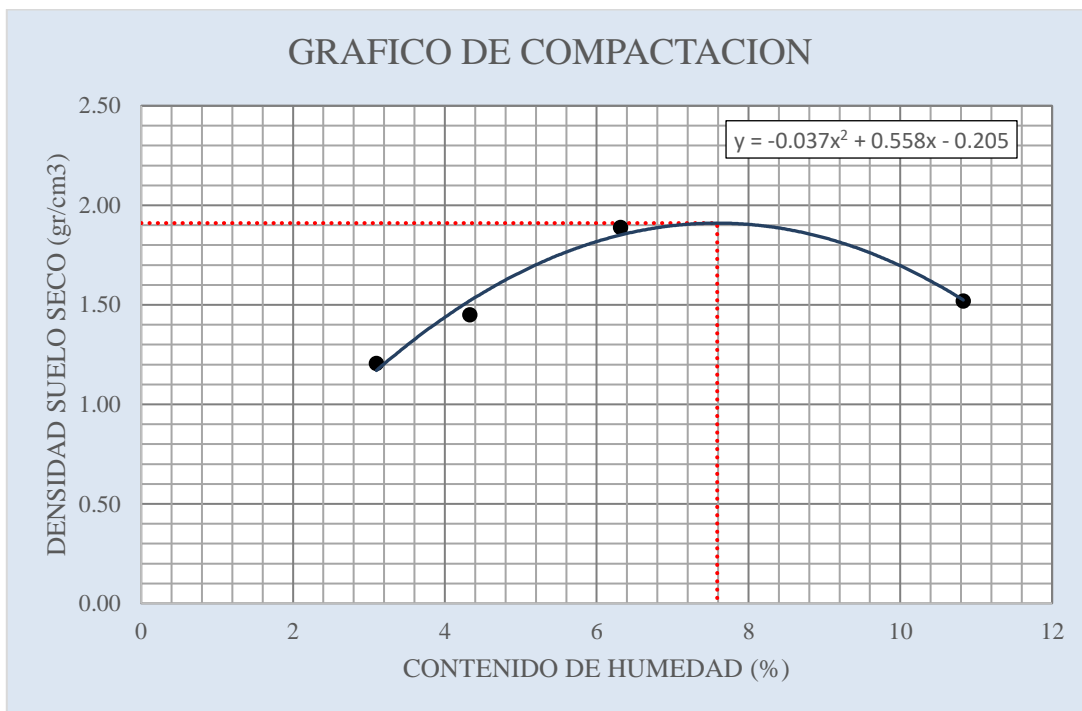
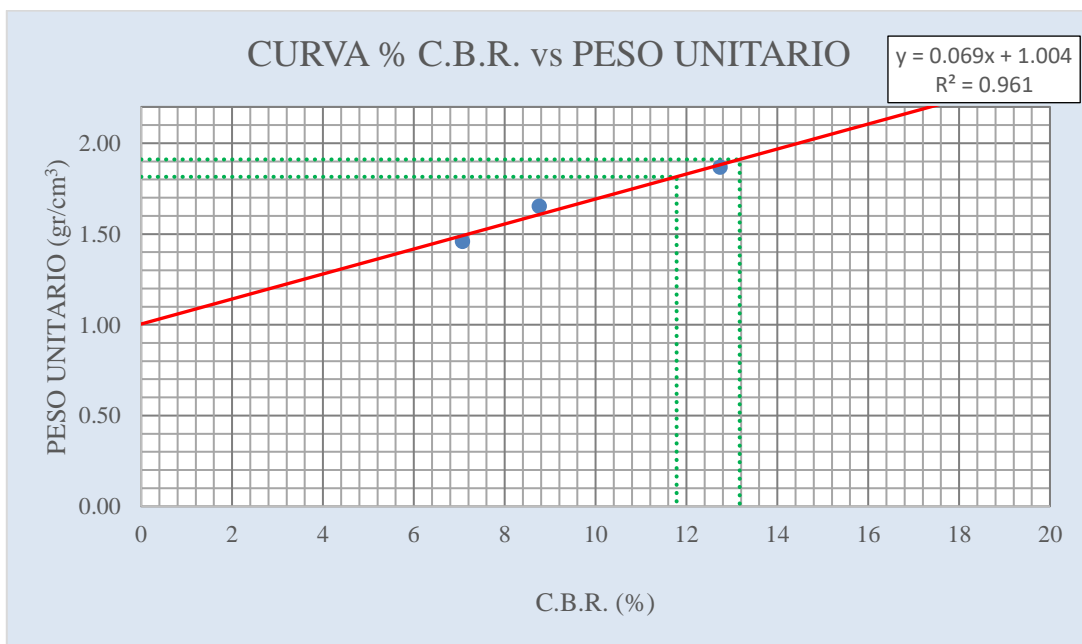


Figura N° 23. Curva C.B.R. vs peso unitario de la muestra N°18 suelo A-2-6(0)



Del gráfico sacamos los siguientes resultados.

Al 100% Dmax C.B.R. = 13.171 %

Al 95% Dmax C.B.R. = 11.783 %

Cuadro N° 42. Resumen de C.B.R. del camino.

Resumen de los C.B.R. del camino		
A-2-4(0)	CBR al 100%	66.044%
	CBR al 95%	58.997%
A-2-5(0)	CBR al 100%	37.036%
	CBR al 95%	32.510%
A-2-6(0)	CBR al 100%	13.171%
	CBR al 95%	11.783%

2.3.3.4.1. CBR de diseño.

El CBR de diseño será el menor valor en 90% de ocurrencia de las muestras tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 43. Determinacion del CBR de diseño.

Numero de muestra	Progresiva	Clasificacion AASHTO	CBR (95%)	Probabilidad	CBR Ordenado	Clasificacion AASHTO
Muestra N°1	0+250.000	A-2-4 (0)	58.997	0.033	58.997	A-2-4 (0)
Muestra N°2	0+500.000	A-2-6 (0)	11.783	0.067	58.997	A-2-4 (0)
Muestra N°3	0+750.000	A-2-6 (0)	11.783	0.100	58.997	A-2-4 (0)
Muestra N°4	1+000.000	A-2-6 (0)	11.783	0.133	58.997	A-2-4 (0)
Muestra N°5	1+250.000	A-2-4 (0)	58.997	0.167	58.997	A-2-4 (0)
Muestra N°6	1+500.000	A-2-6 (0)	11.783	0.200	58.997	A-2-4 (0)
Muestra N°7	1+750.000	A-2-6 (0)	11.783	0.233	58.997	A-2-4 (0)
Muestra N°8	2+000.000	A-2-6 (0)	11.783	0.267	58.997	A-2-4 (0)
Muestra N°9	2+250.000	A-2-6 (0)	11.783	0.300	32.510	A-2-5 (0)
Muestra N°10	2+500.000	A-2-5 (0)	32.510	0.333	32.510	A-2-5 (0)
Muestra N°11	2+620.310	A-2-4 (0)	58.997	0.367	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°12	0+250.000	A-2-6 (0)	11.783	0.400	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°13	0+500.000	A-2-6 (0)	11.783	0.433	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°14	0+750.000	A-2-6 (0)	11.783	0.467	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°15	1+000.000	A-2-4 (0)	58.997	0.500	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°16	1+250.000	A-2-6 (0)	11.783	0.533	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°17	1+500.000	A-2-6 (0)	11.783	0.567	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°18	1+750.000	A-2-6 (0)	11.783	0.600	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°19	2+000.000	A-2-6 (0)	11.783	0.633	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°20	2+250.000	A-2-5 (0)	32.510	0.667	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°21	2+500.000	A-2-4 (0)	58.997	0.700	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°22	2+750.000	A-2-4 (0)	58.997	0.733	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°23	3+000.000	A-2-6 (0)	11.783	0.767	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°24	3+250.000	A-2-6 (0)	11.783	0.800	11.783	A-2-6 (0)

Numero de muestra	Progresiva	Clasificacion AASHTO	CBR (95%)	Probabilidad	CBR Ordenado	Clasificacion AASHTO
Muestra N°25	3+500.000	A-2-6 (0)	11.783	0.833	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°26	3+750.000	A-2-4 (0)	58.997	0.867	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°27	4+000.000	A-2-6 (0)	11.783	0.900	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°28	4+250.000	A-2-6 (0)	11.783	0.933	11.783	A-2-6 (0)
Muestra N°29	4+583.060	A-2-4 (0)	58.997	0.967	11.783	A-2-6 (0)
Valor Medio					26.237	
Desviación Estándar					21.242	
Valor de CBR menor en 90% de las muestras					11.783	A-2-6 (0)

2.3.3.5. Yacimiento o bancos de préstamos.

Los trabajos realizados para la determinación y caracterización de los distintos yacimientos, tienen como motivo fundamental determinar aquellos materiales naturales que cumplan con las especificaciones técnicas, para una explotación racional y su posterior utilización en la construcción del paquete estructural del pavimento (subrasante, sub base y capa base) y agregados para las obras de arte.

Por otra parte, durante la prospección geotécnica se consideró la ubicación de los yacimientos, tratando en lo posible de determinar aquellos bancos de préstamo que se encuentren lo más próximos al eje de diseño, con el propósito de minimizar los costos de movimientos de tierra y transporte en este caso como se puede ver en el estudio de suelo se cuenta con suelo a-2-4₍₀₎ que tiene un CBR de 59% al 95%, a-2-5₍₀₎ que tiene un CBR de 32.51% al 95% y a-2-6₍₀₎, que se encuentra en la progresiva 0+000 a 2+360 en mayores cantidades ya que están cerca de lechos de quebrada se considera tomar material de estos bancos puesto que se cuenta con un suelo bueno y este está sobre el tramo lo que reduciría la distancia de transporte.

2.3.4. Estudio de tráfico.

El flujo vehicular es comúnmente cuantificado como el tráfico promedio diario anual (TPDA) que simplemente representa la cantidad de vehículos al día que circulan en promedio en ambas direcciones durante el año de referencia. Para caminos vecinales, se recomienda que la medición del TPDA esté desagregada en las siguientes categorías:

- Livianos

- Medianos
- Pesados

Adicionalmente, si se tratara de la construcción y mejoramiento de un camino vecinal existente, se deberá indicar si los vehículos transitan de manera regular durante el año o existen temporadas de mayor demanda. Se deben hacer correlaciones con el estado del camino.

Aunque en la mayoría de los casos no se espera que un camino vecinal esté congestionado por altos volúmenes de tráfico vehicular, la información aquí registrada permitirá evaluar el potencial productivo y comercial del área de influencia del proyecto.

A continuación, se muestra la clasificación vehicular que se realizó para el trabajo del conteo, el mismo que está de acuerdo a la clasificación del SEDECA, que sirvieron para realizar la clasificación vehicular en la realización del trabajo de conteo de tráfico:

Vehículos livianos:

- Autos y vagonetas
- Camionetas
- Camiones con capacidad hasta 2 tn
- Otros livianos

Vehículos semipesados:

- Microbuses
- Volquetas pequeñas
- Buses medianos
- Camiones medianos

Vehículos pesados:

- Volquetas grandes
- Buses grandes
- Camiones grandes

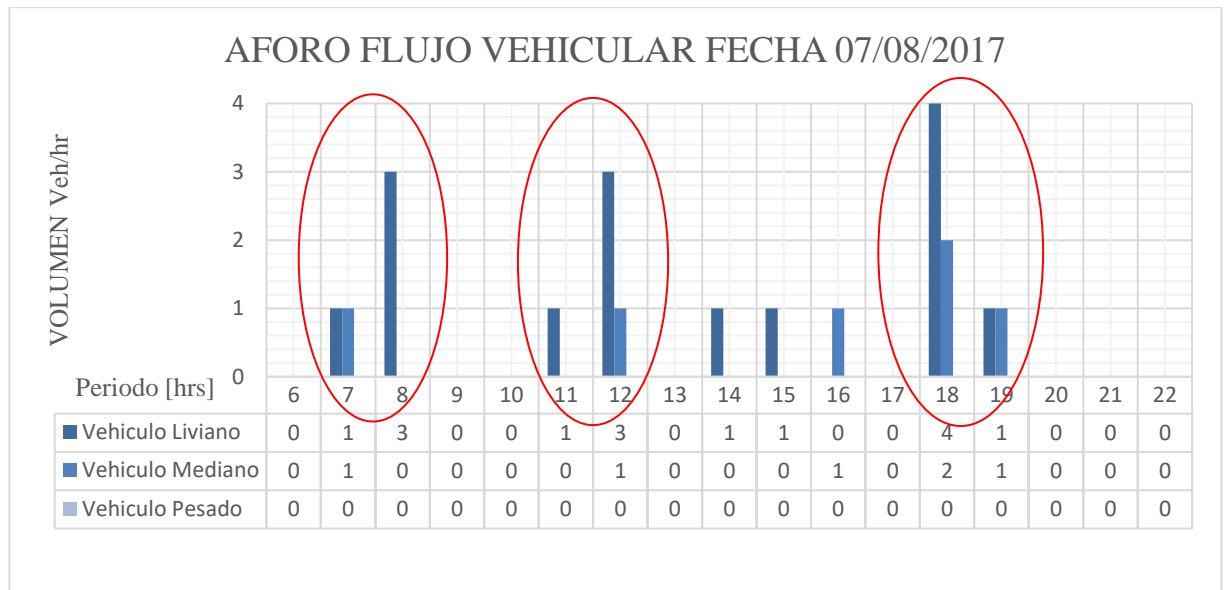
Vehículos tráiler:

- Camiones con acoplado

2.3.4.1. Calculo del T.P.D.

Para determinar el tráfico promedio diario, se aplicó el método de la normativa AASHTO, el cual consiste en realizar aforos por un mes en 3 horas pico y 3 días de la semana. Bajo esta premisa para el presente proyecto, para determinar las horas pico se aforo durante un día presentado el siguiente gráfico.

Gráfico N° 1. Aforo vehicular fecha 07/08/2017



Elaboración: propia

Como se observa en el gráfico N°1, las horas pico son de 7:00 am a 8:00 am, 11:00 am a 12:00 pm y de 18:00 pm a 19:00 pm. Ya establecidas las horas pico, los aforos se realizaron durante un mes, tres días a la semana: 2 días hábiles (lunes y miércoles) y un día no hábil (sábado) al inicio del camino en santa bárbara y al final en Erquis Oropeza (martes, jueves y domingo).

Cuadro N° 44. Planilla de aforos de tráfico fecha 07/07/2017

Hora	Camino Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza		
	Vehículos		
	Liviano	Mediano	Pesado
7:00 - 8:00	4.000	2.000	0.000
11:00 - 12:00	5.000	2.000	0.000
18:00 - 19:00	6.000	4.000	0.000

Elaboración: propia

Las demás planillas de aforos realizados se encuentran en el anexo 4

El resumen de los aforos se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro N° 45. Planilla total de aforos.

Días	Camino Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza			
	Vehículos			
	Liviano	Mediano	Pesado	Total
2017/08/07	15.000	8.000	0.000	23.000
2017/08/08	17.000	6.000	0.000	23.000
2017/08/09	19.000	7.000	0.000	26.000
2017/08/10	13.000	7.000	0.000	20.000
2017/08/11	16.000	17.000	0.000	33.000
2017/08/12	15.000	7.000	0.000	22.000
2017/08/13	16.000	1.000	0.000	17.000
2017/08/14	15.000	3.000	0.000	18.000
2017/08/15	16.000	5.000	0.000	21.000
2017/08/16	14.000	4.000	0.000	18.000
2017/08/17	11.000	3.000	0.000	14.000
2017/08/18	16.000	4.000	1.000	21.000
2017/08/19	17.000	2.000	1.000	20.000
2017/08/20	13.000	2.000	1.000	16.000
2017/08/21	16.000	4.000	1.000	21.000
2017/08/22	18.000	3.000	1.000	22.000
2017/08/23	17.000	3.000	1.000	21.000
2017/08/24	15.000	2.000	1.000	18.000
2017/08/25	15.000	2.000	0.000	17.000
2017/08/26	14.000	2.000	1.000	17.000
2017/08/27	24.000	2.000	1.000	27.000
2017/08/28	15.000	5.000	0.000	20.000
2017/08/29	12.000	4.000	1.000	17.000

Días	Camino Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza			
	Vehículos			
	Liviano	Mediano	Pesado	Total
2017/08/30	13.000	6.000	0.000	19.000
2017/08/31	12.000	7.000	0.000	19.000
2017/09/01	12.000	4.000	0.000	16.000
2017/09/02	11.000	7.000	1.000	19.000
2017/09/03	13.000	3.000	0.000	16.000
T.P.D.	15.000	5.000	0.000	20.000

Elaboración: propia

2.3.4.2. Trafico promedio diario futuro.

El proyecto de caminos nuevos o el mejoramiento de las existentes no deben basarse solamente en las características del volumen del tráfico actual, sino que se debe tomar en cuenta también los probables en años futuros. De esta manera el volumen de proyecto ha de corresponder al del año escogido para proyectar.

Como base para un proyecto, generalmente se usa un periodo de hasta 20 años. Estimar el tráfico más allá de ese periodo no se justifica, debido a que para ese entonces surgirán cambios en la economía regional, en la población, en el desarrollo de los terrenos ubicados a lo largo de la vía en los sistemas de transporte, que no se puede predecir con ningún grado de seguridad.

Para realizar una proyección del tráfico futuro, se partirá de los datos históricos de los T.P.D. mostrados en el cuadro 20, considerando la clasificación del mismo de acuerdo al tipo de vehículo, para así construir las series históricas mediante ajustes estadísticos.

2.3.4.2.1. Índice de crecimiento.

El índice de crecimiento vehicular se tomó según la información del RUAT 2016 de la provincia Mendez que es de 4.690.

Este parámetro constituye unos importantes datos para obtener el porcentaje anual de crecimiento de los diferentes vehículos que se producen durante el periodo de diseño adoptado. Para su determinación se usa un proceso iterativo con ayuda de la ecuación que se señala a continuación.

$$(FC)_i = \left[1 + \frac{(IC)_i}{100} \right]^N$$

Donde:

(fc)i = Factor de crecimiento del vehículo tipo i.

(IC)i = Índice de crecimiento del vehículo tipo i.

(n) = Número de años hasta el período de diseño: 20 años (carpeta asfáltica)

2.3.4.2.2. Trafico normal.

Cuadro N° 46. Trafico normal.

Trafico normal				
Año	Livianos	Medianos	Pesados	Total
2018	16.000	5.000	0.000	21.000
2019	16.000	5.000	0.000	21.000
2020	17.000	5.000	0.000	22.000
2021	18.000	6.000	0.000	24.000
2022	19.000	6.000	0.000	25.000
2023	20.000	6.000	1.000	27.000
2024	21.000	6.000	1.000	28.000
2025	22.000	7.000	1.000	30.000
2026	23.000	7.000	1.000	31.000
2027	24.000	7.000	1.000	32.000
2028	25.000	8.000	1.000	34.000
2029	26.000	8.000	1.000	35.000
2030	27.000	8.000	1.000	36.000
2031	28.000	9.000	1.000	38.000
2032	30.000	9.000	1.000	40.000
2033	31.000	10.000	1.000	42.000
2034	33.000	10.000	1.000	44.000
2035	34.000	11.000	1.000	46.000
2036	36.000	11.000	1.000	48.000
2037	38.000	12.000	1.000	51.000

Elaboración: propia

2.3.4.2.3. Tráfico generado.

Dentro de los primeros años, que siguen a la terminación de una nueva vía, allí aparece el tráfico generado, el cual no habría aparecido si la carretera nueva no hubiera sido construida. Estos viajes incluyen los hechos previamente por transporte público, y enteramente los nuevos viajes no hechos previamente por cualquier modo de transporte.

Al tráfico generado se le asigna tasas de incremento entre el 5% y el 25% de tráfico actual¹, según estos límites se adopta para el presente proyecto se adopta un valor igual a 10%. Entonces el tráfico generado se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 47. Tráfico generado.

Tráfico generado				
Año	Livianos	Medianos	Pesados	Total
2018	2.000	1.000	0.000	3.000
2019	2.000	1.000	0.000	3.000
2020	2.000	1.000	0.000	3.000
2021	2.000	1.000	0.000	3.000
2022	2.000	1.000	0.000	3.000
2023	2.000	1.000	0.000	3.000
2024	2.000	1.000	0.000	3.000
2025	2.000	1.000	0.000	3.000
2026	2.000	1.000	0.000	3.000
2027	2.000	1.000	0.000	3.000
2028	3.000	1.000	0.000	4.000
2029	3.000	1.000	0.000	4.000
2030	3.000	1.000	0.000	4.000
2031	3.000	1.000	0.000	4.000
2032	3.000	1.000	0.000	4.000
2033	3.000	1.000	0.000	4.000
2034	3.000	1.000	0.000	4.000
2035	3.000	1.000	0.000	4.000
2036	4.000	1.000	0.000	5.000
2037	4.000	1.000	0.000	5.000

Elaboración: propia

¹ Rafael Cal, Mayor R, James Cardenas G. "Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones" Pg.188

2.3.4.2.4. Trafico inducido.

La disposición de una nueva vía puede hacer factible, a través de accesos más fáciles, el desarrollo de nuevas áreas residenciales, comerciales o industriales. Tales áreas inducen cambios en los orígenes o los destinos de un cierto tráfico. Este tráfico inducido, componente del tráfico potencial es dependiente de los factores externos a la carretera, y el índice del desarrollo del volumen de tráfico inducido está directamente relacionado con el progreso de estos factores externos.

La experiencia indica que en carreteras construidas con altas especificaciones, el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápidamente de lo normal, generando un tráfico adicional el cual se considera como transito inducido con valores del orden del 5% del tráfico actual². A lo largo de todo el tramo del camino en diseño se presentan varios caminos adyacentes que confluyen al mismo, siendo estos los que producirían el tráfico inducido tomándolo como un porcentaje de incremento del 5% del tráfico normal.

Cuadro N° 48. Trafico inducido.

Trafico inducido				
Año	Livianos	Medianos	Pesados	Total
2018	1.000	0.000	0.000	1.000
2019	1.000	0.000	0.000	1.000
2020	1.000	0.000	0.000	1.000
2021	1.000	0.000	0.000	1.000
2022	1.000	0.000	0.000	1.000
2023	1.000	0.000	0.000	1.000
2024	1.000	0.000	0.000	1.000
2025	1.000	0.000	0.000	1.000
2026	1.000	0.000	0.000	1.000
2027	1.000	0.000	0.000	1.000
2028	1.000	0.000	0.000	1.000
2029	1.000	0.000	0.000	1.000
2030	1.000	0.000	0.000	1.000
2031	1.000	0.000	0.000	1.000
2032	2.000	0.000	0.000	2.000

² Rafael Cal, Mayor R, James Cardenas G. "Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones" Pg.188

Trafico inducido				
Año	Livianos	Medianos	Pesados	Total
2033	2.000	1.000	0.000	3.000
2034	2.000	1.000	0.000	3.000
2035	2.000	1.000	0.000	3.000
2036	2.000	1.000	0.000	3.000
2037	2.000	1.000	0.000	3.000

Elaboración: propia

2.3.4.2.5. Trafico promedio diario de diseño.

Para el T.P.D de diseño, se suma el tráfico normal, el tráfico generado y el tráfico inducido.

Cuadro N° 49. Trafico futuro.

TRAFICO FUTURO				
Año	Livianos	Medianos	Pesados	Total
2018	19.000	6.000	0.000	25.000
2019	19.000	6.000	0.000	25.000
2020	20.000	6.000	0.000	26.000
2021	21.000	7.000	0.000	28.000
2022	22.000	7.000	0.000	29.000
2023	23.000	7.000	1.000	31.000
2024	24.000	7.000	1.000	32.000
2025	25.000	8.000	1.000	34.000
2026	26.000	8.000	1.000	35.000
2027	27.000	8.000	1.000	36.000
2028	29.000	9.000	1.000	39.000
2029	30.000	9.000	1.000	40.000
2030	31.000	9.000	1.000	41.000
2031	32.000	10.000	1.000	43.000
2032	35.000	10.000	1.000	46.000
2033	36.000	12.000	1.000	49.000
2034	38.000	12.000	1.000	51.000
2035	39.000	13.000	1.000	53.000
2036	42.000	13.000	1.000	56.000
2037	43.000	13.000	1.000	57.000

Elaboración: propia

El tráfico de diseño para un periodo de diseño de 20 años se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 50. Trafico promedio diario de diseño (n=20 años)

Tipo de vehículo	T.P.D. [veh/día]	% T.P.D.
Livianos	43.000	75.439
Medianos	13.000	22.807
Pesados	1.000	1.754
Total	57.000	100.000

Elaboración: propia

El tráfico de diseño para un periodo de diseño de 7 años se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 51. Trafico promedio diario de diseño (n=7 años)

Tipo de vehículo	T.P.D. [veh/día]	% T.P.D.
Livianos	24.000	75.000
Medianos	7.000	21.875
Pesados	1.000	3.125
Total	32.000	100.000

Elaboración: propia

2.3.4.3. Calculo del número de ejes equivalentes W_{18}

El número total de ejes equivalentes se calcula con la siguiente ecuación.

$$W_{18} = \sum (TPD)_i \cdot (FC)_i \cdot (FCE)_i \cdot 365$$

Donde:

- W_{18} = Número de ejes equivalentes
- $(T.P.D)_i$ = Tráfico promedio diario del vehículo tipo i, en el primer año de circulación.
- $(fc)_i$ = Factor de crecimiento del vehículo tipo i.
- $(IC)_i$ = Índice de crecimiento del vehículo tipo i.
- (n) = Número de años hasta el período de diseño: 20 años (carpeta asfáltica)
- $(FCE)_i$ = Factor de carga equivalente del vehículo tipo i.

2.3.4.3.1. Factor de carga equivalente (FCE)

Para el cálculo del factor de carga se tomó como referencia la tabla TR38 ESALs para cada clase de vehículo en pavimento flexible del SNC, la misma se muestra en el anexo 4, de la tabla se tiene los siguientes factores.

Cuadro N° 52. Factores de carga equivalente

Descripción	Factor de carga equivalente
Livianos	0.005
Autos y vagonetas	0.006
Camionetas	0.004
Medianos	1.413
Microbuses	0.054
Buses medianos	3.666
Camiones medianos	0.520
Pesados	2.851
Buses grandes	2.593
Camiones grandes	3.110

Fuente: tabla TR38 ESALs Daniel Urtado para cada clase de vehículo en pavimento flexible según el servicio nacional de caminos (SNC)

Elaboración: propia

El proceso consiste en dar valores de i de tal forma que la suma de los tráficos promedios diarios hasta el año 20 obtenidos con las ecuaciones de regresión sea igual a la suma de los tráficos promedios diarios iterando la formula señalada. De ésta manera se obtienen los índices de crecimiento para cada tipo de vehículo, los cuáles nos servirán para determinar el factor de crecimiento de los mismos, factores que serán utilizados para la determinación del número de ejes equivalentes como veremos en la tabla de proyección futura que se verán a continuación.

2.3.4.3.2. Calculo del número de ejes equivalentes por tipo de vehículo para concreto asfáltico (n=20 años)

Se tiene los siguientes datos con los cuales se procede al cálculo del número de ejes equivalentes por tipo de vehículos.

Cuadro N° 53. Datos para el cálculo del número total de ejes equivalentes.

Tipo de vehículo	Tráfico prom. diario (T.P.D)	Porcentaje (%) T.P.D	Índice de crecimiento (IC)	Factor de carga equiv. (FCE)
Livianos	43.000	75.439	4.690	0.005
Medianos	13.000	22.807	4.690	1.413
Pesados	1.000	1.754	4.690	2.851
Total	57.000	100.000		

Los cálculos del número de ejes equivalentes se presentan en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 54. Numero de ejes equivalentes para vehículos livianos

Año	Período	Factor de crecimiento	N° de ejes equivalentes
2017	1.000	1.047	79.912
2018	2.000	1.096	83.660
2019	3.000	1.147	87.584
2020	4.000	1.201	91.691
2021	5.000	1.258	95.992
2022	6.000	1.317	100.494
2023	7.000	1.378	105.207
2024	8.000	1.443	110.141
2025	9.000	1.511	115.307
2026	10.000	1.581	120.715
2027	11.000	1.656	126.376
2028	12.000	1.733	132.303
2029	13.000	1.815	138.508
2030	14.000	1.900	145.004
2031	15.000	1.989	151.805
2032	16.000	2.082	158.925
2033	17.000	2.180	166.378
2034	18.000	2.282	174.181
2035	19.000	2.389	182.350
2036	20.000	2.501	190.903
2037	21.000	2.618	199.856
Total ejes equivalentes			2,757.291

Cuadro N° 55. Numero de ejes equivalentes para vehículos medianos.

Año	Período	Factor de crecimiento	N° de ejes equivalentes
2017	1.000	1.047	7,019.731
2018	2.000	1.096	7,348.956
2019	3.000	1.147	7,693.622
2020	4.000	1.201	8,054.453
2021	5.000	1.258	8,432.207
2022	6.000	1.317	8,827.678
2023	7.000	1.378	9,241.696
2024	8.000	1.443	9,675.131
2025	9.000	1.511	10,128.895
2026	10.000	1.581	10,603.940
2027	11.000	1.656	11,101.265
2028	12.000	1.733	11,621.914
2029	13.000	1.815	12,166.982
2030	14.000	1.900	12,737.614
2031	15.000	1.989	13,335.008
2032	16.000	2.082	13,960.419
2033	17.000	2.180	14,615.163
2034	18.000	2.282	15,300.614
2035	19.000	2.389	16,018.213
2036	20.000	2.501	16,769.467
2037	21.000	2.618	17,555.955
Total ejes equivalentes			242,208.926

Cuadro N° 56. Numero de ejes equivalentes para vehículos pesados.

Año	Período	Factor de crecimiento	N° de ejes equivalentes
2017	1.000	1.047	1,089.577
2018	2.000	1.096	1,140.678
2019	3.000	1.147	1,194.176
2020	4.000	1.201	1,250.183
2021	5.000	1.258	1,308.817
2022	6.000	1.317	1,370.200
2023	7.000	1.378	1,434.463
2024	8.000	1.443	1,501.739
2025	9.000	1.511	1,572.170
2026	10.000	1.581	1,645.905
2027	11.000	1.656	1,723.098

Año	Período	Factor de crecimiento	Nº de ejes equivalentes
2028	12.000	1.733	1,803.911
2029	13.000	1.815	1,888.515
2030	14.000	1.900	1,977.086
2031	15.000	1.989	2,069.812
2032	16.000	2.082	2,166.886
2033	17.000	2.180	2,268.513
2034	18.000	2.282	2,374.906
2035	19.000	2.389	2,486.289
2036	20.000	2.501	2,602.896
2037	21.000	2.618	2,724.972
Total ejes equivalentes			37,594.792

Cuadro N° 57. Numero de eje equivalentes de diseño W_{18} (n=20 años)

Tipo de vehículo	Número de ejes equivalentes
Livianos	2,757.291
Medianos	242,208.926
Pesados	37,594,792
Total ejes equivalentes	2.826x10⁵

2.3.4.3.3. Calculo del número de ejes equivalentes por tipo de vehículo para concreto asfáltico (n=7 años)

Repitiendo es mismo procedimiento para un periodo de diseño de 7 años se tiene los siguiente.

Cuadro N° 58. Numero de eje equivalentes de diseño W_{18} (n=7 años)

Tipo de vehículo	Número de ejes equivalentes
Livianos	421.217
Medianos	35,696.487
Pesados	10,289.833
Total ejes equivalentes	4.641x10⁴

A continuación, se mostrará una tabla resumen de los datos a utilizar en el diseño geométrico en el diseño estructural y las obras complementarias.

Cuadro N° 59. Resultados estudio preliminares

Estudio topográfico	Parámetros
Numero de BMs	14
Número de puntos	3559
Estudio hidrológico	
Periodo de retorno	50 años
Intensidad máxima	24.680 mm
Estudio geotécnico	
Numero de muestras	29
Tipos de suelos en el tramo	3
C.B.R. de diseño	11.783%
Estudio de trafico	
Numero de ejes equivalentes (N=20 años)	2.826x10 ⁵ ESALs
Numero de ejes equivalentes (N=7 años)	4.641x10 ⁴ ESALs

2.4. DISEÑO GEOMÉTRICO.

2.4.1. Categorización de la vía.

El tramo “Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza” es de categoría: camino de desarrollo rural según el manual de la administradora boliviana de carreteras 2007. La categoría es de acuerdo a la cantidad de tráfico proyectado y principalmente a la topografía de cada uno de los tramos, ya que está dada para las condiciones para un alineamiento tanto en lo horizontal como en lo vertical.

Tipo de terreno. - el tipo de terreno que se presenta a lo largo de la vía es terreno ondulado fuerte a montañoso, debido a que se presentan tramos donde la pendiente fluctúa entre 3 a 6% y otros donde la rasante presente pendientes sostenidas entre 4 y 9%.

2.4.2. Parámetros de diseño geométrico.

2.4.2.1. Velocidad de proyecto. (V_p).

Es la velocidad de proyecto permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, para el presente proyecto se establece una velocidad de proyecto 30 km/h, esto debido a que se trata de un camino de categoría de desarrollo y el tipo de terreno que presenta es de terreno ondulado fuerte a montañoso, según se especifica en el manual de diseño geométrico de A.B.C.

2.4.2.2. Peralte maximo. ($e\%$)

El valor maximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de las curvas horizontales se define según el siguiente cuadro.

Cuadro N° 60. Valores maximo para el peralte y la fricción transversal

Velocidad	E_{max}	F
Caminos V_p 30 a 80 km/h	7.000%	$0.265 - v/602.400$
Carreteras V_p 80 120 km/h	8.000%	$0.193 - v/1,134.000$

Fuente: Manual de diseño geométrico A.B.C.

Elaboración: propia

Para una velocidad de proyecto $V_p=30$ km/h, el peralte maximo se define en:

$$e_{max}=7.000 \%$$

La fricción transversal resulta igual a:

$$f = 0.265 - \frac{V}{602.400}$$

$$f = 0.215$$

2.4.2.3. Radio mínimo. (R_{min})

El radio mínimo se define en función de la velocidad del proyecto y bajo criterios de seguridad ante el deslizamiento y se calcula con la siguiente formula.

$$R_{min} = \frac{V_p^2}{127 \cdot (e_{max} + f)}$$

Donde:

V_p = Velocidad de proyecto en km/h

f = coeficiente de fricción entre la llanta y el pavimento

e_{max} = Peralte máximo en m/m

$$R_{min} = 24.850 \text{ m}$$

2.4.2.4. Pendiente de la vía.

2.4.2.4.1. Pendiente máxima.

La pendiente máxima admisible de la rasante para el proyecto se define según el siguiente cuadro.

Cuadro N° 61. Pendientes máximas admisibles [%]

Categoría	Velocidad de proyecto (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	-	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

Fuente: manual de diseño geométrico A.B.C.

Elaboración: propia

La pendiente máxima admisible para el camino en desarrollo y velocidad de proyecto de 30 km/h es igual a $i_{max} = 12.000 \%$

2.4.2.4.2. Pendiente mínima.

La fijación de pendientes longitudinales mínimas tiene por objeto asegurar un eficiente escurrimiento de las aguas superficiales sobre la calzada.

En general, es deseable que en los casos de secciones en corte o mixtas la carretera tenga una pequeña pendiente longitudinal, por lo menos del orden del 0.500%.

Por estos motivos se asume una pendiente mínima de $i_{\min} = 0.500 \%$

2.4.2.5. Distancia mínima de visibilidad de frenado.

La distancia de frenado sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente expresión según el A.B.C.

$$d_f = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

$$d_f = 24.370 \text{ m}$$

Donde:

Velocidad de proyecto.	$V_p = 30.000 \text{ Km/h}$
Coefficiente de roce rodante, pavimento húmedo.	$f_l = 0.420$
Tiempo de percepción + reacción.	$T = 2.000 \text{ S}$
Pendiente longitudinal.	$i = 0.040 \text{ m/m}$

Entonces la distancia de visibilidad de frenado es igual a $d_f = 25.000 \text{ m}$

2.4.2.6. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

La distancia de visibilidad mínima de adelantamiento se define según al siguiente cuadro.

Cuadro N° 62. Distancia mínima de adelantamiento.

Vp	Distancia mínima de adelantamiento
(km/h)	
30.000	180.000
40.000	240.000
50.000	300.000
60.000	370.000
70.000	440.000
80.000	500.000
90.000	550.000
100.000	600.000

Fuente: manual de diseño geométrico A.B.C.

Elaboración: propia

La distancia mínima de visibilidad de adelantamiento para una velocidad de proyecto de 30.000 km/h es de $D_{\text{pasar}} = 180.000$ m.

2.4.2.7. Sobreancho o ampliación.

El sobreancho se calculó según la AASTHO que nos proporciona la siguiente formula:

$$X = \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) \cdot N + \frac{0.100 \cdot V}{\sqrt{R}}$$

Donde:

R = radio de curvatura (m)

N = número de carriles en un mismo sentido

V = velocidad de proyecto. (30.000 km/h.)

L = longitud del vehículo tipo (15.000 m)

X = sobreancho o ampliación (m)

Cuadro N° 63. Resumen de parámetros de diseño.

Descripción	Parámetros adoptados
Categoría de la vía	Desarrollo
Topografía	Terreno ondulado fuerte a montañoso
Velocidad de proyecto	30.000 km/h
Peralte máximo	7.000%
Radio mínimo	25.000 m
Pendiente máxima longitudinal	12.000%
Pendiente mínima longitudinal	0.500%
Distancia mínima de visibilidad frenado	25.000 m
Distancia mínima de visibilidad de adelantamiento	180.000 m

Fuente: manual de diseño geométrico A.B.C.

Elaboración: propia

2.4.3. Diseño geométrico planimétrico.

2.4.3.1. Alineamiento horizontal.

Se realizó el alineamiento horizontal siguiendo la geometría de camino de tierra actual, el camino se divide en dos tramos; tramo 1 desde la presa de tierra entrado a Rancho

Norte hasta la escuela de Santa Bárbara Grande y el tramo 2 desde Santa Bárbara Grande hasta Erquis Oropeza, cuya geometría es la que se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 64. Planilla replanteo de P.I. Tramo N° 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

PI	Progresiva	Norte	Este	Distancia [m]	Angulo
Inicio	0+000.000	7,627,552.863	317,288.672	40.401	S41° 19' 58"O
1	0+040.400	7,627,522.526	317,261.990	117.302	S23° 33' 56"O
2	0+157.500	7,627,415.006	317,215.093	72.643	S62° 41' 59"O
3	0+227.920	7,627,381.688	317,150.541	33.623	N59° 04' 07"O
4	0+259.100	7,627,398.971	317,121.699	116.492	N78° 20' 42"O
5	0+375.400	7,627,422.505	317,007.609	130.045	N63° 42' 04"O
6	0+505.260	7,627,480.122	316,891.025	108.102	N70° 09' 02"O
7	0+613.350	7,627,516.828	316,789.345	573.757	N83° 02' 41"O
8	1+186.990	7,627,586.306	316,219.811	126.109	N77° 36' 52"O
9	1+313.090	7,627,613.355	316,096.637	122.710	S83° 42' 57"O
10	1+435.540	7,627,599.923	315,974.664	66.919	N87° 32' 28"O
11	1+502.430	7,627,602.794	315,907.807	122.396	S83° 29' 29"O
12	1+624.780	7,627,588.920	315,786.200	145.288	N88° 52' 22"O
13	1+770.050	7,627,591.778	315,640.940	88.364	N83° 40' 18"O
14	1+858.400	7,627,601.518	315,553.114	170.925	S88° 51' 43"O
15	2+029.310	7,627,598.123	315,382.223	225.099	S83° 34' 02"O
16	2+254.400	7,627,572.904	315,158.542	38.943	S24° 45' 12"O
17	2+289.310	7,627,537.539	315,142.236	90.487	S64° 47' 45"O
18	2+378.450	7,627,499.006	315,060.364	47.282	S80° 56' 15"O
19	2+425.580	7,627,491.558	315,013.672	107.574	S85° 52' 13"O
20	2+533.150	7,627,483.811	314,906.377	61.162	N31° 29' 41"O
21	2+589.360	7,627,535.963	314,874.425	31.137	N53° 33' 49"O
Fin	2+620.310	7,627,554.456	314,849.375		

Elaboración: propia

Cuadro N° 65. Planilla replanteo de PI. Tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

PI	Progresiva	Norte	Este	Distancia [m]	Angulo
Inicio	0+00.000	7,627,504.506	315,077.966	27.870	S20° 05' 02"E
1	0+027.870	7,627,478.331	315,087.536	87.915	N73° 42' 03"E
2	0+106.600	7,627,503.004	315,171.918	142.719	S23° 49' 22"O
3	0+188.420	7,627,372.445	315,114.273	127.622	S64° 51' 25"O

PI	Progresiva	Norte	Este	Distancia [m]	Angulo
4	0+313.950	7,627,318.221	314,998.743	69.627	S35° 13' 33"O
5	0+383.100	7,627,261.344	314,958.582	166.905	S3° 11' 30"E
6	0+548.160	7,627,094.699	314,967.875	108.076	N55° 34' 43"E
7	0+605.990	7,627,155.791	315,057.027	64.689	N88° 48' 57"E
8	0+670.010	7,627,157.128	315,121.702	107.791	N34° 57' 47"E
9	0+774.000	7,627,245.466	315,183.472	191.113	S81° 37' 30"E
10	0+959.960	7,627,217.630	315,372.547	290.378	S73° 11' 32"E
11	1+250.300	7,627,133.664	315,650.520	69.977	N77° 26' 22"E
12	1+319.820	7,627,148.882	315,718.822	253.972	N88° 26' 39"E
13	1+573.730	7,627,155.777	315,972.701	337.003	S71° 35' 52"O
14	1+644.270	7,627,049.390	315,652.931	208.638	S58° 16' 58"E
15	1+792.600	7,626,939.703	315,830.409	250.571	S20° 40' 16"E
16	2+039.960	7,626,705.263	315,918.862	85.949	S53° 05' 18"E
17	2+124.980	7,626,653.644	315,987.583	117.336	S56° 01' 51"O
18	2+215.150	7,626,588.083	315,890.272	159.644	S87° 11' 01"E
19	2+286.910	7,626,580.239	316,049.723	122.506	S61° 14' 49"E
20	2+408.780	7,626,521.309	316,157.124	85.294	S11° 48' 24"O
21	2+488.920	7,626,437.819	316,139.672	118.361	S35° 54' 34"O
22	2+606.840	7,626,341.953	316,070.253	86.070	S43° 05' 45"O
23	2+692.890	7,626,279.104	316,011.448	148.416	S26° 48' 55"O
24	2+841.070	7,626,146.648	315,944.495	163.022	S42° 58' 59"O
25	3+003.910	7,626,027.388	315,833.350	177.630	S35° 15' 48"E
26	3+171.100	7,625,882.352	315,935.902	128.915	S37° 02' 04"O
27	3+283.080	7,625,779.443	315,858.257	216.977	S68° 43' 17"O
28	3+498.890	7,625,700.702	315,656.072	138.768	S13° 32' 18"O
29	3+633.140	7,625,565.790	315,623.587	102.020	S2° 35' 30"O
30	3+735.110	7,625,463.874	315,618.974	82.409	S26° 32' 28"O
31	3+817.140	7,625,390.150	315,582.150	52.235	S82° 23' 37"O
32	3+867.250	7,625,383.236	315,530.375	63.347	N27° 37' 33"O
33	3+926.130	7,625,439.361	315,501.001	86.436	S61° 39' 27"O
34	4+001.520	7,625,398.326	315,424.927	45.900	S15° 50' 18"O
35	4+045.600	7,625,354.169	315,412.400	79.305	S44° 02' 19"O
36	4+124.390	7,625,297.159	315,357.272	81.557	S23° 48' 32"O
37	4+205.730	7,625,222.543	315,324.348	93.644	S9° 46' 54"E
38	4+298.500	7,625,130.260	315,340.258	249.331	S38° 23' 19"O
39	4+546.230	7,624,934.831	315,185.426	36.893	S26° 06' 04"O
Fin	4+583.060	7,624,901.700	315,169.194		

Elaboración: propia

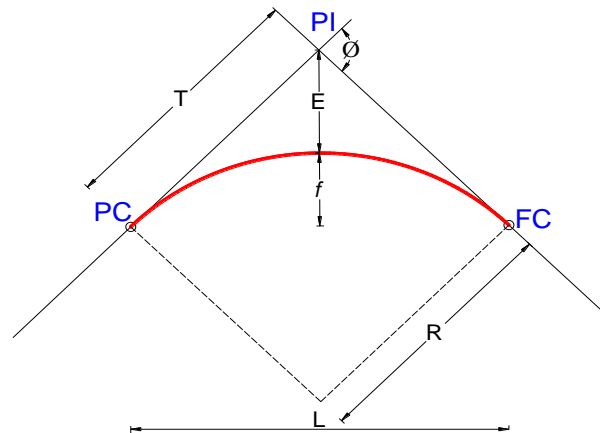
2.4.3.2. Diseño curvas horizontales.

Para el tramo en estudio solo se cuenta con curvas circulares por la poca afluencia de vehículos y la velocidad de diseño es pequeña así que no fue necesario hacer otro tipo de curva por que estas se necesita mayor inversión por el mayor movimiento de tierras que esta requiere.

A continuación, se muestra la verificación de diseño de la curva circular horizontal N°1, las demás verificaciones se muestran en el anexo 5.

Verificación curva horizontal N°1

Figura N° 24. Curva circular



Angulo teta:	$\Theta =$	17.767	°
Radio de curva:	$R =$	80.000	m
Tangente: $T = R \cdot \tan \frac{\theta}{2}$	→	$T =$	12.500 m
Externa: $E = R \cdot \left(\sec \frac{\theta}{2} - 1 \right)$	→	$E =$	0.970 m
Flecha: $f = R \cdot \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right)$	→	$F =$	0.960 m
Desarrollo: $D = \frac{\pi \cdot R \cdot \theta}{180}$	→	$D =$	24.810 m
Longitud de cuerda: $L = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\theta}{2}$	→	$L =$	24.710 m

Cuadro N° 66. Elementos de curvas horizontales tramo N° 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

Elementos de curvas horizontales tramo 1: Rancho Norte - Santa Bárbara Grande					
N° PI	Tang.	Radio	Long. Curva	Long. Cuerda	Ordenada ext.
	M	M	M	M	M
	(T)	(R)	(L)	(C)	(E)
1	12.500	80.000	24.810	24.710	0.970
2	28.440	80.000	54.640	53.590	4.900
3	13.920	25.000	25.410	24.330	3.620
4	10.190	60.000	20.190	20.090	0.860
5	16.700	130.000	33.230	33.140	1.070
6	8.450	150.000	16.890	16.880	0.240
7	13.560	120.000	27.010	26.950	0.760
8	5.220	110.000	10.430	10.420	0.120
9	14.790	90.000	29.330	29.200	1.210
10	7.650	100.000	15.260	15.250	0.290
11	10.190	130.000	20.350	20.330	0.400
12	8.680	130.000	17.330	17.310	0.290
13	5.450	120.000	10.890	10.890	0.120
14	6.530	100.000	13.030	13.020	0.210
15	7.860	170.000	15.710	15.700	0.180
16	22.550	40.000	41.060	39.280	5.920
17	16.400	45.000	31.450	30.810	2.890
18	11.340	80.000	22.540	22.460	0.800
19	5.600	130.000	11.190	11.190	0.120
20	24.340	40.000	43.730	41.580	6.820
21	7.800	40.000	15.410	15.310	0.750

Elaboración: propia

Cuadro N° 67. Tabla replanteo curvas horizontales tramo N° 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

Replanteo de curvas horizontales tramo 1: Rancho Norte - Santa Bárbara Grande									
N° PI	PROGRESIVAS			Coordenadas					
				PC		PI		FC	
	PC	PI	FC	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
1	0+027.90	0+040.40	0+052.70	7,627,531.920	317,270.250	7,627,522.530	317,261.990	7,627,511.070	317,256.990
2	0+129.07	0+157.50	0+183.71	7,627,441.070	317,226.460	7,627,415.010	317,215.090	7,627,401.970	317,189.830
3	0+213.99	0+227.92	0+239.40	7,627,388.070	317,162.910	7,627,381.690	317,150.540	7,627,388.850	317,138.600
4	0+248.91	0+259.10	0+269.10	7,627,393.730	317,130.440	7,627,398.970	317,121.700	7,627,401.030	317,111.720
5	0+358.70	0+375.40	0+391.92	7,627,419.130	317,023.970	7,627,422.510	317,007.610	7,627,429.910	316,992.630
6	0+496.81	0+505.26	0+513.70	7,627,476.380	316,898.600	7,627,480.120	316,891.030	7,627,482.990	316,883.080
7	0+599.79	0+613.35	0+626.79	7,627,512.220	316,802.100	7,627,516.830	316,789.350	7,627,518.470	316,775.890
8	1+181.77	1+186.99	1+192.20	7,627,585.680	316,224.990	7,627,586.310	316,219.810	7,627,587.430	316,214.720
9	1+298.30	1+313.09	1+327.62	7,627,610.180	316,111.090	7,627,613.360	316,096.640	7,627,611.740	316,081.930
10	1+427.89	1+435.54	1+443.15	7,627,600.760	315,982.260	7,627,599.920	315,974.660	7,627,600.250	315,967.030
11	1+492.23	1+502.43	1+512.58	7,627,602.360	315,917.990	7,627,602.790	315,907.810	7,627,601.640	315,897.680
12	1+616.11	1+624.78	1+633.43	7,627,589.900	315,794.820	7,627,588.920	315,786.200	7,627,589.090	315,777.530
13	1+764.59	1+770.05	1+775.49	7,627,591.670	315,646.390	7,627,591.780	315,640.940	7,627,592.380	315,635.520
14	1+851.88	1+858.40	1+864.91	7,627,600.800	315,559.600	7,627,601.520	315,553.110	7,627,601.390	315,546.590
15	2+021.45	2+029.31	2+037.16	7,627,598.280	315,390.080	7,627,598.120	315,382.220	7,627,597.240	315,374.410
16	2+231.85	2+254.40	2+272.91	7,627,575.430	315,180.950	7,627,572.900	315,158.540	7,627,552.430	315,149.100
17	2+272.91	2+289.31	2+304.36	7,627,552.430	315,149.100	7,627,537.540	315,142.240	7,627,530.560	315,127.400
18	2+367.10	2+378.45	2+389.64	7,627,503.840	315,070.630	7,627,499.010	315,060.360	7,627,497.220	315,049.160
19	2+419.98	2+425.58	2+431.17	7,627,492.440	315,019.200	7,627,491.560	315,013.670	7,627,491.160	315,008.090
20	2+508.81	2+533.15	2+552.54	7,627,485.560	314,930.650	7,627,483.810	314,906.380	7,627,504.560	314,893.660
21	2+581.56	2+589.36	2+596.97	7,627,529.310	314,878.500	7,627,535.960	314,874.430	7,627,540.600	314,868.150

Elaboración: propia

Cuadro N° 68. Elementos de curvas horizontales tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

Elementos de curvas horizontales tramo 1: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza					
N° PI	Tang.	Radio	Long. Curva	Long. Cuerda	Ordenada ext.
	m	m	m	m	m
	(T)	(R)	(L)	(C)	(E)
1	23.400	25.000	37.620	34.170	9.240
2	64.510	30.000	68.130	54.410	41.150
3	24.330	65.000	46.550	45.560	4.400
4	10.580	40.000	20.690	20.460	1.380
5	24.390	70.000	46.940	46.060	4.130
6	62.150	35.000	74.060	60.990	36.330
7	11.940	40.000	23.200	22.880	1.740
8	25.400	50.000	47.000	45.280	6.080
9	24.710	40.000	44.270	42.050	7.020
10	11.060	150.000	22.080	22.060	0.410
11	10.480	40.000	20.500	20.280	1.350
12	9.630	100.000	19.210	19.180	0.460
13	168.830	25.000	71.190	49.460	145.670
14	64.160	30.000	68.010	54.350	40.830
15	44.270	130.000	85.340	83.810	7.330
16	17.440	60.000	33.950	33.500	2.480
17	42.150	30.000	57.140	48.880	21.740
18	75.190	25.000	62.490	47.450	54.230
19	18.420	80.000	36.220	35.910	2.090
20	18.520	25.000	31.880	29.760	6.110
21	14.950	70.000	29.450	29.230	1.580
22	7.540	120.000	15.050	15.040	0.240
23	17.160	120.000	34.100	33.980	1.220
24	14.200	100.000	28.220	28.120	1.000
25	32.530	40.000	54.630	50.480	11.560
26	62.090	85.000	107.260	100.280	20.270
27	22.700	80.000	44.240	43.680	3.160

Elementos de curvas horizontales tramo 1: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza					
N° PI	Tang.	Radio	Long. Curva	Long. Cuerda	Ordenada ext.
	m	m	m	m	m
	(T)	(R)	(L)	(C)	(E)
28	28.740	55.000	52.970	50.950	7.060
29	9.580	100.000	19.110	19.080	0.460
30	12.730	60.000	25.080	24.900	1.340
31	13.250	25.000	24.370	23.420	3.300
32	17.500	25.000	30.540	28.670	5.520
33	25.320	25.000	39.580	35.580	10.580
34	16.910	40.000	31.990	31.140	3.430
35	12.560	50.000	24.610	24.360	1.550
36	10.700	60.000	21.190	21.080	0.950
37	15.090	50.000	29.310	28.900	2.230
38	13.410	30.000	25.220	24.490	2.860
39	8.610	80.000	17.160	17.120	0.460

Elaboración: propia

Cuadro N° 69. Tabla replanteo curvas horizontales tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

Elementos de curvas horizontales tramo 2: Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza									
N° PI	Progresivas			Coordenadas					
				PC		PI		FC	
	PC	PI	FC	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
1	0+004.47	0+027.87	0+042.09	7,627,500.310	315,079.500	7,627,478.330	315,087.540	7,627,484.900	315,110.000
2	0+042.09	0+106.60	0+110.22	7,627,484.900	315,110.000	7,627,503.000	315,171.920	7,627,443.990	315,145.860
3	0+164.10	0+188.42	0+210.65	7,627,394.700	315,124.100	7,627,372.450	315,114.270	7,627,362.110	315,092.250
4	0+303.37	0+313.95	0+324.05	7,627,322.720	315,008.320	7,627,318.220	314,998.740	7,627,309.580	314,992.640
5	0+358.71	0+383.10	0+405.65	7,627,281.270	314,972.650	7,627,261.340	314,958.580	7,627,236.990	314,959.940
6	0+486.01	0+548.16	0+560.07	7,627,156.760	314,964.410	7,627,094.700	314,967.880	7,627,129.830	315,019.150
7	0+594.05	0+605.99	0+617.26	7,627,149.040	315,047.180	7,627,155.790	315,057.030	7,627,156.040	315,068.960
8	0+644.61	0+670.01	0+691.61	7,627,156.600	315,096.310	7,627,157.130	315,121.700	7,627,177.940	315,136.260
9	0+749.29	0+774.00	0+793.56	7,627,225.220	315,169.310	7,627,245.470	315,183.470	7,627,241.870	315,207.920
10	0+948.91	0+959.96	0+970.98	7,627,219.240	315,361.610	7,627,217.630	315,372.550	7,627,214.430	315,383.130
11	1+239.82	1+250.30	1+260.32	7,627,136.700	315,640.490	7,627,133.660	315,650.520	7,627,135.940	315,660.750
12	1+310.19	1+319.82	1+329.39	7,627,146.790	315,709.420	7,627,148.880	315,718.820	7,627,149.140	315,728.450
13	1+404.91	1+573.73	1+476.10	7,627,151.190	315,803.940	7,627,155.780	315,972.700	7,627,102.480	315,812.510
14	1+580.11	1+644.27	1+648.12	7,627,069.640	315,713.810	7,627,049.390	315,652.930	7,627,015.660	315,707.510
15	1+748.33	1+792.60	1+833.66	7,626,962.980	315,792.750	7,626,939.700	315,830.410	7,626,898.280	315,846.040
16	2+022.52	2+039.96	2+056.47	7,626,721.580	315,912.710	7,626,705.260	315,918.860	7,626,694.790	315,932.810
17	2+082.83	2+124.98	2+139.96	7,626,678.960	315,953.880	7,626,653.640	315,987.580	7,626,630.090	315,952.630
18	2+139.96	2+215.15	2+202.45	7,626,630.090	315,952.630	7,626,588.080	315,890.270	7,626,584.390	315,965.370
19	2+268.49	2+286.91	2+304.70	7,626,581.140	316,031.320	7,626,580.240	316,049.720	7,626,571.380	316,065.870
20	2+390.27	2+408.78	2+422.14	7,626,530.220	316,140.890	7,626,521.310	316,157.120	7,626,503.180	316,153.340
21	2+473.98	2+488.92	2+503.42	7,626,452.450	316,142.730	7,626,437.820	316,139.670	7,626,425.720	316,130.910
22	2+599.30	2+606.84	2+614.35	7,626,348.060	316,074.670	7,626,341.950	316,070.250	7,626,336.450	316,065.100
23	2+675.72	2+692.89	2+709.82	7,626,291.640	316,023.180	7,626,279.100	316,011.450	7,626,263.790	316,003.710
24	2+826.87	2+841.07	2+855.09	7,626,159.320	315,950.900	7,626,146.650	315,944.500	7,626,136.260	315,934.810
25	2+971.37	3+003.91	3+026.00	7,626,051.190	315,855.530	7,626,027.390	315,833.350	7,626,000.820	315,852.130
26	3+109.00	3+171.10	3+216.26	7,625,933.050	315,900.050	7,625,882.350	315,935.900	7,625,832.780	315,898.500

Elementos de curvas horizontales tramo 2: Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza									
N° PI	Progresivas			Coordenadas					
				PC		PI		FC	
	PC	PI	FC	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
27	3+260.37	3+283.08	3+304.62	7,625,797.570	315,871.930	7,625,779.440	315,858.260	7,625,771.200	315,837.100
28	3+470.15	3+498.89	3+523.12	7,625,711.130	315,682.860	7,625,700.700	315,656.070	7,625,672.760	315,649.340
29	3+623.56	3+633.14	3+642.67	7,625,575.110	315,625.830	7,625,565.790	315,623.590	7,625,556.220	315,623.150
30	3+722.38	3+735.11	3+747.46	7,625,476.590	315,619.550	7,625,463.870	315,618.970	7,625,452.490	315,613.290
31	3+803.89	3+817.14	3+828.26	7,625,402.010	315,588.070	7,625,390.150	315,582.150	7,625,388.400	315,569.020
32	3+849.75	3+867.25	3+880.28	7,625,385.550	315,547.720	7,625,383.240	315,530.380	7,625,398.740	315,522.260
33	3+900.82	3+926.13	3+940.40	7,625,416.930	315,512.740	7,625,439.360	315,501.000	7,625,427.340	315,478.720
34	3+984.62	4+001.52	4+016.60	7,625,406.350	315,439.810	7,625,398.330	315,424.930	7,625,382.060	315,420.310
35	4+033.04	4+045.60	4+057.65	7,625,366.250	315,415.830	7,625,354.170	315,412.400	7,625,345.140	315,403.670
36	4+113.69	4+124.39	4+134.87	7,625,304.850	315,364.710	7,625,297.160	315,357.270	7,625,287.370	315,352.950
37	4+190.64	4+205.73	4+219.95	7,625,236.350	315,330.440	7,625,222.540	315,324.350	7,625,207.670	315,326.910
38	4+285.09	4+298.50	4+310.31	7,625,143.480	315,337.980	7,625,130.260	315,340.260	7,625,119.750	315,331.930
39	4+537.62	4+546.23	4+554.78	7,624,941.580	315,190.770	7,624,934.830	315,185.430	7,624,927.100	315,181.640

Elaboración: propia

2.4.4. Diseño geométrico altimétrico.

2.4.4.1. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical se lo trazo respetando las pendientes longitudinales máximas y mínimas e identificando ubicación de puentes y alcantarillas. El alineamiento vertical propuesto es el que se expone en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 70. Alineamiento vertical tramo N°1 Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

PVI	Progresivas	Elevación [m]	i [%]	Distancia [m]	Longitud curva
Inicio	0+000.000	2005.482	7.110	40.671	0.000
1	0+040.569	2008.365	-1.940	88.665	20.000
2	0+129.217	2006.644	5.840	120.204	25.000
3	0+249.217	2013.652	1.670	150.021	40.000
4	0+399.217	2016.159	7.860	236.312	25.000
5	0+634.802	2034.679	1.980	430.063	60.000
6	1+064.781	2043.202	3.640	1185.220	50.000
7	2+249.217	2086.323	-0.680	90.002	30.000
8	2+339.217	2085.712	8.220	130.438	30.000
9	2+469.217	2096.401	3.540	130.081	30.000
10	2+599.217	2101.000	9.250	21.179	40.000
Fin	2+620.306	2102.951			

Elaboración: propia

Cuadro N° 71. Alineamiento vertical tramo N°2 Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

PVI	Progresivas	Elevación [m]	i [%]	Distancia [m]	Longitud curva
Inicio	0+000.000	2087.418	1.360	190.013	0.000
1	0+189.995	2090.000	8.080	280.913	50.000
2	0+469.995	2112.617	-9.010	162.842	70.000
3	0+632.180	2098.000	-4.580	568.415	50.000
4	1+200.000	2072.000	-8.710	190.714	40.000
5	1+389.995	2055.461	7.650	190.555	55.000
6	1+579.995	2070.000	-0.680	370.009	60.000
7	1+949.995	2067.479	-1.990	106.496	40.000
8	2+056.470	2065.363	-8.210	126.631	50.000
9	2+182.676	2055.000	8.650	255.302	50.000
10	2+437.028	2077.000	-6.220	193.340	60.000
11	2+629.995	2065.000	-2.560	370.121	55.000
12	2+999.995	2055.521	0.530	167.095	45.000

PVI	Progresivas	Elevación [m]	i [%]	Distancia [m]	Longitud curva
13	3+167.088	2056.408	-2.060	346.668	50.000
14	3+513.682	2049.259	-9.100	234.745	55.000
15	3+747.461	2027.990	-1.350	147.840	50.000
16	3+895.288	2026.000	6.420	89.511	40.000
17	3+984.615	2031.734	-1.200	144.702	40.000
18	4+129.307	2030.000	-5.110	110.832	45.000
19	4+239.995	2024.340	1.420	90.009	40.000
20	4+329.995	2025.615	-0.840	253.075	40.000
Fin	4+583.061	2023.484			

Elaboración: propia

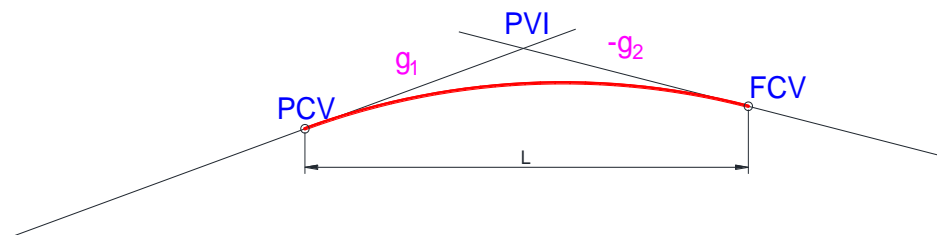
2.4.4.2. Diseño de curvas verticales.

El diseño de curvas verticales se lo realizo de acuerdo al manual de diseño geométrico de carreteras a.b.c., es decir se respetaron los parámetros de distancia de visibilidad para parar y la longitud mínima.

A continuación, se muestra el detalle de cálculo de las curvas verticales N° 1 (convexa) y la curva vertical N° 2 (cóncava), el detalle de las demás curvas verticales se muestra en el anexo 5.

i. Diseño curva vertical N° 1.

Figura N° 25. Esquema de partes de una curva vertical convexa (cima)



• Datos.

Pendiente de entrada.	$g_1 =$	7.110 %
Pendiente de salida.	$g_2 =$	-1.940 %
Diferencia de pendientes.	$P(\%) =$	9.050 > 0.500% Diseñar curva vertical
Diferencia de pendientes.	$P(\text{decimal}) =$	0.091

- Calculo longitud mínima.

Distancia de visibilidad para parar.

$$d_o = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

Donde:

Velocidad de proyecto.	V=	30.000	km/h
Tiempo de percepción.	t=	2.000	s
Coefficiente de fricción.	f=	0.420	
Pendiente de entrada.	i=	7.110	%
Distancia de visibilidad para parar.	do=	23.882	m

Longitud mínima.

Caso 1: $d_o < L_{min}$

$$L_{min} = \frac{P * d_o^2}{2 * (\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}$$

Donde:

Altura media del ojo del conductor para in vehículo liviano	H=	1.140
Altura del chasis u objeto en plataforma	h=	0.150
Longitud mínima de curva vertical	L_{min} =	15.510 m

Caso 2: $d_o > L_{min}$

$$L_{min} = 2 * d_o - \frac{2 * (\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}{P}$$

Donde:

Altura media del ojo del conductor para in vehículo liviano	H=	1.140
Altura del chasis u objeto en plataforma	h=	0.150
Longitud mínima de curva vertical	L_{min} =	0.980 m

Se asume una longitud de curva vertical igual a:

$$L = 20.000 \text{ m}$$

- Planilla de replanteo.

La planilla de replanteo se obtiene usando la siguiente ecuación.

Curva simétrica.

$$y = \frac{P * x^2}{2 * L}$$

Donde:

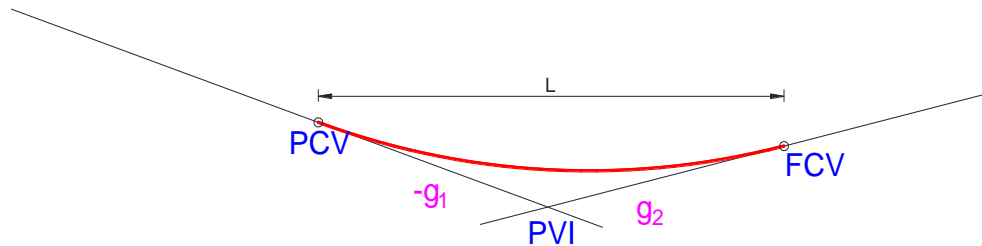
Longitud de curva vertical	L =	20.000 m
Longitud de entrada	L1 =	10.000 m
Longitud de salida	L2 =	10.000 m
Pendiente de entrada	g1	7.110 %
Pendiente de salida	g2	-1.940 %
Diferencia de pendientes	P (%) =	9.050
Diferencia de pendientes	p (decimal) =	0.091 m/m
Punto de intersección vertical	PVI =	2008.365 m.s.n.m.

Cuadro N° 72. Planilla de replante curva vertical N°1.

Punto	Progresivas	Dist. Acum. (m)	Dist. Parcial (m)	Deflexión(y)	Cota rasante	Cota curva
PCV	0+30.564	0.000	10.00	0.000	2007.654	2007.654
	0+35.000	4.436	9.436	0.045	2007.694	2007.650
	0+40.000	9.436	4.436	0.201	2008.050	2007.858
PVI	0+40.564	10.000	0.000	0.226	2008.375	2008.139
	0+45.000	5.564	0.564	0.070	2008.386	2008.306
	0+50.000	0.564	5.564	0.001	2008.473	2008.472
FCV	0+50.564	0.000	10.000	0.000	2008.559	2008.559

ii. Diseño curva vertical N° 2.

Figura N° 26. Esquema de partes de una curva vertical cóncava (columpio)



• Datos.

Pendiente de entrada $g_1 = -1.940 \%$ Pendiente de salida $g_2 = 5.840 \%$ Diferencia de pendientes $P(\%) = 7.780 > 0.500\%$ Diseñar curva verticalDiferencia de pendientes $P(\text{decimal}) = 0.078$

• Cálculo longitud mínima.

Distancia de visibilidad para parar.

$$d_o = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

Donde:

Velocidad de proyecto $V = 30.000 \text{ km/h}$ Tiempo de percepción $t = 2.000 \text{ s}$ Coeficiente de fricción $f = 0.420$ Pendiente de entrada $i = -1.940 \%$ Distancia de visibilidad para parar $d_o = 25.512 \text{ m}$

Longitud mínima.

Caso 1: $d_o < L_{\min}$

$$L_{min} = \frac{P * d_o^2}{2 * (H_1 + d_o * \tan \alpha)}$$

Donde:

Altura de cono luminoso del vehículo	H ₁ =	0.600 m
Angulo del cono luminoso del vehículo	α=	1.000 °
Longitud mínima de curva vertical	L _{min} =	24.220 m

Caso 2: $d_o > L_{min}$

$$L_{min} = 2 * d_o - \frac{2 * (H_1 + d_o * \tan \alpha)}{P}$$

Donde:

Altura de cono luminoso del vehículo	H ₁ =	0.600 m
Angulo del cono luminoso del vehículo	α=	1.000 °
Longitud mínima de curva vertical	L _{min} =	24.150 m

- Planilla de replanteo.

La planilla de replanteo se obtiene usando la siguiente ecuación.

Curva simétrica.

$$y = \frac{P * x^2}{2 * L}$$

Donde:

Longitud de curva vertical	L=	25.000 m
Longitud de entrada	L1 =	12.500 m
Longitud de salida	L2 =	12.500 m
Pendiente de entrada	g1	-1.940 %
Pendiente de salida	g2	5.840 %
Diferencia de pendientes	P (%) =	7.780
Diferencia de pendientes	p (decimal) =	0.078 m/m
Punto de intersección vertical	PVI=	2006.644 m.s.n.m.

Cuadro N° 73. Planilla de replante curva vertical N°2.

Punto	Progresivas	Dist. Acum. (m)	Dist. Parcial (m)	Deflexión(y)	Cota rasante	Cota curva
PCV	0+116.714	0.000	12.50	0.000	2006.887	2006.887
	0+120.000	3.286	8.286	0.017	2006.805	2006.822
	0+125.000	8.286	3.286	0.107	2006.708	2006.815
PVI	0+129.214	12.500	0.000	0.243	2006.644	2006.887
	0+135.000	6.714	1.714	0.070	2006.544	2006.614
	0+140.000	1.714	6.714	0.005	2006.252	2006.256
FCV	0+141.714	0.000	12.500	0.000	2005.914	2005.914

A continuación, se presente un cuadro con el resumen de diseño de todas las curvas verticales.

Cuadro N° 74. Elementos de curvas verticales tramo N°1: Rancho Norte - Santa Bárbara Grande.

Elementos de curvas verticales tramo 1: Rancho Norte - Santa Bárbara grande				
N° PI	L (m)	K	E	Tipo de Curva
1	20.000	2.210	-0.230	Convexo
2	25.000	3.210	0.240	Cóncavo
3	40.000	9.600	-0.210	Convexo
4	25.000	4.040	0.190	Cóncavo
5	60.000	10.210	-0.440	Convexo
6	50.000	30.150	0.100	Cóncavo
7	30.000	6.950	-0.160	Convexo
8	30.000	3.370	0.330	Cóncavo
9	30.000	6.400	-0.180	Convexo
10	40.000	7.000	0.290	Cóncavo

Elaboración: propia

Cuadro N° 75. Replanteo de curvas verticales tramo N°1: Rancho Norte - Santa Bárbara Grande.

Elementos de curvas verticales tramo 1: Rancho Norte - Santa Bárbara Brande						
N° PI	Progresivas			Elevación		
	PCV	PVI	FCV	PCV	PVI	FCV
1	0+030.564	0+040.564	0+050.564	2,007.650	2,008.140	2,008.170
2	0+116.714	0+129.214	0+141.714	2,006.890	2,006.890	2,007.370
3	0+229.214	0+249.214	0+269.214	2,012.480	2,013.440	2,013.990

Elementos de curvas verticales tramo 1: Rancho Norte - Santa Bárbara Brande						
Nº PI	Progresivas			Elevación		
	PCV	PVI	FCV	PCV	PVI	FCV
4	0+386.714	0+399.214	0+411.714	2,015.950	2,016.350	2,017.140
5	0+604.804	0+634.804	0+664.804	2,032.320	2,034.240	2,035.270
6	1+039.774	1+064.774	1+089.774	2,042.710	2,043.310	2,044.110
7	2+234.214	2+249.214	2+264.214	2,085.780	2,086.160	2,086.220
8	2+324.214	2+339.214	2+354.214	2,085.810	2,086.050	2,086.950
9	2+454.214	2+469.214	2+484.214	2,095.170	2,096.230	2,096.930
10	2+579.214	2+599.214	2+619.214	2,100.290	2,101.290	2,102.850

Elaboración: propia

Cuadro N° 76. Elementos de curvas verticales tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

Elementos de curvas verticales tramo 2: Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza				
Nº PI	L (m)	K	E	Tipo de curva
1	50.000	7.440	0.420	Cóncavo
2	70.000	4.100	-1.500	Convexo
3	50.000	11.280	0.280	Cóncavo
4	40.000	9.700	-0.210	Convexo
5	55.000	3.360	1.130	Cóncavo
6	60.000	7.200	-0.630	Convexo
7	40.000	30.620	-0.070	Convexo
8	50.000	8.030	-0.390	Convexo
9	50.000	2.970	1.050	Cóncavo
10	60.000	4.040	-1.120	Convexo
11	55.000	15.040	0.250	Cóncavo
12	45.000	14.550	0.170	Cóncavo
13	50.000	19.280	-0.160	Convexo
14	55.000	7.820	-0.480	Convexo
15	50.000	6.450	0.480	Cóncavo
16	40.000	5.150	0.390	Cóncavo
17	40.000	5.250	-0.380	Convexo
18	45.000	11.500	-0.220	Convexo
19	40.000	6.130	0.330	Cóncavo
20	40.000	17.710	-0.110	Convexo

Elaboración: propia

Cuadro N° 77. Replanteo de curvas verticales tramo N° 2: Santa Bárbara Grande – Erquiz Oropeza.

Elementos de curvas verticales tramo 2: Santa Bárbara Grande - Erquiz Oropeza						
N° PI	Progresivas			Elevación		
	VPC	VPI	VPT	VPC	VPI	VPT
1	0+165.000	0+190.000	0+215.000	2,089.660	2,090.420	2,092.020
2	0+435.000	0+470.000	0+505.000	2,109.790	2,111.120	2,109.460
3	0+607.180	0+632.180	0+657.180	2,100.250	2,098.280	2,096.860
4	1+180.000	1+200.000	1+220.000	2,072.920	2,071.790	2,070.260
5	1+362.500	1+390.000	1+417.500	2,057.860	2,056.590	2,057.570
6	1+550.000	1+580.000	1+610.000	2,067.700	2,069.380	2,069.800
7	1+930.000	1+950.000	1+970.000	2,067.620	2,067.410	2,067.080
8	2+031.480	2+056.480	2+081.480	2,065.860	2,064.970	2,063.310
9	2+157.680	2+182.680	2+207.680	2,057.050	2,056.050	2,057.160
10	2+407.030	2+437.030	2+467.030	2,074.410	2,075.890	2,075.130
11	2+602.500	2+630.000	2+657.500	2,066.710	2,065.250	2,064.300
12	2+977.500	3+000.000	3+022.500	2,056.100	2,055.700	2,055.640
13	3+142.090	3+167.090	3+192.090	2,056.280	2,056.250	2,055.890
14	3+486.190	3+513.690	3+541.190	2,049.830	2,048.780	2,046.760
15	3+722.470	3+747.470	3+772.470	2,030.270	2,028.480	2,027.650
16	3+875.290	3+895.290	3+915.290	2,026.270	2,026.390	2,027.280
17	3+964.620	3+984.620	4+004.620	2,030.450	2,031.350	2,031.490
18	4+106.810	4+129.310	4+151.810	2,030.270	2,029.780	2,028.850
19	4+220.000	4+240.000	4+260.000	2,025.360	2,024.670	2,024.620
20	4+310.000	4+330.000	4+350.000	2,025.330	2,025.500	2,025.450

Elaboración: propia

2.4.5. Sección transversal.

2.4.5.1. Ancho de plataforma.

El ancho de los carriles de circulación proviene, generalmente, de adicionar el ancho del vehículo tipo de proyecto adoptado o ancho de seguridad. Ese ancho de seguridad depende de la velocidad directriz, de la categoría del tramo de carretera y de que la calzada tenga uno o ambos sentidos de circulación.

Con la anterior premisa para proyecto la categoría de la vía es camino en desarrollo con una velocidad de proyecto de 30 km/h entrando a la tabla 3.1-1 del manual de

diseño geométrico de la a.b.c se define el ancho total de plataforma en 5.000 m con dos carriles de 2.500 m con bermas de 0.500m.

2.4.5.2. Pendiente transversal de la calzada.

La pendiente trasversal de la calzada se adopta según el siguiente cuadro.

Cuadro N° 78. Bombeos de la calzada [%].

Tipo de superficie	Pendiente transversal	
	$(I_{10}) \leq 15.000 \text{ mm/h}$	$(I_{10}) \geq 15.000 \text{ mm/h}$
Pav. De hormigón o asfalto	2.000	2.500
Tratamiento superficial	3.000	3.500
Tierra, grava, chancado	3.000 -3.500	3.500 - 4.000

Fuente: manual de diseño geométrico a.b.c.

Elaboración: propia

Para una intensidad máximas de periodo de retorno $t=10$ años según el estudio hidrológico la pendiente transversal de la calzada es igual a $b = 2.500 \%$

2.4.5.3. Costados de camino.

2.4.5.3.1. Sección cunetas.

Para las cunetas de corte se han propuesto secciones del tipo triangular con revestimiento de hormigón; con talud del lado del camino de 1:2

2.4.5.3.2. Taludes

Si bien para el diseño se ha adoptado una velocidad directriz de 30.000 km/h, un vehículo desviado accidentalmente de la plataforma a tales velocidades, es probable que vuelque si se desplaza por taludes empinados. Además, a mayor talud, mayor posibilidad de erosión por efecto del agua de lluvia y viento.

En lo posible, dentro de las restricciones económicas, sería deseable diseñar taludes y cunetas más tendidos que los habitualmente utilizados.

De acuerdo con la experiencia mundial, el mayor costo del movimiento de suelos será compensado por el ahorro de muertos, heridos y pérdidas materiales debidas a los accidentes viales.

Considerando las condiciones topográficas de la zona, con largos tramos de sección en ladera que presentan taludes naturales muy empinados, los mismos que representan los mayores peligros para los conductores, es previsible que el uso de taludes menos empinados no aumente sustancialmente la seguridad para los conductores.

Talud de relleno.

Según el manual de diseño geométrico del a.b.c. el talud de relleno se puede definir desde el punto de vista de su estabilidad un talud máximo de 1:1.5 (V:H) y desde el punto de vista de la seguridad vial inclinaciones comprendidas entre 1:3 y 1:4 (V:H). El tipo de terreno identificado en el estudio de suelos los tipos de suelos según clasificación AASHTO son a-2-4₍₀₎, a-2-5₍₀₎, a-2-6₍₀₎, los cuales son gravas con arena y limo que tienen un ángulo de fricción interna $\phi = 30^\circ$ el cual permiten los taludes mencionados, el talud de relleno adoptado es de 1:1.5 (V:H) debido a que serán menos costo de ejecución

Talud de corte.

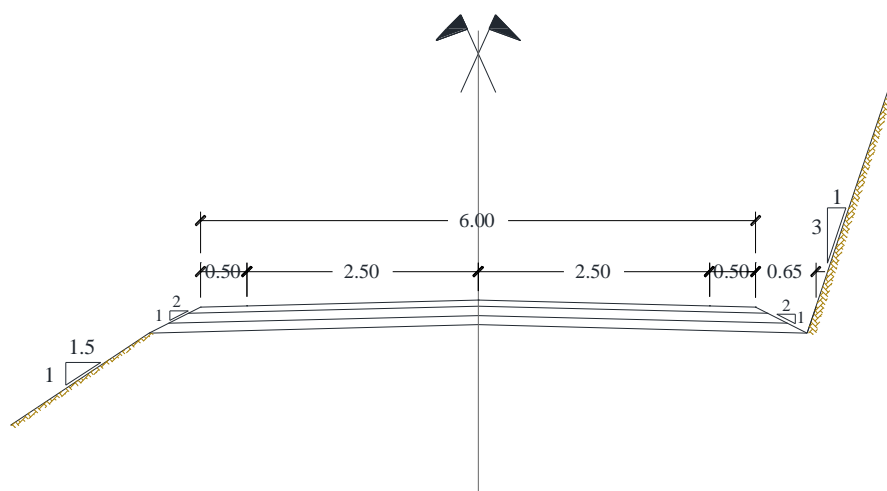
Según el manual de diseño geométrico del a.b.c. los taludes de corte deben de ser del orden del 4%, vertiendo hacia la pared del corte si son permanentes y no superiores al 5 H: 1V, vertiendo hacia la plataforma, si son transitorios. Un talud de corte puede presentar uno o más bancos, el estudio de suelo realizado es válido hasta la profundidad de 1.5 metros, debido a que el corte es variable y en la mayoría del tramo supera los 1.5m de profundidad no se puede saber con exactitud el tipo de suelo, debido esto por seguridad y para tener un menor costo de ejecución se establece un talud de corte de 3H: 1V, el cual está dentro del límite establecido por el a.b.c.

Por lo indicado anteriormente, en el proyecto se propone utilizar un talud 3V: 1H para talud de corte con banquina a los 10 m de altura y 1V:1.5H talud de relleno con banquina a los 8 m de altura, ancho de banquina 3 m, y pendiente 3%.

Cuadro N° 79. Dimensiones sección transversal.

Descripción	Parámetro
Ancho de pista	2.500m
Ancho de berma	0.500m
Ancho total plataforma	6.000m
Pendiente transversal	2.500m
Talud de relleno	1V : 1.5H
Talud de corte	3V : 1H

Figura N° 27. Sección transversal de la carretera.



2.4.6. Movimiento de tierras.

Se realizó el cálculo de volúmenes, integrando las áreas de corte y relleno cada 20m en tramos de tangente y cada 5m en curvas, con el programa informático AutoCAD civil 3D, cuyo cálculo se muestra a continuación.

Cuadro N° 80. Movimiento de tierras tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
0+000.000	16.800	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+011.896	17.320	0.000	202.960	0.000	0.000	202.960	0.000	202.960
0+020.000	15.710	0.000	133.840	0.000	0.000	336.800	0.000	336.800
0+023.896	14.450	0.000	58.740	0.000	0.000	395.540	0.000	395.540
0+026.896	13.140	0.000	41.390	0.000	0.000	436.930	0.000	436.930
0+027.897	12.620	0.000	12.890	0.000	0.000	449.820	0.000	449.820
0+030.000	11.310	0.000	25.300	0.000	0.000	475.120	0.000	475.120
0+035.896	6.910	0.000	53.840	0.000	0.000	528.960	0.000	528.960

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
0+040.000	3.870	0.000	22.040	0.000	0.000	551.000	0.000	551.000
0+040.301	3.750	0.000	1.140	0.000	0.000	552.140	0.000	552.140
0+044.705	4.840	0.000	18.820	0.000	0.000	570.960	0.000	570.960
0+050.000	7.730	0.000	33.290	0.000	0.000	604.250	0.000	604.250
0+052.705	9.530	0.000	23.440	0.000	0.000	627.690	0.000	627.690
0+053.705	10.190	0.000	9.870	0.000	0.000	637.560	0.000	637.560
0+056.705	12.240	0.000	33.650	0.000	0.000	671.210	0.000	671.210
0+060.000	14.660	0.000	44.320	0.000	0.000	715.530	0.000	715.530
0+068.705	21.080	0.000	155.590	0.000	0.000	871.120	0.000	871.120
0+080.000	23.580	0.000	252.210	0.000	0.000	1,123.330	0.000	1,123.330
0+080.705	22.210	0.000	16.150	0.000	0.000	1,139.480	0.000	1,139.480
0+083.705	14.900	0.000	55.660	0.000	0.000	1,195.140	0.000	1,195.140
0+098.067	3.730	0.000	133.770	0.000	0.000	1,328.910	0.000	1,328.910
0+100.000	3.740	0.000	7.220	0.000	0.000	1,336.130	0.000	1,336.130
0+101.067	3.740	0.000	3.990	0.000	0.000	1,340.120	0.000	1,340.120
0+113.067	3.430	0.000	43.050	0.000	0.000	1,383.170	0.000	1,383.170
0+120.000	4.330	0.360	26.920	1.240	1.488	1,410.090	1.488	1,408.602
0+125.067	2.170	0.510	16.480	2.200	2.640	1,426.570	4.128	1,422.442
0+128.067	1.320	0.810	5.230	1.980	2.376	1,431.800	6.504	1,425.296
0+129.068	0.830	0.890	1.070	0.850	1.020	1,432.870	7.524	1,425.346
0+130.000	0.660	0.700	0.690	0.740	0.888	1,433.560	8.412	1,425.148
0+137.067	2.400	0.020	10.530	2.640	3.168	1,444.090	11.580	1,432.510
0+140.000	2.990	0.000	7.740	0.040	0.048	1,451.830	11.628	1,440.202
0+150.000	4.010	0.000	34.540	0.000	0.000	1,486.370	11.628	1,474.742
0+156.389	6.250	0.000	32.060	0.000	0.000	1,518.430	11.628	1,506.802
0+160.000	3.070	0.470	16.240	0.850	1.020	1,534.670	12.648	1,522.022
0+170.000	1.340	4.720	21.060	26.570	31.884	1,555.730	44.532	1,511.198
0+175.710	1.340	6.420	7.310	32.740	39.288	1,563.040	83.820	1,479.220
0+180.000	1.590	6.820	6.010	29.410	35.292	1,569.050	119.112	1,449.938
0+183.710	1.850	6.140	6.120	25.000	30.000	1,575.170	149.112	1,426.058
0+200.000	0.000	2.260	15.110	68.400	82.080	1,590.280	231.192	1,359.088
0+213.738	12.660	0.000	86.970	15.510	18.612	1,677.250	249.804	1,427.446
0+213.994	13.240	0.000	3.310	0.000	0.000	1,680.560	249.804	1,430.756
0+220.000	30.770	0.000	106.680	0.000	0.000	1,787.240	249.804	1,537.436
0+226.698	46.140	0.000	207.020	0.000	0.000	1,994.260	249.804	1,744.456
0+230.000	43.560	0.000	120.220	0.000	0.000	2,114.480	249.804	1,864.676
0+239.402	35.810	0.000	314.800	0.000	0.000	2,429.280	249.804	2,179.476
0+239.658	35.280	0.000	9.090	0.000	0.000	2,438.370	249.804	2,188.566
0+240.000	34.700	0.000	11.960	0.000	0.000	2,450.330	249.804	2,200.526
0+248.913	18.410	0.000	236.670	0.000	0.000	2,687.000	249.804	2,437.196
0+250.000	16.260	0.000	19.240	0.000	0.000	2,706.240	249.804	2,456.436
0+258.433	5.280	0.000	92.170	0.000	0.000	2,798.410	249.804	2,548.606
0+259.006	5.170	0.000	2.990	0.000	0.000	2,801.400	249.804	2,551.596
0+259.578	5.050	0.000	2.920	0.000	0.000	2,804.320	249.804	2,554.516

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
0+260.000	4.960	0.000	2.110	0.000	0.000	2,806.430	249.804	2,556.626
0+269.099	2.650	0.000	34.760	0.000	0.000	2,841.190	249.804	2,591.386
0+280.000	0.370	0.120	16.440	0.650	0.780	2,857.630	250.584	2,607.046
0+300.000	0.060	0.610	4.270	7.320	8.784	2,861.900	259.368	2,602.532
0+320.000	0.610	0.390	6.730	10.040	12.048	2,868.630	271.416	2,597.214
0+333.697	0.000	1.700	4.210	14.300	17.160	2,872.840	288.576	2,584.264
0+336.697	0.000	2.210	0.000	5.860	7.032	2,872.840	295.608	2,577.232
0+340.000	0.000	2.850	0.000	8.350	10.020	2,872.840	305.628	2,567.212
0+348.697	0.090	5.980	0.410	38.370	46.044	2,873.250	351.672	2,521.578
0+358.698	0.530	13.860	3.100	99.200	119.040	2,876.350	470.712	2,405.638
0+360.000	0.520	14.540	0.680	18.490	22.188	2,877.030	492.900	2,384.130
0+363.697	0.170	13.600	1.240	53.120	63.744	2,878.270	556.644	2,321.626
0+370.000	0.000	10.520	0.520	77.140	92.568	2,878.790	649.212	2,229.578
0+375.311	0.000	9.870	0.000	54.510	65.412	2,878.790	714.624	2,164.166
0+380.000	0.000	9.130	0.000	44.540	53.448	2,878.790	768.072	2,110.718
0+386.924	0.000	7.940	0.000	58.830	70.596	2,878.790	838.668	2,040.122
0+390.000	0.000	7.350	0.000	23.340	28.008	2,878.790	866.676	2,012.114
0+391.923	0.000	7.100	0.000	13.900	16.680	2,878.790	883.356	1,995.434
0+400.000	0.320	0.850	1.290	32.090	38.508	2,880.080	921.864	1,958.216
0+401.924	1.040	0.060	1.310	0.870	1.044	2,881.390	922.908	1,958.482
0+413.924	11.710	0.000	76.490	0.370	0.444	2,957.880	923.352	2,034.528
0+416.924	11.490	0.000	34.790	0.000	0.000	2,992.670	923.352	2,069.318
0+420.000	11.270	0.000	35.000	0.000	0.000	3,027.670	923.352	2,104.318
0+440.000	13.410	0.000	246.830	0.000	0.000	3,274.500	923.352	2,351.148
0+460.000	14.240	0.000	276.540	0.000	0.000	3,551.040	923.352	2,627.688
0+472.670	7.300	0.000	136.470	0.000	0.000	3,687.510	923.352	2,764.158
0+475.765	4.280	0.000	17.920	0.000	0.000	3,705.430	923.352	2,782.078
0+480.000	1.440	0.050	12.110	0.110	0.132	3,717.540	923.484	2,794.056
0+488.146	1.410	0.640	11.640	2.830	3.396	3,729.180	926.880	2,802.300
0+496.813	2.250	0.850	15.870	6.480	7.776	3,745.050	934.656	2,810.394
0+500.000	2.800	0.000	8.120	1.330	1.596	3,753.170	936.252	2,816.918
0+500.527	3.250	0.000	1.590	0.000	0.000	3,754.760	936.252	2,818.508
0+501.146	3.870	0.000	2.200	0.000	0.000	3,756.960	936.252	2,820.708
0+503.622	5.440	0.000	11.530	0.000	0.000	3,768.490	936.252	2,832.238
0+505.255	5.250	0.000	8.730	0.000	0.000	3,777.220	936.252	2,840.968
0+506.889	5.110	0.000	8.460	0.000	0.000	3,785.680	936.252	2,849.428
0+509.365	4.890	0.000	12.380	0.000	0.000	3,798.060	936.252	2,861.808
0+509.984	4.840	0.000	3.010	0.000	0.000	3,801.070	936.252	2,864.818
0+510.000	4.840	0.000	0.080	0.000	0.000	3,801.150	936.252	2,864.898
0+513.698	4.530	0.000	17.280	0.000	0.000	3,818.430	936.252	2,882.178
0+520.000	4.050	0.000	27.010	0.000	0.000	3,845.440	936.252	2,909.188
0+522.365	3.890	0.000	9.380	0.000	0.000	3,854.820	936.252	2,918.568
0+534.746	2.150	0.000	37.400	0.000	0.000	3,892.220	936.252	2,955.968
0+537.841	1.500	0.000	5.650	0.000	0.000	3,897.870	936.252	2,961.618

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
0+540.000	1.020	0.000	2.720	0.000	0.000	3,900.590	936.252	2,964.338
0+560.000	4.160	0.000	51.790	0.000	0.000	3,952.380	936.252	3,016.128
0+574.306	7.200	0.000	81.220	0.000	0.000	4,033.600	936.252	3,097.348
0+577.269	7.620	0.000	21.950	0.000	0.000	4,055.550	936.252	3,119.298
0+580.000	7.910	0.000	21.210	0.000	0.000	4,076.760	936.252	3,140.508
0+589.121	9.180	0.000	77.960	0.000	0.000	4,154.720	936.252	3,218.468
0+599.788	8.480	0.000	94.220	0.000	0.000	4,248.940	936.252	3,312.688
0+600.000	8.450	0.000	1.790	0.000	0.000	4,250.730	936.252	3,314.478
0+600.973	8.320	0.000	8.160	0.000	0.000	4,258.890	936.252	3,322.638
0+603.936	7.880	0.000	23.960	0.000	0.000	4,282.850	936.252	3,346.598
0+605.121	7.630	0.000	9.190	0.000	0.000	4,292.040	936.252	3,355.788
0+610.000	6.350	0.000	34.010	0.000	0.000	4,326.050	936.252	3,389.798
0+613.291	3.300	0.010	15.850	0.020	0.024	4,341.900	936.276	3,405.624
0+620.000	2.110	0.000	18.200	0.040	0.048	4,360.100	936.324	3,423.776
0+621.461	1.800	0.000	2.860	0.000	0.000	4,362.960	936.324	3,426.636
0+622.646	1.540	0.000	1.980	0.000	0.000	4,364.940	936.324	3,428.616
0+625.609	0.920	0.000	3.680	0.000	0.000	4,368.620	936.324	3,432.296
0+626.794	0.760	0.040	1.000	0.030	0.036	4,369.620	936.360	3,433.260
0+637.461	0.330	0.700	5.790	3.970	4.764	4,375.410	941.124	3,434.286
0+640.000	0.340	0.690	0.850	1.770	2.124	4,376.260	943.248	3,433.012
0+649.313	0.400	0.170	3.420	4.010	4.812	4,379.680	948.060	3,431.620
0+652.276	0.220	1.490	0.910	2.450	2.940	4,380.590	951.000	3,429.590
0+660.000	0.510	0.750	2.810	8.640	10.368	4,383.400	961.368	3,422.032
0+680.000	3.050	0.000	35.570	7.510	9.012	4,418.970	970.380	3,448.590
0+700.000	5.280	0.000	83.290	0.000	0.000	4,502.260	970.380	3,531.880
0+720.000	5.330	0.000	106.160	0.000	0.000	4,608.420	970.380	3,638.040
0+740.000	5.080	0.000	104.160	0.000	0.000	4,712.580	970.380	3,742.200
0+760.000	4.650	0.000	97.330	0.000	0.000	4,809.910	970.380	3,839.530
0+780.000	4.350	0.000	90.040	0.000	0.000	4,899.950	970.380	3,929.570
0+800.000	3.380	0.000	77.330	0.000	0.000	4,977.280	970.380	4,006.900
0+820.000	2.300	0.000	56.830	0.000	0.000	5,034.110	970.380	4,063.730
0+840.000	4.010	0.000	63.100	0.000	0.000	5,097.210	970.380	4,126.830
0+860.000	5.180	0.000	91.820	0.000	0.000	5,189.030	970.380	4,218.650
0+880.000	4.210	0.000	93.900	0.000	0.000	5,282.930	970.380	4,312.550
0+900.000	3.350	0.000	75.610	0.000	0.000	5,358.540	970.380	4,388.160
0+920.000	3.480	0.000	68.260	0.000	0.000	5,426.800	970.380	4,456.420
0+940.000	4.070	0.000	75.490	0.000	0.000	5,502.290	970.380	4,531.910
0+960.000	4.140	0.000	82.110	0.000	0.000	5,584.400	970.380	4,614.020
0+980.000	4.160	0.000	82.980	0.000	0.000	5,667.380	970.380	4,697.000
1+000.000	4.140	0.000	82.950	0.000	0.000	5,750.330	970.380	4,779.950
1+020.000	3.880	0.000	80.130	0.000	0.000	5,830.460	970.380	4,860.080
1+040.000	3.730	0.000	76.080	0.000	0.000	5,906.540	970.380	4,936.160
1+060.000	4.090	0.000	78.220	0.000	0.000	5,984.760	970.380	5,014.380
1+080.000	3.510	0.000	76.000	0.000	0.000	6,060.760	970.380	5,090.380

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
1+100.000	2.010	0.000	55.230	0.000	0.000	6,115.990	970.380	5,145.610
1+120.000	2.630	0.000	46.410	0.000	0.000	6,162.400	970.380	5,192.020
1+140.000	0.300	0.120	29.250	1.190	1.428	6,191.650	971.808	5,219.842
1+154.256	0.000	1.350	2.110	10.500	12.600	6,193.760	984.408	5,209.352
1+157.360	0.000	1.680	0.000	4.710	5.652	6,193.760	990.060	5,203.700
1+160.000	0.000	1.840	0.000	4.650	5.580	6,193.760	995.640	5,198.120
1+169.773	0.000	1.700	0.000	17.270	20.724	6,193.760	1,016.364	5,177.396
1+180.000	0.000	1.680	0.000	17.260	20.712	6,193.760	1,037.076	5,156.684
1+181.774	0.000	1.690	0.000	2.990	3.588	6,193.760	1,040.664	5,153.096
1+182.187	0.000	1.690	0.000	0.700	0.840	6,193.760	1,041.504	5,152.256
1+185.291	0.000	1.680	0.000	5.200	6.240	6,193.760	1,047.744	5,146.016
1+186.200	0.000	1.670	0.000	1.520	1.824	6,193.760	1,049.568	5,144.192
1+186.987	0.000	1.670	0.000	1.320	1.584	6,193.760	1,051.152	5,142.608
1+187.773	0.000	1.680	0.000	1.320	1.584	6,193.760	1,052.736	5,141.024
1+188.683	0.000	1.690	0.000	1.530	1.836	6,193.760	1,054.572	5,139.188
1+190.000	0.000	1.700	0.000	2.230	2.676	6,193.760	1,057.248	5,136.512
1+191.786	0.000	1.710	0.000	3.040	3.648	6,193.760	1,060.896	5,132.864
1+192.199	0.000	1.710	0.000	0.710	0.852	6,193.760	1,061.748	5,132.012
1+200.000	0.030	0.850	0.110	9.950	11.940	6,193.870	1,073.688	5,120.182
1+204.200	0.280	0.440	0.660	2.700	3.240	6,194.530	1,076.928	5,117.602
1+216.614	1.750	0.170	12.610	3.780	4.536	6,207.140	1,081.464	5,125.676
1+219.717	2.030	0.120	5.870	0.460	0.552	6,213.010	1,082.016	5,130.994
1+220.000	2.060	0.120	0.580	0.030	0.036	6,213.590	1,082.052	5,131.538
1+240.000	3.580	0.000	56.330	1.200	1.440	6,269.920	1,083.492	5,186.428
1+260.000	7.060	0.000	106.330	0.000	0.000	6,376.250	1,083.492	5,292.758
1+269.296	5.810	0.000	59.830	0.000	0.000	6,436.080	1,083.492	5,352.588
1+272.296	5.680	0.000	17.250	0.000	0.000	6,453.330	1,083.492	5,369.838
1+280.000	5.230	0.000	42.060	0.000	0.000	6,495.390	1,083.492	5,411.898
1+284.296	4.990	0.000	21.970	0.000	0.000	6,517.360	1,083.492	5,433.868
1+296.296	5.660	0.000	63.920	0.000	0.000	6,581.280	1,083.492	5,497.788
1+298.297	5.870	0.000	11.540	0.000	0.000	6,592.820	1,083.492	5,509.328
1+299.296	5.980	0.000	5.920	0.000	0.000	6,598.740	1,083.492	5,515.248
1+300.000	6.060	0.000	4.240	0.000	0.000	6,602.980	1,083.492	5,519.488
1+305.296	6.550	0.000	33.170	0.000	0.000	6,636.150	1,083.492	5,552.658
1+310.000	6.770	0.000	31.110	0.000	0.000	6,667.260	1,083.492	5,583.768
1+312.960	6.860	0.000	20.050	0.000	0.000	6,687.310	1,083.492	5,603.818
1+320.000	6.560	0.000	46.950	0.000	0.000	6,734.260	1,083.492	5,650.768
1+320.624	6.520	0.000	4.080	0.000	0.000	6,738.340	1,083.492	5,654.848
1+326.624	5.910	0.000	37.090	0.000	0.000	6,775.430	1,083.492	5,691.938
1+327.623	5.790	0.000	5.850	0.000	0.000	6,781.280	1,083.492	5,697.788
1+329.624	5.560	0.000	11.360	0.000	0.000	6,792.640	1,083.492	5,709.148
1+340.000	4.800	0.000	53.790	0.000	0.000	6,846.430	1,083.492	5,762.938
1+341.624	4.740	0.000	7.750	0.000	0.000	6,854.180	1,083.492	5,770.688
1+353.624	3.600	0.000	50.050	0.000	0.000	6,904.230	1,083.492	5,820.738

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
1+356.624	3.510	0.000	10.650	0.000	0.000	6,914.880	1,083.492	5,831.388
1+360.000	3.400	0.000	11.650	0.000	0.000	6,926.530	1,083.492	5,843.038
1+380.000	2.720	0.000	61.150	0.000	0.000	6,987.680	1,083.492	5,904.188
1+400.000	2.740	0.000	54.600	0.000	0.000	7,042.280	1,083.492	5,958.788
1+400.384	2.760	0.000	1.060	0.000	0.000	7,043.340	1,083.492	5,959.848
1+403.352	2.890	0.000	8.390	0.000	0.000	7,051.730	1,083.492	5,968.238
1+415.227	2.170	0.000	30.030	0.000	0.000	7,081.760	1,083.492	5,998.268
1+420.000	1.820	0.000	9.510	0.000	0.000	7,091.270	1,083.492	6,007.778
1+427.102	1.280	0.000	11.000	0.000	0.000	7,102.270	1,083.492	6,018.778
1+427.895	1.220	0.000	0.990	0.000	0.000	7,103.260	1,083.492	6,019.768
1+430.000	1.070	0.000	2.380	0.000	0.000	7,105.640	1,083.492	6,022.148
1+430.071	1.060	0.000	0.080	0.000	0.000	7,105.720	1,083.492	6,022.228
1+434.227	0.770	0.050	3.740	0.100	0.120	7,109.460	1,083.612	6,025.848
1+435.525	0.640	0.090	0.920	0.090	0.108	7,110.380	1,083.720	6,026.660
1+436.822	0.560	0.120	0.780	0.140	0.168	7,111.160	1,083.888	6,027.272
1+440.000	0.470	0.160	1.590	0.460	0.552	7,112.750	1,084.440	6,028.310
1+443.154	0.390	0.200	1.320	0.590	0.708	7,114.070	1,085.148	6,028.922
1+460.000	0.110	0.630	4.190	7.020	8.424	7,118.260	1,093.572	6,024.688
1+480.000	0.000	1.490	1.120	21.180	25.416	7,119.380	1,118.988	6,000.392
1+492.234	0.000	2.460	0.000	24.180	29.016	7,119.380	1,148.004	5,971.376
1+497.234	0.000	2.940	0.000	13.510	16.212	7,119.380	1,164.216	5,955.164
1+500.000	0.000	3.210	0.000	8.510	10.212	7,119.380	1,174.428	5,944.952
1+502.407	0.000	3.360	0.000	7.910	9.492	7,119.380	1,183.920	5,935.460
1+507.581	0.000	3.400	0.000	17.490	20.988	7,119.380	1,204.908	5,914.472
1+510.000	0.000	3.390	0.000	8.200	9.840	7,119.380	1,214.748	5,904.632
1+512.581	0.000	3.380	0.000	8.730	10.476	7,119.380	1,225.224	5,894.156
1+520.000	0.000	3.350	0.000	24.930	29.916	7,119.380	1,255.140	5,864.240
1+522.581	0.000	3.350	0.000	8.640	10.368	7,119.380	1,265.508	5,853.872
1+534.581	0.000	3.410	0.000	40.580	48.696	7,119.380	1,314.204	5,805.176
1+537.581	0.000	3.480	0.000	10.340	12.408	7,119.380	1,326.612	5,792.768
1+540.000	0.000	3.540	0.000	8.480	10.176	7,119.380	1,336.788	5,782.592
1+560.000	0.000	3.530	0.000	70.700	84.840	7,119.380	1,421.628	5,697.752
1+580.000	0.000	2.620	0.000	61.540	73.848	7,119.380	1,495.476	5,623.904
1+591.107	0.000	2.010	0.000	25.700	30.840	7,119.380	1,526.316	5,593.064
1+594.107	0.000	1.750	0.000	5.640	6.768	7,119.380	1,533.084	5,586.296
1+600.000	0.000	1.360	0.000	9.170	11.004	7,119.380	1,544.088	5,575.292
1+606.107	0.020	0.970	0.050	7.120	8.544	7,119.430	1,552.632	5,566.798
1+616.107	0.280	0.520	1.500	7.460	8.952	7,120.930	1,561.584	5,559.346
1+620.000	0.450	0.370	1.390	1.760	2.112	7,122.320	1,563.696	5,558.624
1+621.107	0.500	0.330	0.530	0.390	0.468	7,122.850	1,564.164	5,558.686
1+624.770	0.690	0.170	2.140	0.940	1.128	7,124.990	1,565.292	5,559.698
1+628.433	0.880	0.100	2.840	0.500	0.600	7,127.830	1,565.892	5,561.938
1+630.000	0.940	0.060	1.430	0.120	0.144	7,129.260	1,566.036	5,563.224
1+633.432	1.070	0.000	3.400	0.110	0.132	7,132.660	1,566.168	5,566.492

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
1+640.000	1.440	0.000	8.240	0.000	0.000	7,140.900	1,566.168	5,574.732
1+643.433	1.640	0.000	5.290	0.000	0.000	7,146.190	1,566.168	5,580.022
1+655.433	2.490	0.000	24.800	0.000	0.000	7,170.990	1,566.168	5,604.822
1+658.433	2.670	0.000	7.740	0.000	0.000	7,178.730	1,566.168	5,612.562
1+660.000	2.760	0.000	4.260	0.000	0.000	7,182.990	1,566.168	5,616.822
1+680.000	3.980	0.000	67.370	0.000	0.000	7,250.360	1,566.168	5,684.192
1+700.000	4.920	0.000	88.970	0.000	0.000	7,339.330	1,566.168	5,773.162
1+720.000	5.980	0.000	108.970	0.000	0.000	7,448.300	1,566.168	5,882.132
1+739.113	6.630	0.000	120.440	0.000	0.000	7,568.740	1,566.168	6,002.572
1+740.000	6.640	0.000	5.890	0.000	0.000	7,574.630	1,566.168	6,008.462
1+742.076	6.660	0.000	13.800	0.000	0.000	7,588.430	1,566.168	6,022.262
1+753.927	6.620	0.000	78.730	0.000	0.000	7,667.160	1,566.168	6,100.992
1+760.000	6.790	0.000	40.710	0.000	0.000	7,707.870	1,566.168	6,141.702
1+764.595	6.980	0.000	31.620	0.000	0.000	7,739.490	1,566.168	6,173.322
1+765.779	7.020	0.000	8.290	0.000	0.000	7,747.780	1,566.168	6,181.612
1+768.742	7.180	0.000	20.980	0.000	0.000	7,768.760	1,566.168	6,202.592
1+769.927	7.190	0.000	8.520	0.000	0.000	7,777.280	1,566.168	6,211.112
1+770.000	7.200	0.000	0.520	0.000	0.000	7,777.800	1,566.168	6,211.632
1+770.041	7.200	0.000	0.300	0.000	0.000	7,778.100	1,566.168	6,211.932
1+770.155	7.220	0.000	0.820	0.000	0.000	7,778.920	1,566.168	6,212.752
1+771.340	7.240	0.000	8.570	0.000	0.000	7,787.490	1,566.168	6,221.322
1+774.303	6.990	0.000	21.010	0.000	0.000	7,808.500	1,566.168	6,242.332
1+775.488	6.900	0.000	8.230	0.000	0.000	7,816.730	1,566.168	6,250.562
1+780.000	6.590	0.000	30.450	0.000	0.000	7,847.180	1,566.168	6,281.012
1+786.155	6.270	0.000	39.590	0.000	0.000	7,886.770	1,566.168	6,320.602
1+798.007	6.030	0.000	72.880	0.000	0.000	7,959.650	1,566.168	6,393.482
1+800.000	5.960	0.000	11.950	0.000	0.000	7,971.600	1,566.168	6,405.432
1+800.970	5.930	0.000	5.770	0.000	0.000	7,977.370	1,566.168	6,411.202
1+820.000	5.290	0.000	106.820	0.000	0.000	8,084.190	1,566.168	6,518.022
1+824.366	5.120	0.000	22.730	0.000	0.000	8,106.920	1,566.168	6,540.752
1+827.335	5.000	0.000	15.020	0.000	0.000	8,121.940	1,566.168	6,555.772
1+839.210	4.380	0.000	55.680	0.000	0.000	8,177.620	1,566.168	6,611.452
1+840.000	4.340	0.000	3.440	0.000	0.000	8,181.060	1,566.168	6,614.892
1+851.085	3.990	0.000	46.160	0.000	0.000	8,227.220	1,566.168	6,661.052
1+851.877	3.980	0.000	3.160	0.000	0.000	8,230.380	1,566.168	6,664.212
1+854.053	3.960	0.000	8.630	0.000	0.000	8,239.010	1,566.168	6,672.842
1+858.210	3.860	0.000	16.200	0.000	0.000	8,255.210	1,566.168	6,689.042
1+858.393	3.850	0.000	0.710	0.000	0.000	8,255.920	1,566.168	6,689.752
1+858.576	3.850	0.000	0.700	0.000	0.000	8,256.620	1,566.168	6,690.452
1+860.000	3.800	0.000	5.450	0.000	0.000	8,262.070	1,566.168	6,695.902
1+862.732	3.660	0.000	10.160	0.000	0.000	8,272.230	1,566.168	6,706.062
1+864.908	3.530	0.000	7.800	0.000	0.000	8,280.030	1,566.168	6,713.862
1+865.701	3.480	0.000	2.780	0.000	0.000	8,282.810	1,566.168	6,716.642
1+877.576	3.110	0.000	39.130	0.000	0.000	8,321.940	1,566.168	6,755.772

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
1+880.000	3.070	0.000	7.480	0.000	0.000	8,329.420	1,566.168	6,763.252
1+889.451	2.910	0.000	28.260	0.000	0.000	8,357.680	1,566.168	6,791.512
1+892.419	2.830	0.000	8.520	0.000	0.000	8,366.200	1,566.168	6,800.032
1+900.000	2.610	0.000	20.600	0.000	0.000	8,386.800	1,566.168	6,820.632
1+920.000	2.160	0.000	47.710	0.000	0.000	8,434.510	1,566.168	6,868.342
1+940.000	1.850	0.000	40.090	0.000	0.000	8,474.600	1,566.168	6,908.432
1+960.000	1.510	0.000	33.520	0.000	0.000	8,508.120	1,566.168	6,941.952
1+980.000	1.090	0.000	25.960	0.000	0.000	8,534.080	1,566.168	6,967.912
2+000.000	0.880	0.000	19.660	0.000	0.000	8,553.740	1,566.168	6,987.572
2+003.114	0.840	0.000	2.680	0.000	0.000	8,556.420	1,566.168	6,990.252
2+005.314	0.780	0.000	1.780	0.000	0.000	8,558.200	1,566.168	6,992.032
2+014.114	0.070	0.190	3.730	0.830	0.996	8,561.930	1,567.164	6,994.766
2+020.000	0.000	0.850	0.210	3.060	3.672	8,562.140	1,570.836	6,991.304
2+021.448	0.000	1.180	0.000	1.470	1.764	8,562.140	1,572.600	6,989.540
2+025.114	0.000	2.410	0.000	6.520	7.824	8,562.140	1,580.424	6,981.716
2+029.302	0.000	4.290	0.000	13.830	16.596	8,562.140	1,597.020	6,965.120
2+030.000	0.000	6.150	0.000	3.640	4.368	8,562.140	1,601.388	6,960.752
2+033.491	0.000	7.210	0.000	22.950	27.540	8,562.140	1,628.928	6,933.212
2+037.157	0.000	6.990	0.000	25.600	30.720	8,562.140	1,659.648	6,902.492
2+040.000	0.000	6.810	0.000	19.620	23.544	8,562.140	1,683.192	6,878.948
2+044.491	0.000	6.390	0.000	29.630	35.556	8,562.140	1,718.748	6,843.392
2+053.291	0.000	5.370	0.000	51.740	62.088	8,562.140	1,780.836	6,781.304
2+055.491	0.000	5.030	0.010	11.440	13.728	8,562.150	1,794.564	6,767.586
2+060.000	0.030	4.150	0.090	20.700	24.840	8,562.240	1,819.404	6,742.836
2+080.000	0.000	0.940	0.310	50.870	61.044	8,562.550	1,880.448	6,682.102
2+100.000	0.000	1.260	0.000	21.960	26.352	8,562.550	1,906.800	6,655.750
2+120.000	0.000	1.280	0.000	25.370	30.444	8,562.550	1,937.244	6,625.306
2+140.000	0.020	0.790	0.220	20.650	24.780	8,562.770	1,962.024	6,600.746
2+160.000	0.270	0.140	2.910	9.230	11.076	8,565.680	1,973.100	6,592.580
2+180.000	1.310	0.000	15.810	1.360	1.632	8,581.490	1,974.732	6,606.758
2+184.849	1.550	0.000	6.930	0.000	0.000	8,588.420	1,974.732	6,613.688
2+187.849	1.750	0.000	4.940	0.000	0.000	8,593.360	1,974.732	6,618.628
2+199.849	2.370	0.000	24.680	0.000	0.000	8,618.040	1,974.732	6,643.308
2+200.000	2.380	0.000	0.360	0.000	0.000	8,618.400	1,974.732	6,643.668
2+211.849	2.890	0.000	31.220	0.000	0.000	8,649.620	1,974.732	6,674.888
2+214.849	2.300	0.000	7.790	0.000	0.000	8,657.410	1,974.732	6,682.678
2+220.000	1.200	0.000	9.010	0.000	0.000	8,666.420	1,974.732	6,691.688
2+231.850	3.570	0.000	28.270	0.000	0.000	8,694.690	1,974.732	6,719.958
2+240.000	8.110	0.000	46.380	0.000	0.000	8,741.070	1,974.732	6,766.338
2+247.849	9.040	0.000	65.730	0.000	0.000	8,806.800	1,974.732	6,832.068
2+250.000	8.940	0.000	18.970	0.000	0.000	8,825.770	1,974.732	6,851.038
2+252.380	8.950	0.000	20.940	0.000	0.000	8,846.710	1,974.732	6,871.978
2+256.912	9.000	0.000	40.140	0.000	0.000	8,886.850	1,974.732	6,912.118
2+260.000	8.050	0.000	26.110	0.000	0.000	8,912.960	1,974.732	6,938.228

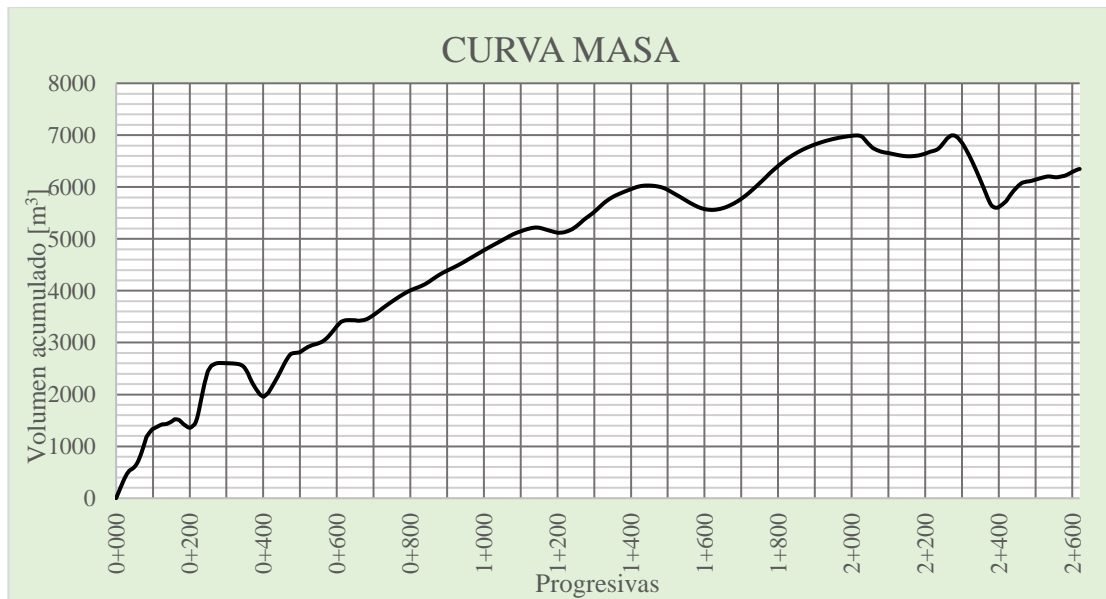
Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
2+270.000	3.240	0.850	57.140	3.740	4.488	8,970.100	1,979.220	6,990.880
2+272.910	2.540	1.790	8.940	3.440	4.128	8,979.040	1,983.348	6,995.692
2+272.910	2.540	1.790	0.000	0.000	0.000	8,979.040	1,983.348	6,995.692
2+280.000	1.770	4.090	15.060	15.560	18.672	8,994.100	2,002.020	6,992.080
2+287.242	0.740	4.870	8.290	34.030	40.836	9,002.390	2,042.856	6,959.534
2+288.635	0.490	5.320	0.770	7.370	8.844	9,003.160	2,051.700	6,951.460
2+290.000	0.300	5.700	0.480	7.770	9.324	9,003.640	2,061.024	6,942.616
2+290.028	0.290	5.700	0.000	0.160	0.192	9,003.640	2,061.216	6,942.424
2+300.000	0.000	8.660	1.350	73.800	88.560	9,004.990	2,149.776	6,855.214
2+304.360	0.000	9.310	0.020	40.340	48.408	9,005.010	2,198.184	6,806.826
2+320.000	0.000	12.110	0.010	167.510	201.012	9,005.020	2,399.196	6,605.824
2+340.000	0.000	13.280	0.020	253.910	304.692	9,005.040	2,703.888	6,301.152
2+360.000	0.000	14.670	0.000	279.560	335.472	9,005.040	3,039.360	5,965.680
2+367.105	0.000	14.550	0.000	103.820	124.584	9,005.040	3,163.944	5,841.096
2+370.000	0.000	14.010	0.000	42.160	50.592	9,005.040	3,214.536	5,790.504
2+375.104	0.000	11.740	0.000	67.220	80.664	9,005.040	3,295.200	5,709.840
2+378.374	0.000	9.270	0.000	35.260	42.312	9,005.040	3,337.512	5,667.528
2+380.000	0.000	7.700	0.000	14.190	17.028	9,005.040	3,354.540	5,650.500
2+381.643	0.000	5.870	0.000	11.460	13.752	9,005.040	3,368.292	5,636.748
2+389.643	0.090	0.830	0.360	27.500	33.000	9,005.400	3,401.292	5,604.108
2+400.000	2.370	0.000	12.740	4.280	5.136	9,018.140	3,406.428	5,611.712
2+419.981	9.020	0.000	113.720	0.000	0.000	9,131.860	3,406.428	5,725.432
2+420.000	9.020	0.000	0.180	0.000	0.000	9,132.040	3,406.428	5,725.612
2+424.980	10.870	0.000	49.440	0.000	0.000	9,181.480	3,406.428	5,775.052
2+425.577	11.030	0.000	6.540	0.000	0.000	9,188.020	3,406.428	5,781.592
2+426.174	10.940	0.000	6.560	0.000	0.000	9,194.580	3,406.428	5,788.152
2+430.000	10.170	0.000	40.330	0.000	0.000	9,234.910	3,406.428	5,828.482
2+431.173	9.980	0.000	11.820	0.000	0.000	9,246.730	3,406.428	5,840.302
2+440.000	8.560	0.000	81.810	0.000	0.000	9,328.540	3,406.428	5,922.112
2+441.174	8.400	0.000	9.950	0.000	0.000	9,338.490	3,406.428	5,932.062
2+453.174	6.660	0.000	90.360	0.000	0.000	9,428.850	3,406.428	6,022.422
2+456.174	6.170	0.000	19.250	0.000	0.000	9,448.100	3,406.428	6,041.672
2+460.000	5.390	0.000	22.120	0.000	0.000	9,470.220	3,406.428	6,063.792
2+461.809	4.730	0.040	9.160	0.030	0.036	9,479.380	3,406.464	6,072.916
2+464.809	3.790	0.300	12.790	0.510	0.612	9,492.170	3,407.076	6,085.094
2+476.809	1.320	1.040	30.700	8.020	9.624	9,522.870	3,416.700	6,106.170
2+480.000	0.920	0.290	3.580	2.110	2.532	9,526.450	3,419.232	6,107.218
2+488.809	2.080	0.000	13.240	1.270	1.524	9,539.690	3,420.756	6,118.934
2+491.809	2.150	0.000	6.350	0.000	0.000	9,546.040	3,420.756	6,125.284
2+500.000	2.060	0.000	17.250	0.000	0.000	9,563.290	3,420.756	6,142.534
2+508.811	2.080	0.000	18.270	0.000	0.000	9,581.560	3,420.756	6,160.804
2+510.000	2.090	0.000	2.380	0.000	0.000	9,583.940	3,420.756	6,163.184
2+520.000	2.020	0.000	19.430	0.000	0.000	9,603.370	3,420.756	6,182.614
2+524.809	1.920	0.040	8.830	0.090	0.108	9,612.200	3,420.864	6,191.336

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno m ³	Vol. Acum. Corte m ³	Vol. Acum. Relleno m ³	Vol. Total acumulado m ³
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
2+530.000	1.740	0.080	8.810	0.320	0.384	9,621.010	3,421.248	6,199.762
2+530.674	1.680	0.080	1.150	0.050	0.060	9,622.160	3,421.308	6,200.852
2+536.540	0.560	0.480	6.070	1.740	2.088	9,628.230	3,423.396	6,204.834
2+540.000	0.190	1.160	1.160	2.950	3.540	9,629.390	3,426.936	6,202.454
2+550.000	0.000	0.680	0.830	9.410	11.292	9,630.220	3,438.228	6,191.992
2+552.538	0.000	0.440	0.000	1.410	1.692	9,630.220	3,439.920	6,190.300
2+560.000	0.340	0.060	1.280	1.840	2.208	9,631.500	3,442.128	6,189.372
2+580.000	2.640	0.000	29.830	0.590	0.708	9,661.330	3,442.836	6,218.494
2+580.971	2.850	0.000	2.660	0.000	0.000	9,663.990	3,442.836	6,221.154
2+581.562	2.960	0.000	1.720	0.000	0.000	9,665.710	3,442.836	6,222.874
2+589.266	3.860	0.000	25.160	0.000	0.000	9,690.870	3,442.836	6,248.034
2+590.000	3.820	0.000	2.700	0.000	0.000	9,693.570	3,442.836	6,250.734
2+596.969	4.230	0.000	27.010	0.000	0.000	9,720.580	3,442.836	6,277.744
2+597.561	4.230	0.000	2.500	0.000	0.000	9,723.080	3,442.836	6,280.244
2+600.000	4.110	0.000	10.170	0.000	0.000	9,733.250	3,442.836	6,290.414
2+613.971	2.390	0.000	45.460	0.000	0.000	9,778.710	3,442.836	6,335.874
2+616.971	1.880	0.000	6.420	0.000	0.000	9,785.130	3,442.836	6,342.294
2+620.000	1.320	0.000	4.860	0.000	0.000	9,789.990	3,442.836	6,347.154
2+620.306	1.540	0.000	0.440	0.000	0.000	9,790.430	3,442.836	6,347.594

Elaboración: propia

Nota: el volumen de relleno se ha corregido por un factor de esponjamiento de 1.200

Figura N° 28. Curva masa. Tramo 1: Rancho Norte – Erquis Oropeza.



Cuadro N° 81. Resumen de volúmenes de corte tramo 1. Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

Volumen de corte				
Progresivas		Excavación (m ³)	Clasificada 60%	Roca c/explosivos 40%
0+000.000	2+620.306	9,790.430	9,790.430	
Totales		9,790.430	9,790.430	0.000

Para la realización de cálculos métricos en tramos donde existente excavación clasificada y roca se adoptó un porcentaje de 60% y 40% respectivamente.

Cuadro N° 82. Resumen de volúmenes de relleno tramo 1. Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

Volumen de relleno		
Progresivas		Relleno (m ³)
0+000.000	2+620.306	3,442.836
Totales		3,442.836

Cuadro N° 83. Transporte y depósito de materiales tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

Progresivas		Vol. Corte	Vol. Relleno	Material de Traslado	Traslado a Progresivas o Depósitos de material
Inicio	Final	m ³	m ³	m ³	m ³
0+000.000	0+500.000	3,753.170	936.252	2,816.918	Depósito de Material N°1 (2816.918m ³)
0+500.000	1+000.000	1,997.160	34.128	1,963.032	Depósito de Material N°1 (1963.032m ³)
1+000.000	1+500.000	1,369.050	204.048	1,165.002	Progresiva 2+000 - 2+500 (1165.002m ³)
1+500.000	2+000.000	1,434.360	391.740	1,042.620	Progresiva 2+000 - 2+500 (1042.620m ³)
2+000.000	2+500.000	1,009.550	1,854.588	-845.038	Depósito de Material de Relleno (845.038m ³)
2+500.000	2+620.306	227.140	22.080	205.060	Progresiva 2+000 - 2+500 (205.060m ³)
Totales		9,790.430	3,442.836	6,347.594	

Cuadro N° 84. Movimiento de tierras tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
0+000.000	0.000	14.610	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+004.469	0.000	24.290	0.000	86.910	104.292	0.000	104.292	-104.292
0+010.000	0.000	45.850	0.000	185.050	222.060	0.000	326.352	-326.352
0+020.000	0.000	36.110	0.000	378.730	454.476	0.000	780.828	-780.828
0+023.278	0.000	23.090	0.000	86.440	103.728	0.000	884.556	-884.556
0+030.000	2.490	5.790	9.060	83.620	100.344	9.060	984.900	-975.840

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
0+040.000	8.860	0.160	59.500	23.590	28.308	68.560	1,013.208	-944.648
0+042.088	7.120	0.000	17.680	0.130	0.156	86.240	1,013.364	-927.124
0+042.088	7.120	0.000	0.000	0.000	0.000	86.240	1,013.364	-927.124
0+050.000	0.000	0.000	26.130	0.030	0.036	112.370	1,013.400	-901.030
0+060.000	6.360	0.000	28.690	0.040	0.048	141.060	1,013.448	-872.388
0+070.000	4.080	0.210	46.690	1.130	1.356	187.750	1,014.804	-827.054
0+076.153	3.670	0.170	21.000	1.280	1.536	208.750	1,016.340	-807.590
0+080.000	3.970	0.000	12.970	0.370	0.444	221.720	1,016.784	-795.064
0+090.000	4.050	0.000	36.390	0.000	0.000	258.110	1,016.784	-758.674
0+100.000	4.750	0.000	41.200	0.000	0.000	299.310	1,016.784	-717.474
0+110.000	6.000	0.000	51.230	0.000	0.000	350.540	1,016.784	-666.244
0+110.219	5.990	0.000	1.310	0.000	0.000	351.850	1,016.784	-664.934
0+120.000	5.250	0.000	54.980	0.000	0.000	406.830	1,016.784	-609.954
0+140.000	5.910	0.000	111.600	0.000	0.000	518.430	1,016.784	-498.354
0+160.000	4.120	0.000	100.270	0.000	0.000	618.700	1,016.784	-398.084
0+164.099	3.880	0.000	16.390	0.000	0.000	635.090	1,016.784	-381.694
0+170.000	3.760	0.000	21.910	0.000	0.000	657.000	1,016.784	-359.784
0+180.000	3.440	0.000	35.010	0.000	0.000	692.010	1,016.784	-324.774
0+187.375	3.330	0.000	24.390	0.000	0.000	716.400	1,016.784	-300.384
0+190.000	3.290	0.000	8.490	0.000	0.000	724.890	1,016.784	-291.894
0+200.000	3.410	0.000	32.840	0.000	0.000	757.730	1,016.784	-259.054
0+210.000	3.200	0.000	32.600	0.000	0.000	790.330	1,016.784	-226.454
0+210.651	3.160	0.000	2.070	0.000	0.000	792.400	1,016.784	-224.384
0+220.000	2.310	0.000	25.560	0.000	0.000	817.960	1,016.784	-198.824
0+240.000	3.780	0.000	60.920	0.000	0.000	878.880	1,016.784	-137.904
0+260.000	0.340	0.850	41.240	8.470	10.164	920.120	1,026.948	-106.828
0+280.000	3.730	0.000	40.670	8.470	10.164	960.790	1,037.112	-76.322
0+300.000	6.500	0.000	102.280	0.000	0.000	1,063.070	1,037.112	25.958
0+303.368	6.830	0.000	22.450	0.000	0.000	1,085.520	1,037.112	48.408
0+310.000	4.580	0.000	37.940	0.000	0.000	1,123.460	1,037.112	86.348
0+313.711	4.570	0.000	16.950	0.000	0.000	1,140.410	1,037.112	103.298
0+320.000	6.820	0.000	36.000	0.000	0.000	1,176.410	1,037.112	139.298
0+324.054	7.360	0.000	28.950	0.000	0.000	1,205.360	1,037.112	168.248
0+340.000	8.550	0.000	126.840	0.000	0.000	1,332.200	1,037.112	295.088
0+358.713	12.500	0.000	196.940	0.000	0.000	1,529.140	1,037.112	492.028
0+360.000	12.820	0.000	16.320	0.000	0.000	1,545.460	1,037.112	508.348
0+370.000	13.630	0.000	132.400	0.000	0.000	1,677.860	1,037.112	640.748
0+380.000	17.250	0.000	154.890	0.000	0.000	1,832.750	1,037.112	795.638
0+382.180	17.300	0.000	37.840	0.000	0.000	1,870.590	1,037.112	833.478
0+390.000	15.790	0.000	129.930	0.000	0.000	2,000.520	1,037.112	963.408
0+400.000	19.250	0.000	175.370	0.000	0.000	2,175.890	1,037.112	1,138.778
0+405.648	18.340	0.000	106.190	0.000	0.000	2,282.080	1,037.112	1,244.968
0+420.000	13.780	0.000	230.490	0.000	0.000	2,512.570	1,037.112	1,475.458
0+440.000	7.810	0.000	215.950	0.000	0.000	2,728.520	1,037.112	1,691.408

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
0+460.000	13.320	0.000	211.360	0.000	0.000	2,939.880	1,037.112	1,902.768
0+480.000	22.430	0.000	357.510	0.000	0.000	3,297.390	1,037.112	2,260.278
0+486.012	25.730	0.000	144.760	0.000	0.000	3,442.150	1,037.112	2,405.038
0+490.000	27.820	0.000	107.320	0.000	0.000	3,549.470	1,037.112	2,512.358
0+500.000	28.820	0.000	283.080	0.000	0.000	3,832.550	1,037.112	2,795.438
0+510.000	25.350	0.000	270.230	0.000	0.000	4,102.780	1,037.112	3,065.668
0+520.000	16.320	0.000	207.890	0.000	0.000	4,310.670	1,037.112	3,273.558
0+523.039	13.810	0.000	45.650	0.000	0.000	4,356.320	1,037.112	3,319.208
0+530.000	7.410	0.000	73.890	0.000	0.000	4,430.210	1,037.112	3,393.098
0+540.000	4.340	0.000	58.910	0.000	0.000	4,489.120	1,037.112	3,452.008
0+550.000	0.000	0.400	21.650	1.910	2.292	4,510.770	1,039.404	3,471.366
0+560.000	0.000	6.860	0.000	34.590	41.508	4,510.770	1,080.912	3,429.858
0+560.067	0.000	6.860	0.000	0.460	0.552	4,510.770	1,081.464	3,429.306
0+580.000	0.000	7.190	0.000	140.050	168.060	4,510.770	1,249.524	3,261.246
0+594.051	0.000	7.400	0.000	102.530	123.036	4,510.770	1,372.560	3,138.210
0+600.000	0.000	5.160	0.000	37.250	44.700	4,510.770	1,417.260	3,093.510
0+605.653	0.000	3.040	0.000	22.860	27.432	4,510.770	1,444.692	3,066.078
0+610.000	0.000	1.520	0.000	9.730	11.676	4,510.770	1,456.368	3,054.402
0+617.255	0.690	0.000	2.450	5.390	6.468	4,513.220	1,462.836	3,050.384
0+620.000	1.360	0.000	2.820	0.000	0.000	4,516.040	1,462.836	3,053.204
0+640.000	5.900	0.000	72.600	0.000	0.000	4,588.640	1,462.836	3,125.804
0+644.610	6.870	0.000	29.420	0.000	0.000	4,618.060	1,462.836	3,155.224
0+650.000	7.660	0.000	38.810	0.000	0.000	4,656.870	1,462.836	3,194.034
0+660.000	8.090	0.000	78.010	0.000	0.000	4,734.880	1,462.836	3,272.044
0+668.108	7.000	0.000	60.650	0.000	0.000	4,795.530	1,462.836	3,332.694
0+670.000	6.730	0.000	12.890	0.000	0.000	4,808.420	1,462.836	3,345.584
0+680.000	5.100	0.000	58.720	0.000	0.000	4,867.140	1,462.836	3,404.304
0+690.000	4.260	0.000	46.550	0.000	0.000	4,913.690	1,462.836	3,450.854
0+691.606	4.050	0.000	6.650	0.000	0.000	4,920.340	1,462.836	3,457.504
0+700.000	2.940	0.000	29.350	0.000	0.000	4,949.690	1,462.836	3,486.854
0+720.000	0.880	1.800	38.280	18.030	21.636	4,987.970	1,484.472	3,503.498
0+740.000	0.000	1.920	8.840	37.210	44.652	4,996.810	1,529.124	3,467.686
0+749.291	0.000	3.340	0.000	24.420	29.304	4,996.810	1,558.428	3,438.382
0+750.000	0.000	3.300	0.000	2.300	2.760	4,996.810	1,561.188	3,435.622
0+760.000	0.000	2.780	0.000	29.810	35.772	4,996.810	1,596.960	3,399.850
0+770.000	0.000	1.960	0.000	23.480	28.176	4,996.810	1,625.136	3,371.674
0+771.426	0.000	1.820	0.000	2.690	3.228	4,996.810	1,628.364	3,368.446
0+780.000	0.020	1.000	0.070	12.150	14.580	4,996.880	1,642.944	3,353.936
0+790.000	0.620	0.220	2.950	6.270	7.524	4,999.830	1,650.468	3,349.362
0+793.561	1.030	0.040	2.750	0.500	0.600	5,002.580	1,651.068	3,351.512
0+800.000	1.950	0.000	9.590	0.140	0.168	5,012.170	1,651.236	3,360.934
0+820.000	3.590	0.000	55.410	0.000	0.000	5,067.580	1,651.236	3,416.344
0+840.000	5.380	0.000	89.730	0.000	0.000	5,157.310	1,651.236	3,506.074
0+860.000	7.180	0.000	125.620	0.000	0.000	5,282.930	1,651.236	3,631.694

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
0+880.000	7.300	0.000	144.790	0.000	0.000	5,427.720	1,651.236	3,776.484
0+900.000	6.130	0.000	134.270	0.000	0.000	5,561.990	1,651.236	3,910.754
0+920.000	5.130	0.000	112.610	0.000	0.000	5,674.600	1,651.236	4,023.364
0+940.000	4.170	0.000	93.030	0.000	0.000	5,767.630	1,651.236	4,116.394
0+948.906	3.870	0.000	35.810	0.000	0.000	5,803.440	1,651.236	4,152.204
0+950.000	3.830	0.000	4.220	0.000	0.000	5,807.660	1,651.236	4,156.424
0+959.944	3.310	0.000	35.520	0.000	0.000	5,843.180	1,651.236	4,191.944
0+960.000	3.300	0.000	0.190	0.000	0.000	5,843.370	1,651.236	4,192.134
0+970.000	2.540	0.000	29.160	0.000	0.000	5,872.530	1,651.236	4,221.294
0+970.982	2.510	0.000	2.480	0.000	0.000	5,875.010	1,651.236	4,223.774
0+980.000	2.300	0.000	21.690	0.000	0.000	5,896.700	1,651.236	4,245.464
1+000.000	1.930	0.000	42.360	0.000	0.000	5,939.060	1,651.236	4,287.824
1+020.000	0.190	0.310	21.290	3.140	3.768	5,960.350	1,655.004	4,305.346
1+040.000	0.000	3.000	1.940	33.150	39.780	5,962.290	1,694.784	4,267.506
1+060.000	0.060	0.520	0.580	35.200	42.240	5,962.870	1,737.024	4,225.846
1+080.000	1.920	0.000	19.800	5.200	6.240	5,982.670	1,743.264	4,239.406
1+100.000	5.030	0.000	69.500	0.000	0.000	6,052.170	1,743.264	4,308.906
1+120.000	7.410	0.000	124.370	0.000	0.000	6,176.540	1,743.264	4,433.276
1+140.000	6.810	0.000	142.160	0.000	0.000	6,318.700	1,743.264	4,575.436
1+160.000	9.490	0.000	163.020	0.000	0.000	6,481.720	1,743.264	4,738.456
1+180.000	10.290	0.000	197.820	0.000	0.000	6,679.540	1,743.264	4,936.276
1+200.000	11.380	0.000	216.680	0.000	0.000	6,896.220	1,743.264	5,152.956
1+220.000	14.800	0.000	261.850	0.000	0.000	7,158.070	1,743.264	5,414.806
1+239.820	0.000	0.000	146.710	0.000	0.000	7,304.780	1,743.264	5,561.516
1+240.000	15.830	0.000	1.430	0.000	0.000	7,306.210	1,743.264	5,562.946
1+250.000	13.300	0.000	139.740	0.000	0.000	7,445.950	1,743.264	5,702.686
1+250.071	13.260	0.000	0.940	0.000	0.000	7,446.890	1,743.264	5,703.626
1+260.000	7.950	1.660	99.240	8.900	10.680	7,546.130	1,753.944	5,792.186
1+260.323	7.790	1.760	2.540	0.550	0.660	7,548.670	1,754.604	5,794.066
1+280.000	2.290	5.420	99.190	70.560	84.672	7,647.860	1,839.276	5,808.584
1+300.000	3.760	8.130	60.570	135.450	162.540	7,708.430	2,001.816	5,706.614
1+310.185	5.290	11.130	46.120	98.090	117.708	7,754.550	2,119.524	5,635.026
1+319.788	4.040	12.920	46.060	107.620	129.144	7,800.610	2,248.668	5,551.942
1+320.000	3.970	12.990	0.850	2.740	3.288	7,801.460	2,251.956	5,549.504
1+329.392	3.810	8.980	37.610	95.960	115.152	7,839.070	2,367.108	5,471.962
1+340.000	2.060	3.600	31.110	66.720	80.064	7,870.180	2,447.172	5,423.008
1+360.000	0.000	13.570	20.600	171.720	206.064	7,890.780	2,653.236	5,237.544
1+380.000	0.000	22.170	0.000	357.440	428.928	7,890.780	3,082.164	4,808.616
1+400.000	0.270	10.740	2.700	329.150	394.980	7,893.480	3,477.144	4,416.336
1+404.906	0.000	16.360	0.670	66.470	79.764	7,894.150	3,556.908	4,337.242
1+410.000	0.000	19.310	0.000	94.310	113.172	7,894.150	3,670.080	4,224.070
1+420.000	0.000	22.050	0.000	214.930	257.916	7,894.150	3,927.996	3,966.154
1+430.000	0.000	17.620	0.000	205.260	246.312	7,894.150	4,174.308	3,719.842
1+440.000	0.000	10.210	0.000	141.000	169.200	7,894.150	4,343.508	3,550.642

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
1+440.501	0.000	9.760	0.000	5.060	6.072	7,894.150	4,349.580	3,544.570
1+450.000	0.210	1.090	0.800	52.260	62.712	7,894.950	4,412.292	3,482.658
1+460.000	8.200	0.000	40.280	5.640	6.768	7,935.230	4,419.060	3,516.170
1+470.000	15.080	0.000	112.250	0.000	0.000	8,047.480	4,419.060	3,628.420
1+476.095	15.190	0.000	89.410	0.000	0.000	8,136.890	4,419.060	3,717.830
1+480.000	14.820	0.000	58.590	0.000	0.000	8,195.480	4,419.060	3,776.420
1+500.000	11.320	0.000	261.450	0.000	0.000	8,456.930	4,419.060	4,037.870
1+520.000	7.800	0.000	191.210	0.000	0.000	8,648.140	4,419.060	4,229.080
1+540.000	3.820	0.000	116.220	0.000	0.000	8,764.360	4,419.060	4,345.300
1+560.000	0.640	0.000	44.660	0.000	0.000	8,809.020	4,419.060	4,389.960
1+580.000	0.210	0.280	8.490	2.770	3.324	8,817.510	4,422.384	4,395.126
1+580.113	0.210	0.260	0.020	0.030	0.036	8,817.530	4,422.420	4,395.110
1+590.000	2.400	0.000	12.320	1.340	1.608	8,829.850	4,424.028	4,405.822
1+600.000	5.570	0.000	38.580	0.000	0.000	8,868.430	4,424.028	4,444.402
1+610.000	9.480	0.000	73.130	0.000	0.000	8,941.560	4,424.028	4,517.532
1+614.116	11.010	0.000	41.030	0.000	0.000	8,982.590	4,424.028	4,558.562
1+620.000	12.180	0.000	66.660	0.000	0.000	9,049.250	4,424.028	4,625.222
1+630.000	6.480	0.000	92.130	0.000	0.000	9,141.380	4,424.028	4,717.352
1+640.000	0.380	1.750	34.510	8.050	9.660	9,175.890	4,433.688	4,742.202
1+648.118	0.000	9.530	1.680	44.040	52.848	9,177.570	4,486.536	4,691.034
1+660.000	0.000	14.960	0.000	145.490	174.588	9,177.570	4,661.124	4,516.446
1+680.000	5.340	0.000	53.400	149.630	179.556	9,230.970	4,840.680	4,390.290
1+700.000	7.610	0.000	129.520	0.000	0.000	9,360.490	4,840.680	4,519.810
1+720.000	8.180	0.000	157.880	0.000	0.000	9,518.370	4,840.680	4,677.690
1+740.000	4.220	0.000	123.990	0.000	0.000	9,642.360	4,840.680	4,801.680
1+748.325	3.500	0.000	32.160	0.000	0.000	9,674.520	4,840.680	4,833.840
1+750.000	3.420	0.000	5.790	0.000	0.000	9,680.310	4,840.680	4,839.630
1+760.000	1.470	0.000	24.230	0.000	0.000	9,704.540	4,840.680	4,863.860
1+770.000	0.100	0.400	7.760	2.010	2.412	9,712.300	4,843.092	4,869.208
1+780.000	0.000	1.630	0.490	10.200	12.240	9,712.790	4,855.332	4,857.458
1+790.000	0.000	4.250	0.000	29.540	35.448	9,712.790	4,890.780	4,822.010
1+790.994	0.000	4.580	0.000	4.390	5.268	9,712.790	4,896.048	4,816.742
1+800.000	0.000	8.740	0.000	60.460	72.552	9,712.790	4,968.600	4,744.190
1+810.000	0.000	8.300	0.000	86.210	103.452	9,712.790	5,072.052	4,640.738
1+820.000	0.010	3.960	0.050	62.270	74.724	9,712.840	5,146.776	4,566.064
1+830.000	1.520	0.260	7.500	21.470	25.764	9,720.340	5,172.540	4,547.800
1+833.663	2.660	0.000	7.540	0.480	0.576	9,727.880	5,173.116	4,554.764
1+840.000	4.710	0.000	23.370	0.000	0.000	9,751.250	5,173.116	4,578.134
1+860.000	10.670	0.000	153.860	0.000	0.000	9,905.110	5,173.116	4,731.994
1+880.000	2.350	0.220	130.210	2.190	2.628	10,035.320	5,175.744	4,859.576
1+900.000	9.760	0.000	121.080	2.190	2.628	10,156.400	5,178.372	4,978.028
1+920.000	9.420	0.000	191.770	0.000	0.000	10,348.170	5,178.372	5,169.798
1+940.000	7.380	0.000	168.010	0.000	0.000	10,516.180	5,178.372	5,337.808
1+960.000	5.920	0.000	133.050	0.000	0.000	10,649.230	5,178.372	5,470.858

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
1+980.000	5.320	0.000	112.410	0.000	0.000	10,761.640	5,178.372	5,583.268
2+000.000	5.340	0.000	106.630	0.000	0.000	10,868.270	5,178.372	5,689.898
2+020.000	6.380	0.000	117.200	0.000	0.000	10,985.470	5,178.372	5,807.098
2+022.523	6.530	0.000	16.280	0.000	0.000	11,001.750	5,178.372	5,823.378
2+030.000	6.370	0.000	48.470	0.000	0.000	11,050.220	5,178.372	5,871.848
2+039.496	6.180	0.000	59.580	0.000	0.000	11,109.800	5,178.372	5,931.428
2+040.000	6.240	0.000	3.130	0.000	0.000	11,112.930	5,178.372	5,934.558
2+050.000	6.290	0.000	62.340	0.000	0.000	11,175.270	5,178.372	5,996.898
2+056.470	5.940	0.000	39.430	0.000	0.000	11,214.700	5,178.372	6,036.328
2+060.000	5.860	0.000	20.830	0.000	0.000	11,235.530	5,178.372	6,057.158
2+080.000	9.730	0.000	155.940	0.000	0.000	11,391.470	5,178.372	6,213.098
2+082.826	10.730	0.000	28.910	0.000	0.000	11,420.380	5,178.372	6,242.008
2+090.000	13.380	0.000	81.500	0.000	0.000	11,501.880	5,178.372	6,323.508
2+100.000	21.630	0.000	163.570	0.000	0.000	11,665.450	5,178.372	6,487.078
2+110.000	21.350	0.000	200.600	0.000	0.000	11,866.050	5,178.372	6,687.678
2+111.393	19.350	0.000	26.250	0.000	0.000	11,892.300	5,178.372	6,713.928
2+120.000	11.140	0.000	120.690	0.000	0.000	12,012.990	5,178.372	6,834.618
2+130.000	20.050	0.000	140.070	0.000	0.000	12,153.060	5,178.372	6,974.688
2+139.961	22.770	3.460	191.250	22.310	26.772	12,344.310	5,205.144	7,139.166
2+139.961	22.770	3.460	0.000	0.000	0.000	12,344.310	5,205.144	7,139.166
2+140.000	22.770	3.430	0.890	0.140	0.168	12,345.200	5,205.312	7,139.888
2+150.000	23.900	0.100	253.330	11.470	13.764	12,598.530	5,219.076	7,379.454
2+160.000	7.030	1.070	162.480	4.420	5.304	12,761.010	5,224.380	7,536.630
2+170.000	0.560	1.430	39.180	10.280	12.336	12,800.190	5,236.716	7,563.474
2+171.205	0.210	1.450	0.500	1.520	1.824	12,800.690	5,238.540	7,562.150
2+180.000	0.000	16.250	1.010	80.480	96.576	12,801.700	5,335.116	7,466.584
2+190.000	0.000	14.950	0.000	155.350	186.420	12,801.700	5,521.536	7,280.164
2+200.000	15.290	0.000	80.490	70.240	84.288	12,882.190	5,605.824	7,276.366
2+202.450	25.020	0.000	52.000	0.000	0.000	12,934.190	5,605.824	7,328.366
2+220.000	38.960	0.000	561.420	0.000	0.000	13,495.610	5,605.824	7,889.786
2+240.000	36.400	0.000	753.580	0.000	0.000	14,249.190	5,605.824	8,643.366
2+260.000	25.730	0.000	621.250	0.000	0.000	14,870.440	5,605.824	9,264.616
2+268.487	20.910	0.000	197.920	0.000	0.000	15,068.360	5,605.824	9,462.536
2+270.000	20.090	0.000	30.650	0.000	0.000	15,099.010	5,605.824	9,493.186
2+280.000	15.180	0.000	173.920	0.000	0.000	15,272.930	5,605.824	9,667.106
2+286.594	10.640	0.000	83.850	0.000	0.000	15,356.780	5,605.824	9,750.956
2+290.000	8.150	0.000	31.530	0.000	0.000	15,388.310	5,605.824	9,782.486
2+300.000	2.110	0.260	50.290	1.350	1.620	15,438.600	5,607.444	9,831.156
2+304.701	1.910	1.260	9.100	3.700	4.440	15,447.700	5,611.884	9,835.816
2+320.000	0.270	4.380	16.680	43.140	51.768	15,464.380	5,663.652	9,800.728
2+340.000	0.960	1.460	12.280	58.440	70.128	15,476.660	5,733.780	9,742.880
2+360.000	2.730	0.240	36.830	17.040	20.448	15,513.490	5,754.228	9,759.262
2+380.000	8.640	0.000	113.640	2.410	2.892	15,627.130	5,757.120	9,870.010
2+390.267	16.880	0.000	130.980	0.000	0.000	15,758.110	5,757.120	10,000.990

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
2+400.000	24.010	0.000	186.690	0.000	0.000	15,944.800	5,757.120	10,187.680
2+406.205	27.510	0.000	148.910	0.000	0.000	16,093.710	5,757.120	10,336.590
2+410.000	29.140	0.000	99.940	0.000	0.000	16,193.650	5,757.120	10,436.530
2+420.000	35.440	0.000	307.100	0.000	0.000	16,500.750	5,757.120	10,743.630
2+422.143	36.250	0.000	74.510	0.000	0.000	16,575.260	5,757.120	10,818.140
2+440.000	32.260	0.000	611.700	0.000	0.000	17,186.960	5,757.120	11,429.840
2+460.000	22.980	0.000	552.440	0.000	0.000	17,739.400	5,757.120	11,982.280
2+473.975	17.330	0.000	281.690	0.000	0.000	18,021.090	5,757.120	12,263.970
2+480.000	15.780	0.000	98.650	0.000	0.000	18,119.740	5,757.120	12,362.620
2+488.699	12.790	0.000	122.870	0.000	0.000	18,242.610	5,757.120	12,485.490
2+490.000	12.060	0.000	16.000	0.000	0.000	18,258.610	5,757.120	12,501.490
2+500.000	6.960	0.000	93.940	0.000	0.000	18,352.550	5,757.120	12,595.430
2+503.422	5.410	0.000	20.840	0.000	0.000	18,373.390	5,757.120	12,616.270
2+520.000	2.880	0.080	68.640	0.630	0.756	18,442.030	5,757.876	12,684.154
2+540.000	3.610	0.220	64.890	2.960	3.552	18,506.920	5,761.428	12,745.492
2+560.000	2.640	0.820	62.500	10.430	12.516	18,569.420	5,773.944	12,795.476
2+580.000	3.300	1.110	59.380	19.360	23.232	18,628.800	5,797.176	12,831.624
2+599.303	4.740	1.190	77.640	22.200	26.640	18,706.440	5,823.816	12,882.624
2+600.000	4.850	1.190	3.340	0.830	0.996	18,709.780	5,824.812	12,884.968
2+606.829	1.150	1.430	20.020	9.150	10.980	18,729.800	5,835.792	12,894.008
2+610.000	1.150	0.860	3.540	3.700	4.440	18,733.340	5,840.232	12,893.108
2+614.354	1.400	1.400	5.400	5.010	6.012	18,738.740	5,846.244	12,892.496
2+620.000	1.830	1.680	9.130	8.700	10.440	18,747.870	5,856.684	12,891.186
2+640.000	4.440	0.170	62.720	18.560	22.272	18,810.590	5,878.956	12,931.634
2+660.000	7.540	0.000	119.800	1.750	2.100	18,930.390	5,881.056	13,049.334
2+675.724	13.520	0.000	165.580	0.000	0.000	19,095.970	5,881.056	13,214.914
2+680.000	14.830	0.000	60.990	0.000	0.000	19,156.960	5,881.056	13,275.904
2+690.000	13.980	0.000	144.660	0.000	0.000	19,301.620	5,881.056	13,420.564
2+692.773	13.080	0.000	37.650	0.000	0.000	19,339.270	5,881.056	13,458.214
2+700.000	15.010	0.000	102.020	0.000	0.000	19,441.290	5,881.056	13,560.234
2+709.822	12.860	0.000	137.770	0.000	0.000	19,579.060	5,881.056	13,698.004
2+720.000	11.180	0.000	122.330	0.000	0.000	19,701.390	5,881.056	13,820.334
2+740.000	9.350	0.000	205.320	0.000	0.000	19,906.710	5,881.056	14,025.654
2+760.000	9.560	0.000	189.080	0.000	0.000	20,095.790	5,881.056	14,214.734
2+780.000	3.670	0.000	132.250	0.000	0.000	20,228.040	5,881.056	14,346.984
2+800.000	1.410	0.060	50.750	0.630	0.756	20,278.790	5,881.812	14,396.978
2+820.000	0.400	1.290	18.050	13.510	16.212	20,296.840	5,898.024	14,398.816
2+826.870	0.290	1.920	2.360	11.010	13.212	20,299.200	5,911.236	14,387.964
2+830.000	0.270	2.190	0.850	6.500	7.800	20,300.050	5,919.036	14,381.014
2+840.000	0.330	2.480	2.920	23.600	28.320	20,302.970	5,947.356	14,355.614
2+840.979	0.360	2.490	0.340	2.430	2.916	20,303.310	5,950.272	14,353.038
2+850.000	0.840	2.140	5.190	21.190	25.428	20,308.500	5,975.700	14,332.800
2+855.088	1.320	1.560	5.310	9.560	11.472	20,313.810	5,987.172	14,326.638
2+860.000	2.040	1.010	8.250	6.300	7.560	20,322.060	5,994.732	14,327.328

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
2+880.000	5.970	0.030	80.110	10.410	12.492	20,402.170	6,007.224	14,394.946
2+900.000	10.140	0.000	161.130	0.340	0.408	20,563.300	6,007.632	14,555.668
2+920.000	12.360	0.000	224.970	0.000	0.000	20,788.270	6,007.632	14,780.638
2+940.000	12.150	0.000	245.110	0.000	0.000	21,033.380	6,007.632	15,025.748
2+960.000	5.300	3.520	174.530	35.240	42.288	21,207.910	6,049.920	15,157.990
2+971.373	2.400	6.220	43.810	55.390	66.468	21,251.720	6,116.388	15,135.332
2+980.000	0.000	17.390	11.080	91.060	109.272	21,262.800	6,225.660	15,037.140
2+990.000	0.000	20.070	0.000	173.750	208.500	21,262.800	6,434.160	14,828.640
2+998.686	0.250	3.320	1.160	95.980	115.176	21,263.960	6,549.336	14,714.624
3+000.000	0.980	2.730	0.860	3.660	4.392	21,264.820	6,553.728	14,711.092
3+010.000	9.080	0.560	52.010	15.010	18.012	21,316.830	6,571.740	14,745.090
3+020.000	0.000	4.110	46.810	22.590	27.108	21,363.640	6,598.848	14,764.792
3+025.999	0.000	7.520	0.000	33.300	39.960	21,363.640	6,638.808	14,724.832
3+040.000	0.000	3.350	0.000	76.140	91.368	21,363.640	6,730.176	14,633.464
3+060.000	0.240	7.940	2.360	112.880	135.456	21,366.000	6,865.632	14,500.368
3+080.000	7.060	0.000	72.950	79.360	95.232	21,438.950	6,960.864	14,478.086
3+100.000	13.040	0.000	201.000	0.000	0.000	21,639.950	6,960.864	14,679.086
3+109.001	14.030	0.000	121.840	0.000	0.000	21,761.790	6,960.864	14,800.926
3+110.000	14.160	0.000	14.090	0.000	0.000	21,775.880	6,960.864	14,815.016
3+120.000	11.250	0.000	126.090	0.000	0.000	21,901.970	6,960.864	14,941.106
3+130.000	6.190	0.000	86.290	0.000	0.000	21,988.260	6,960.864	15,027.396
3+140.000	2.850	0.130	44.380	0.690	0.828	22,032.640	6,961.692	15,070.948
3+150.000	1.330	2.180	20.230	11.810	14.172	22,052.870	6,975.864	15,077.006
3+160.000	0.430	5.620	8.440	39.560	47.472	22,061.310	7,023.336	15,037.974
3+162.629	0.350	6.310	0.980	15.870	19.044	22,062.290	7,042.380	15,019.910
3+170.000	0.240	6.790	2.070	48.930	58.716	22,064.360	7,101.096	14,963.264
3+180.000	1.440	3.820	8.090	54.190	65.028	22,072.450	7,166.124	14,906.326
3+190.000	2.390	0.330	18.690	21.450	25.740	22,091.140	7,191.864	14,899.276
3+200.000	3.990	0.000	31.370	1.720	2.064	22,122.510	7,193.928	14,928.582
3+210.000	4.910	0.000	43.690	0.000	0.000	22,166.200	7,193.928	14,972.272
3+216.257	5.040	0.000	30.490	0.000	0.000	22,196.690	7,193.928	15,002.762
3+220.000	5.310	0.000	19.360	0.000	0.000	22,216.050	7,193.928	15,022.122
3+240.000	9.730	0.000	150.320	0.000	0.000	22,366.370	7,193.928	15,172.442
3+260.000	5.640	0.110	153.660	1.120	1.344	22,520.030	7,195.272	15,324.758
3+260.374	5.420	0.230	2.070	0.060	0.072	22,522.100	7,195.344	15,326.756
3+270.000	1.940	0.210	34.320	2.150	2.580	22,556.420	7,197.924	15,358.496
3+280.000	0.780	1.500	13.050	8.860	10.632	22,569.470	7,208.556	15,360.914
3+282.496	0.670	1.970	1.730	4.510	5.412	22,571.200	7,213.968	15,357.232
3+290.000	0.750	3.640	5.120	21.780	26.136	22,576.320	7,240.104	15,336.216
3+300.000	1.890	1.770	12.700	27.910	33.492	22,589.020	7,273.596	15,315.424
3+304.617	2.380	0.490	9.500	5.400	6.480	22,598.520	7,280.076	15,318.444
3+320.000	9.680	0.000	92.770	3.770	4.524	22,691.290	7,284.600	15,406.690
3+340.000	10.100	0.000	197.780	0.000	0.000	22,889.070	7,284.600	15,604.470
3+360.000	7.590	0.000	176.830	0.000	0.000	23,065.900	7,284.600	15,781.300

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
3+380.000	10.730	0.000	183.150	0.000	0.000	23,249.050	7,284.600	15,964.450
3+400.000	11.180	0.000	219.140	0.000	0.000	23,468.190	7,284.600	16,183.590
3+420.000	11.450	0.000	226.340	0.000	0.000	23,694.530	7,284.600	16,409.930
3+440.000	11.190	0.000	226.410	0.000	0.000	23,920.940	7,284.600	16,636.340
3+460.000	6.390	0.020	175.790	0.210	0.252	24,096.730	7,284.852	16,811.878
3+470.148	4.880	0.530	57.190	2.800	3.360	24,153.920	7,288.212	16,865.708
3+480.000	2.560	2.270	37.960	12.750	15.300	24,191.880	7,303.512	16,888.368
3+490.000	0.000	6.360	13.300	41.450	49.740	24,205.180	7,353.252	16,851.928
3+496.634	0.000	9.570	0.000	50.850	61.020	24,205.180	7,414.272	16,790.908
3+500.000	0.000	4.840	0.000	23.130	27.756	24,205.180	7,442.028	16,763.152
3+510.000	9.080	0.000	45.870	23.000	27.600	24,251.050	7,469.628	16,781.422
3+520.000	13.570	0.000	113.450	0.000	0.000	24,364.500	7,469.628	16,894.872
3+523.120	13.010	0.000	41.300	0.000	0.000	24,405.800	7,469.628	16,936.172
3+540.000	12.020	0.000	211.210	0.000	0.000	24,617.010	7,469.628	17,147.382
3+560.000	13.140	0.000	251.590	0.000	0.000	24,868.600	7,469.628	17,398.972
3+580.000	9.280	0.000	224.180	0.000	0.000	25,092.780	7,469.628	17,623.152
3+600.000	9.900	0.000	191.780	0.000	0.000	25,284.560	7,469.628	17,814.932
3+620.000	14.760	0.000	246.620	0.000	0.000	25,531.180	7,469.628	18,061.552
3+623.562	14.910	0.000	52.850	0.000	0.000	25,584.030	7,469.628	18,114.402
3+630.000	15.370	0.000	97.580	0.000	0.000	25,681.610	7,469.628	18,211.982
3+633.115	14.250	0.000	46.220	0.000	0.000	25,727.830	7,469.628	18,258.202
3+640.000	13.760	0.000	96.760	0.000	0.000	25,824.590	7,469.628	18,354.962
3+642.668	13.700	0.000	36.830	0.000	0.000	25,861.420	7,469.628	18,391.792
3+660.000	10.850	0.000	212.780	0.000	0.000	26,074.200	7,469.628	18,604.572
3+680.000	3.530	0.000	143.840	0.000	0.000	26,218.040	7,469.628	18,748.412
3+700.000	0.000	5.410	35.340	54.130	64.956	26,253.380	7,534.584	18,718.796
3+720.000	0.000	15.320	0.000	207.350	248.820	26,253.380	7,783.404	18,469.976
3+722.381	0.000	16.620	0.000	38.020	45.624	26,253.380	7,829.028	18,424.352
3+730.000	0.000	24.560	0.000	153.650	184.380	26,253.380	8,013.408	18,239.972
3+734.921	0.000	17.900	0.000	101.880	122.256	26,253.380	8,135.664	18,117.716
3+740.000	0.000	9.900	0.000	70.060	84.072	26,253.380	8,219.736	18,033.644
3+747.460	0.040	2.580	0.130	47.090	56.508	26,253.510	8,276.244	17,977.266
3+760.000	7.130	0.000	44.930	16.160	19.392	26,298.440	8,295.636	18,002.804
3+780.000	5.590	0.390	127.160	3.870	4.644	26,425.600	8,300.280	18,125.320
3+800.000	1.260	4.530	68.460	49.160	58.992	26,494.060	8,359.272	18,134.788
3+803.892	0.970	5.800	4.330	20.100	24.120	26,498.390	8,383.392	18,114.998
3+810.000	0.450	9.920	4.890	38.060	45.672	26,503.280	8,429.064	18,074.216
3+816.077	0.000	12.420	1.580	54.880	65.856	26,504.860	8,494.920	18,009.940
3+820.000	0.000	14.850	0.010	44.660	53.592	26,504.870	8,548.512	17,956.358
3+828.263	0.000	20.550	0.000	130.430	156.516	26,504.870	8,705.028	17,799.842
3+840.000	0.000	23.110	0.000	256.260	307.512	26,504.870	9,012.540	17,492.330
3+849.747	0.000	16.110	0.000	191.140	229.368	26,504.870	9,241.908	17,262.962
3+850.000	0.000	15.880	0.000	4.050	4.860	26,504.870	9,246.768	17,258.102
3+860.000	2.980	9.250	16.060	107.620	129.144	26,520.930	9,375.912	17,145.018

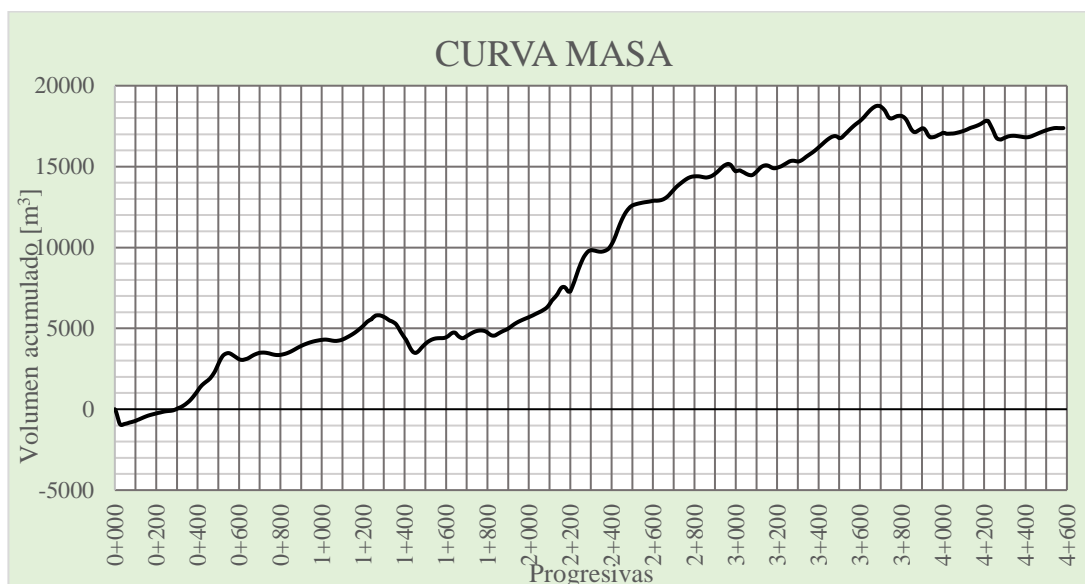
Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
3+865.014	6.150	6.570	24.440	30.320	36.384	26,545.370	9,412.296	17,133.074
3+870.000	6.470	5.720	33.010	22.920	27.504	26,578.380	9,439.800	17,138.580
3+880.000	14.300	1.850	108.970	28.220	33.864	26,687.350	9,473.664	17,213.686
3+880.282	14.330	1.780	4.030	0.510	0.612	26,691.380	9,474.276	17,217.104
3+900.000	3.670	0.610	177.550	23.530	28.236	26,868.930	9,502.512	17,366.418
3+900.815	3.070	0.610	2.750	0.500	0.600	26,871.680	9,503.112	17,368.568
3+910.000	0.070	7.740	13.390	32.370	38.844	26,885.070	9,541.956	17,343.114
3+920.000	0.000	25.390	0.420	139.590	167.508	26,885.490	9,709.464	17,176.026
3+920.607	0.000	25.660	0.000	13.170	15.804	26,885.490	9,725.268	17,160.222
3+930.000	0.480	23.760	2.570	191.200	229.440	26,888.060	9,954.708	16,933.352
3+940.000	1.650	5.270	11.750	115.230	138.276	26,899.810	10,092.984	16,806.826
3+940.398	1.610	4.940	0.650	2.030	2.436	26,900.460	10,095.420	16,805.040
3+960.000	7.380	0.000	88.140	48.380	58.056	26,988.600	10,153.476	16,835.124
3+980.000	4.990	0.160	123.740	1.570	1.884	27,112.340	10,155.360	16,956.980
3+984.615	4.950	0.240	22.920	0.910	1.092	27,135.260	10,156.452	16,978.808
3+990.000	7.240	0.070	33.730	0.730	0.876	27,168.990	10,157.328	17,011.662
4+000.000	6.670	0.130	70.970	0.840	1.008	27,239.960	10,158.336	17,081.624
4+000.608	6.250	0.310	3.930	0.130	0.156	27,243.890	10,158.492	17,085.398
4+010.000	2.480	10.260	42.120	43.430	52.116	27,286.010	10,210.608	17,075.402
4+016.602	2.220	5.100	16.220	44.390	53.268	27,302.230	10,263.876	17,038.354
4+020.000	2.200	2.420	7.510	12.770	15.324	27,309.740	10,279.200	17,030.540
4+033.039	1.750	0.290	25.720	17.660	21.192	27,335.460	10,300.392	17,035.068
4+040.000	1.130	0.440	9.520	2.700	3.240	27,344.980	10,303.632	17,041.348
4+045.343	0.880	0.550	5.000	2.770	3.324	27,349.980	10,306.956	17,043.024
4+050.000	1.590	0.240	5.380	1.940	2.328	27,355.360	10,309.284	17,046.076
4+057.648	2.490	0.000	15.040	0.990	1.188	27,370.400	10,310.472	17,059.928
4+060.000	2.630	0.000	6.020	0.000	0.000	27,376.420	10,310.472	17,065.948
4+080.000	3.390	0.000	60.240	0.000	0.000	27,436.660	10,310.472	17,126.188
4+100.000	4.440	0.000	78.320	0.000	0.000	27,514.980	10,310.472	17,204.508
4+113.690	5.300	0.000	66.680	0.000	0.000	27,581.660	10,310.472	17,271.188
4+120.000	6.250	0.000	36.270	0.000	0.000	27,617.930	10,310.472	17,307.458
4+124.282	6.540	0.000	27.180	0.000	0.000	27,645.110	10,310.472	17,334.638
4+130.000	5.620	0.000	34.560	0.000	0.000	27,679.670	10,310.472	17,369.198
4+134.874	4.800	0.000	25.300	0.000	0.000	27,704.970	10,310.472	17,394.498
4+140.000	4.070	0.000	22.740	0.000	0.000	27,727.710	10,310.472	17,417.238
4+160.000	4.310	0.000	83.820	0.000	0.000	27,811.530	10,310.472	17,501.058
4+180.000	6.860	0.000	111.690	0.000	0.000	27,923.220	10,310.472	17,612.748
4+190.636	8.380	0.000	81.000	0.000	0.000	28,004.220	10,310.472	17,693.748
4+200.000	7.760	0.000	75.280	0.000	0.000	28,079.500	10,310.472	17,769.028
4+205.293	7.380	0.000	39.870	0.000	0.000	28,119.370	10,310.472	17,808.898
4+210.000	4.810	0.000	28.520	0.000	0.000	28,147.890	10,310.472	17,837.418
4+219.949	0.000	7.100	23.780	34.930	41.916	28,171.670	10,352.388	17,819.282
4+220.000	0.000	7.170	0.000	0.360	0.432	28,171.670	10,352.820	17,818.850
4+240.000	0.000	34.130	0.000	413.030	495.636	28,171.670	10,848.456	17,323.214

Progresiva	Áreas		Volúmenes		Volumen corregido relleno	Vol. Acum. Corte	Vol. Acum. Relleno	Vol. Total acumulado
	Área corte	Área relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno				
	m ²	m ²	m ³	m ³				
4+260.000	0.000	11.570	0.000	457.070	548.484	28,171.670	11,396.940	16,774.730
4+280.000	3.620	0.000	36.160	115.720	138.864	28,207.830	11,535.804	16,672.026
4+285.092	5.580	0.000	23.410	0.000	0.000	28,231.240	11,535.804	16,695.436
4+290.000	6.790	0.000	29.140	0.000	0.000	28,260.380	11,535.804	16,724.576
4+297.703	5.690	0.000	45.560	0.000	0.000	28,305.940	11,535.804	16,770.136
4+300.000	5.790	0.000	12.440	0.000	0.000	28,318.380	11,535.804	16,782.576
4+310.000	5.540	0.000	53.990	0.000	0.000	28,372.370	11,535.804	16,836.566
4+310.314	5.430	0.000	1.720	0.000	0.000	28,374.090	11,535.804	16,838.286
4+320.000	2.920	0.000	40.440	0.000	0.000	28,414.530	11,535.804	16,878.726
4+340.000	0.160	0.260	30.830	2.600	3.120	28,445.360	11,538.924	16,906.436
4+360.000	0.000	1.660	1.650	19.220	23.064	28,447.010	11,561.988	16,885.022
4+380.000	0.000	1.610	0.000	32.700	39.240	28,447.010	11,601.228	16,845.782
4+400.000	0.020	1.080	0.150	26.850	32.220	28,447.160	11,633.448	16,813.712
4+420.000	3.700	0.000	37.120	10.770	12.924	28,484.280	11,646.372	16,837.908
4+440.000	6.080	0.000	97.810	0.000	0.000	28,582.090	11,646.372	16,935.718
4+460.000	4.990	0.000	110.730	0.000	0.000	28,692.820	11,646.372	17,046.448
4+480.000	5.530	0.000	105.240	0.000	0.000	28,798.060	11,646.372	17,151.688
4+500.000	4.000	0.000	95.300	0.000	0.000	28,893.360	11,646.372	17,246.988
4+520.000	3.980	0.000	79.740	0.000	0.000	28,973.100	11,646.372	17,326.728
4+537.623	1.730	0.000	50.290	0.000	0.000	29,023.390	11,646.372	17,377.018
4+540.000	1.390	0.000	3.730	0.000	0.000	29,027.120	11,646.372	17,380.748
4+546.201	0.460	0.050	5.780	0.170	0.204	29,032.900	11,646.576	17,386.324
4+550.000	0.120	0.350	1.110	0.760	0.912	29,034.010	11,647.488	17,386.522
4+554.779	0.000	0.810	0.310	2.750	3.300	29,034.320	11,650.788	17,383.532
4+560.000	0.000	0.800	0.020	4.180	5.016	29,034.340	11,655.804	17,378.536
4+580.000	0.920	0.000	9.200	7.960	9.552	29,043.540	11,665.356	17,378.184
4+583.061	2.120	0.000	4.650	0.000	0.000	29,048.190	11,665.356	17,382.834

Elaboración: propia

Nota: el volumen de relleno se ha corregido por un factor de esponjamiento de 1.200

Figura N° 29. Curva masa. Tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.



Cuadro N° 85. Resumen de volúmenes de corte tramo 2. Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza.

Volumen de corte				
Progresivas		Excavación (m ³)	Clasificada 60%	Roca c/explosivos 40%
0+000.000	0+120.000	406.830	244.098	162.732
0+120.000	2+360.000	15,106.660	15,106.660	
2+360.000	2+500.000	2,839.060	1,703.446	1,135.624
2+500.000	4+583.061	10,695.640	10,695.640	
Totales		29,048.190	27,749.834	12,98.36

Para la realización de cálculos métricos en tramos donde existe excavación clasificada y roca se adoptó un porcentaje de 60% y 40% respectivamente.

Cuadro N° 86. Resumen de volúmenes de relleno tramo 2. Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza.

Volumen de relleno		
Progresivas		Relleno (m ³)
0+000.000		4+583.061
Totales		11,665.356

Cuadro N° 87. Transporte y depósito de materiales tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

Progresivas		Vol. Corte	Vol. Relleno	Material de traslado	Traslado a progresivas o Depósitos de material
Inicio	Final	m ³	m ³	m ³	m ³
0+000.000	0+500.000	3,832.550	1,037.112	2,795.438	Depósito de Material N°2 (2795.438m ³)
0+500.000	1+000.000	2,106.510	614.124	1,492.386	Progresiva 1+000-1+500 (878.262m ³) – Depósito de Material N°2 (614.124m ³)
1+000.000	1+500.000	2,517.870	2,767.824	-249.954	Depósito de Material de Relleno (249.954m ³)
1+500.000	2+000.000	2,411.340	759.312	1,652.028	Depósito de Material N°2 (1652.028m ³)
2+000.000	2+500.000	7,484.280	578.748	6,905.532	Depósito de Material N°2 (6905.532m ³)
2+500.000	3+000.000	2,912.270	796.608	2,115.662	Depósito de Material N°2 (2115.662m ³)
3+000.000	3+500.000	2,940.360	888.300	2,052.060	Depósito de Material N°2 (2052.060m ³)
3+500.000	4+000.000	3,034.780	2,716.308	318.472	Depósito de Material N°2 (318.472m ³)
4+000.000	4+583.061	1,808.230	1,507.020	301.210	Depósito de Material N°2 (301.210m ³)
Totales		29,048.190	11,665.356	17,382.834	

2.5. DISEÑO ESTRUCTURAL.

En esta memoria se presenta el diseño para la carpeta asfáltica del camino “Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza”. La longitud total de la carretera es de 7,203 km, con un ancho de 3.00 m por carril y 0.5 de berma a cada lado

El proyecto ha sido dividido en tramos. Estos tramos se enumeran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 88. Tramos camino Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

Tramo	Longitud
	(km)
Rancho Norte - Santa Bárbara Grande	2.620
Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza	4.583
Total	7.203

El diseño del pavimento flexible se aplica el método AASHTO-93, el cual se detalla a continuación.

2.5.1. Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO-93.

El modelo básico del método AASHTO, se resume en la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \cdot \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{1094} + 2.32 \cdot \log M_R - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}$$

Los parámetros y valores necesarios para resolver la ecuación se describen en las siguientes secciones.

2.5.1.1. Módulo resiliente.

La propiedad que se usa para caracterizar la subrasante es el módulo resiliente “Mr”. Este valor es una medida de la elasticidad del suelo reconociendo características no lineales. El módulo resiliente puede ser utilizado directamente para el diseño de pavimentos flexibles.

El método utilizado para caracterizar la subrasante es el método de valor soporte california C.B.R. ya que el equipo necesario para utilizar el Mr es costoso y no disponible.

La AASHTO proporciona la siguiente ecuación para correlacionar valores de C.B.R. menores o iguales a 10% y para materiales de grano fino y empapado.

$$M_R = 1500 \cdot CBR$$

Mr en psi y CBR en %, para suelos finos con CBR menor a 10%

De acuerdo a la experiencia en Latinoamérica, las ecuaciones que se presentan a continuación son las más utilizadas y las que han sido aplicadas en el presente diseño:

$$M_R = 17.600 \cdot CBR^{0.640}$$

Mr en MPa y CBR en %, para suelos finos con CBR menor a 12%

$$M_R = 22.100 \cdot CBR^{0.550}$$

Mr en MPa y CBR en %, para suelos granulares 12% < CBR < 80%

CBR de diseño.

El CBR de diseño se consiguió de los datos obtenidos del estudio de suelos y materiales, se utilizaron los valores de CBR al 95% del proctor modificado AASHTO t-180.

De los valores obtenidos en el estudio de suelos, se tomó el CBR de diseño al 90% de ocurrencia. Los valores obtenidos para la carretera en estudio:

Cuadro N° 89. Valores de soporte de la subrasante

Tramo	CBR < 90% ocurrencia	M _r	M _r
		(psi)	(MPa)
Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza	11.783%	12,445.432	85.807

Materiales de construcción.

El pavimento flexible consiste de una subrasante preparada, sub base, base y una superficie bituminosa.

Sub base. - es la porción del pavimento entre la base y la subrasante. Consiste de material granular. Las especificaciones, granulometría de los materiales se ven en la especificación M147 de la AASHTO con CBR mayor o igual a 30%

Base. - la base es la capa inmediatamente debajo de la superficie. Construida encima de la sub base. Consiste de agregado de piedra triturada. Las especificaciones para la capa base son más estrictas que las de la sub base. Las especificaciones, granulometría de los materiales se ven en la especificación M147 de la AASHTO con CBR mayor o igual a 80%

Bajo estas premisas se calcula y definen los módulos de resiliencia de las capas del pavimento flexible como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 90. Módulo de resiliencia de las capas del pavimento flexible

Capa	CBR	M _r	M _r
		(psi)	(MPa)
Carpeta asfáltica	-----	435,000.00	3,000.000
Base granular triturada	80.00%	35,692.713	246.089
Sub base granular	30.00%	20,811.182	143.486

2.5.1.2. Periodo de diseño.

El periodo de diseño definido para un pavimento flexible con mantenimiento es de 20 años

2.5.1.3. Índice de serviciabilidad.

La serviciabilidad de un pavimento está definida como la habilidad de servir a tráfico de alto volumen y alta velocidad. Se mide por medio del índice de serviciabilidad actual “psi”, que es una escala que va desde el 5 (camino perfecto) hasta 0 (camino imposible). No se toma en cuenta la pérdida de serviciabilidad por el hinchamiento debido a que se planea la remoción del suelo expansivo.

2.5.1.3.1. Serviciabilidad inicial.

Se llama serviciabilidad inicial “ p_o ” al valor de psi que tendrá un pavimento inmediatamente luego de la construcción. En la mayoría de los casos la serviciabilidad inicial debe ser mayor a 4. Según la AASHTO tenemos:

- pavimentos flexibles: $p_o = 4.200$

2.5.1.3.2. Serviciabilidad final.

Serviciabilidad terminal “ p_t ” es el valor de psi mínimo tolerable de un pavimento. Cuando la serviciabilidad de un pavimento alcanza este valor, se requiere rehabilitación. Para volúmenes bajos de tránsito la AASHTO recomienda un valor de $p_t = 2.500$

Se ha tomado una serviciabilidad inicial de 4.200 y serviciabilidad final de proyecto de 2.500, con una diferencia entre ambos de $\Delta\text{psi} = 1.700$, conforme recomienda la guía de la AASHTO.

2.5.1.4. Número total de ejes simples y equivalentes.

Según el estudio de tráfico expuesto en la sección 2.3.4 se tiene un número total de ejes equivalentes de $W_{18} = 2.826 \times 10^5$ ESALs

2.5.1.5. Confiabilidad.

La confiabilidad de un proceso de diseño de un pavimento es la probabilidad de que una sección diseñada con ese proceso rendirá satisfactoriamente con las condiciones de tráfico y ambientales para el período de diseño.

Los parámetros que miden esa confiabilidad son dos:

- Nivel de confiabilidad
- Desviación estándar

2.5.1.5.1. Nivel de confiabilidad.

El nivel de confiabilidad es la probabilidad en porcentaje de que la estructura dure el período de diseño. Esta probabilidad es extraída de una curva de distribución normal. La selección de este parámetro depende del uso e importancia del pavimento. Un nivel de confiabilidad alto implica mayores costos iniciales, pero menores costos de mantenimiento. Según recomendaciones de la AASHTO, para una carretera rural, arterial el rango es de 75-95, se adoptará un $r = 80\%$.

La desviación normal standard para el grado de confiabilidad r elegido es $Z_r = -0.841$

2.5.1.5.2. Desviación estándar.

La desviación estándar es una medición de los errores o variabilidad de los datos introducidos, propiedades de los materiales, tráfico, propiedades de la subrasante, condiciones climáticas y calidad de construcción. En la ausencia de valores locales, la AASHTO recomienda los siguientes valores:

- Pavimentos flexibles: $s_o = 0.440$

2.5.1.6. Coeficientes estructurales de las capas.

El coeficiente estructural de una capa representa la relación empírica entre el número estructural SN y el espesor de dicha capa, siendo una medida de la capacidad relativa del material para actuar como componente estructural de un dado pavimento.

El método AASHTO (guía de diseño de pavimentos AASHTO – 93) presenta las siguientes fórmulas para de obtener el valor del coeficiente estructural.

- Carpeta asfáltica.

$$a_1 = 0.400 \cdot \log \frac{E_{CA}}{435} + 0.440$$

$$0.200 \leq a_1 \leq 0.440$$

Donde:

Módulo de elasticidad del asfalto a 68°F (20°C) $E_{CA} = 435$ ksi

Coefficiente estructural carpeta asfáltica $a_1 = 0.440$

- Base granulares.

$$a_2 = 0.250 \cdot \log \frac{E_B}{23} + 0.110$$

$$0.060 \leq a_2 \leq 0.200$$

Donde:

Módulo resiliente de la base granular $E_B = 36$ ksi

Coefficiente estructural base granular $a_2 = 0.160$

- **Sub base granulares.**

$$a_3 = 0.230 \cdot \log \frac{E_{SB}}{23} + 0.150$$

$$0.060 \leq a_3 \leq 0.200$$

Donde:

Módulo resiliente de la sub base granular $E_{SB} = 21$ ksi

Coefficiente estructural sub base granular $a_2 = 0.140$

- **Tratamiento superficial doble.**

El coeficiente estructural para el tratamiento superficial doble es igual $a=0.160$, valor obtenido de la tabla 5.2 de la guía de diseño la AASTHO, parte III.

2.5.1.7. Coeficiente de drenaje.

El método AASHTO propone la utilización de los coeficientes modificados para las capas de pavimento, en función de las características de drenaje de los materiales. Para eso, la calidad del drenaje es definida en función del tiempo exigido para la remoción del agua del pavimento.

Se consideraron los coeficientes de drenaje en función del material empleado y de la posición de la capa en la estructura. Además, se eso, en las tablas indicadas en la guía de la AASHTO que la calidad del drenaje será regular, es decir, el tiempo de remoción del agua del pavimento será de cerca de una semana, y el porcentaje de tiempo a que el pavimento estará sujeto a condiciones de humedad próxima de la saturación será de 5% y 25%. Resulta que para la capa base, sub base y refuerzo, se adoptó coeficiente igual a $m_1 = 0.950$ y $m_2 = 0.950$

Cuadro N° 91. Calidad de drenaje en función al tiempo en que alcanza 85 % de saturación.

Calidad de drenaje	85% de saturación alcanzado en:
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente: guía de diseño AASHTO, parte ii, sección 2.4.1

Cuadro N° 92. Coeficiente de drenaje en relación al porcentaje de tiempo que el pavimento está sometido a niveles de saturación y la calidad de drenaje.

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está sometido a niveles cercanos de saturación			
	Menos de 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	1.250 - 1.200	1.200 - 1.150	1.150 - 1.100	1.100
Buena	1.250 - 1.150	1.150 - 1.100	1.100 - 1.000	1.000
Regular	1.150 - 1.100	1.100 - 1.000	1.000 - 0.900	0.900
Pobre	1.100 - 1.000	1.000 - 0.900	0.900 - 0.800	0.800
Muy pobre	1.000 - 0.900	0.900 - 0.800	0.800 - 0.700	0.700

Fuente: guía de diseño AASHTO, parte I, sección 1.8

2.5.1.8. Numero de estructural

Con los parámetros y valores determinados posteriormente se determina el numero estructural.

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \cdot \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log M_R - 8.07$$

Para un periodo de diseño de 20 años.

Numero de ejes equivalentes	$W_{18} =$	282,561.008	ESALs
Serviciabilidad inicial.	$P_o =$	4.200	
Serviciabilidad final.	$P_f =$	2.500	
Diferencia serviciabilidad.	$\Delta\psi =$	1.700	
Nivel de confianza.	$R =$	80.000%	
Desviación normal.	$Z_r =$	-0.841	
Desviación estándar.	$S_o =$	0.440	
Módulo resiliente de la subrasante.	$M_r =$	12,445.432	psi
Numero estructural	$S_n =$	2.141	plg
	$S_n =$	54.369	mm

Para un periodo de diseño de 7 años.

Numero de ejes equivalentes	$W_{18} =$	46,407.537	ESALs
Serviciabilidad inicial.	$P_o =$	4.200	
Serviciabilidad final.	$P_f =$	2.500	
Diferencia serviciabilidad.	$\Delta\psi =$	1.700	
Nivel de confianza.	$R =$	80.000%	
Desviación normal.	$Z_r =$	-0.841	
Desviación estándar.	$S_o =$	0.440	
Módulo resiliente de la subrasante.	$M_r =$	12,445.432	psi
Numero estructural	$S_n =$	1.565	plg
	$S_n =$	39.758	mm

2.5.2. Determinación de espesores de las capas del pavimento flexible.**2.5.2.1. Alternativa I: construcción con carpeta asfáltica.**

Los espesores de la capa del pavimento flexible serán definidos por criterios constructivos para las carpeta asfáltica y capa base según los valores mínimos establecidos por la guía de diseño AASHTO y el espesor de la capa sub base será determinada resolviendo la siguiente ecuación.

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_1 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_2$$

Donde:

SN= 54.369 mm Numero estructural necesario

a_1 = 0.440 Coeficiente estructural carpeta asfáltica

a_2 = 0.160 Coeficiente estructural capa base

a_3 = 0.140 Coeficiente estructural capa sub base

m_1 = 0.950 Coeficiente drenaje capa base

m_2 = 0.950 Coeficiente drenaje capa sub base

D_1 = Espesor de la carpeta asfáltica

D_2 = Espesor de la capa base

D_3 = Espesor de la capa sub base

Los valores mínimos de la carpeta asfáltica y base granular se definen en base al siguiente cuadro.

Cuadro N° 93. Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular

Numero de ESALs	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50.000	2.500cm o ts	10.000cm
50.000 - 150.000	5.000cm	10.000cm
150.000 - 500.000	6.500cm	10.000cm
500.000 - 2.000.000	7.500cm	15.000cm
2.000.000 - 7.000.000	9.000cm	15.000cm
Más de 7.000.000	10.000cm	15.000cm

Fuente: AASHTO guía de diseño parte II. Sección 3.1.4.

Se tiene 282,561.008 ESALs lo que corresponde a un espesor de carpeta asfáltica de 65 mm y base granular de 100 mm

Resolviendo la ecuación se tiene un espesor de sub base igual a

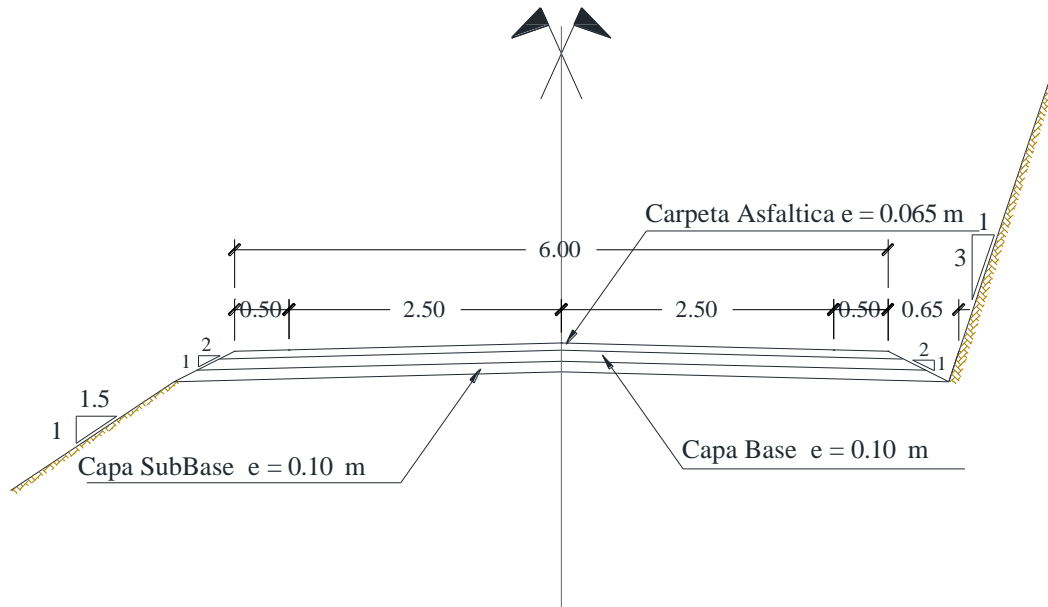
$D_3=81.097$ mm constructivamente se adopta $D_3 = 100.000$ mm

Verificación.

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$SN_1+SN_2+SN_3 =$	56.884	>	$SN=$	54.369	Verifica
--------------------	--------	---	-------	--------	----------

Figura N° 30. Espesores pavimento flexible alternativa I.



2.5.2.2. Alternativa II: construcción inicial con tratamiento superficial doble

Los espesores de la capa del pavimento flexible serán definidos por criterios constructivos para las carpeta asfáltica y capa base según los valores mínimos establecidos por la guía de diseño AASHTO y el espesor de la capa sub base será determinada resolviendo la siguiente ecuación.

$$SN = a_0 \cdot D_0 + a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_1 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_2$$

Donde:

$SN=$ 39.758 mm Numero estructural inicial (n=7 años)

$SN=$ 54.369 mm Numero estructural final (n=20 años)

$a_0=$ 0.160 Coeficiente estructural tratamiento superficial doble

$a_1=$ 0.440 Coeficiente estructural carpeta asfáltica

$a_2=$ 0.160 Coeficiente estructural capa base

$a_3=$ 0.140 Coeficiente estructural capa sub base

- $m_1 = 0.950$ Coeficiente drenaje capa base
 $m_2 = 0.950$ Coeficiente drenaje capa sub base
 $D_0 =$ Espesor tratamiento superficial doble
 $D_1 =$ Espesor de la carpeta asfáltica
 $D_2 =$ Espesor de la capa base
 $D_3 =$ Espesor de la capa sub base

Para un número estructural inicial $SN = 39,758$ correspondiente a un número ejes equivalente de 46,407.537 ESALs para 7 años y definiendo un espesor de tratamiento superficial doble de 25.000 mm y base granular de 100.000 mm, resolviendo la ecuación se tiene un espesor de sub base igual a:

$D_3 = 169.689$ mm constructivamente se adopta $D_3 = 170.000$ mm

Una vez cumplida la vida útil del tratamiento superficial doble, se realizará la construcción de una carpeta asfáltica que cubra un estructural final $SN = 54.369$ mm correspondiente a un número ejes equivalente de 282,561.008 ESALs con proyección de 20 años ya definidas las capa base granular, sub base, resolviendo la ecuación se tiene un espesor de carpeta asfáltica igual a:

$D_1 = 29.034$ mm constructivamente se adopta $d_1 = 30.000$ mm

Verificación.

$$SN_0 + SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN$$

$SN_0 + SN_1 + SN_2 + SN_3 =$	59.194	>	$SN =$	54.369	Verifica
-------------------------------	--------	---	--------	--------	----------

Los espesores del pavimento flexible son los siguientes.

Alternativa I: construcción con carpeta asfáltica.

Cuadro N° 94. Espesores pavimento flexible alternativa I

Periodo de diseño	Capa	Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza
2017 – 2037 (n=20 años)	Carpeta asfáltica	6,500 cm
	Base triturada	10.000 cm
	Sub base granular	10.000 cm

Alternativa II: construcción inicial con tratamiento superficial doble.

Cuadro N° 95. Espesores pavimento flexible alternativa II

Periodo de diseño	Capa	Santa Bárbara Grande - Erquis Oropeza
2017 – 2024 (n=7 años)	Tratamiento superficial doble	2.500 cm
	Base triturada	10.000 cm
	Sub base granular	17.000 cm
2025 - 2037 (n=13 años)	Carpeta asfáltica	3.000 cm

2.6. DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE.

2.6.1. Diseño de cunetas.

Para el diseño de las cunetas, se está considerando el tramo más crítico de todo el trazo del camino, por motivos constructivos.

El material que se usara para la construcción de cuneas son:

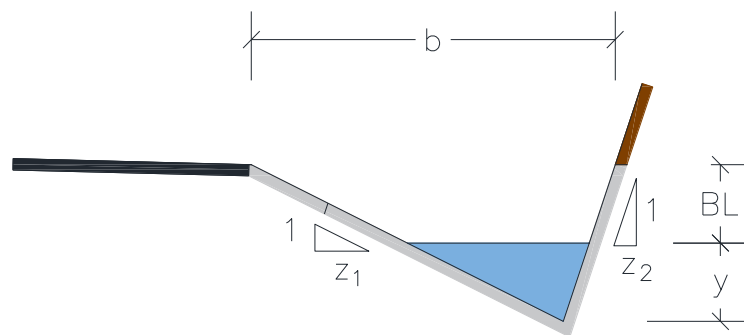
- Datos

Coeficiente de rugosidad. $n= 0.015$

Talud lado derecho. $z_1= 2.000$

Talud lado izquierdo. $z_2= 0.333$

Figura N° 31. Sección tipo cunetas



Longitud de cuneta. $L= 113.070 \text{ m}$

Ancho derecho de vía. $d= 50.000 \text{ m}$

Ancho de carril. $a= 3.000 \text{ m}$

Intensidad máxima.	$i_{\max} = 43.700$ mm/h
Área de aporte.	$A_p = 0.565$ ha
Coefficiente de escorrentía ponderado.	$C_p = 0.521$

Se aplicará el método racional para determinar el caudal de diseño de las cunetas:

$$Q_d = 27.520 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Donde:

Coefficiente de escorrentía	$C = 0.521$
Área de aporte	$A = 0.565$ ha
Intensidad máxima	$i = 4.370$ cm/hr
Caudal maximo.	$Q_d = 35.423$ l/s

Para diseñar la cuneta de este tramo se utilizará la ecuación de Manning

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot S_o^{1/2}$$

Donde:

Caudal maximo	$Q = 35.423$ l/s
Coefficiente de rugosidad	$n = 0.015$
Pendiente normal	$S_o = 0.035$ m/m por topografía

Iterando la ecuación se obtiene el valor del tirante normal:

$$y = 0.135 \text{ m}$$

Se adopta un borde libre.

$$BL = 0.141 \text{ m}$$

La altura total de la cuneta se igual a:

$$h = 0.280 \text{ m}$$

Resultados del diseño.

Ancho de espejo de agua	$T = 0.316$ m
-------------------------	---------------

Área hidráulica	A= 0.021 m ²
Perímetro mojado	P= 0.446 m
Radio hidráulico	R= 0.048 m
Velocidad normal	v= 1.656 m/s > 0.600 m/s Verifica velocidad mínima

La sección tipo adoptada para el diseño:

$$h = 0.280 \text{ m}$$

$$b = 0.650 \text{ m}$$

A continuación, se presenta el resumen del diseño de las cunetas del camino.

Cuadro N° 96. Resumen diseño de cunetas tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande

N°	Progresiva		Longitud [m]	Dimensiones cuneta		Caudal [l/s]	Observación	
	Inicio	Final		b [m]	h [m]			
1	0+000.000	0+113.070	113.070	0.650	0.280	35.423	Izquierda	Derecha
2	0+113.070	0+213.990	100.920	0.650	0.280	31.617		Derecha
3	0+213.990	0+259.210	45.220	0.650	0.280	14.167	Izquierda	Derecha
4	0+358.700	0+363.700	5.000	0.650	0.280	1.566	Izquierda	Derecha
5	0+400.000	0+503.620	103.620	0.650	0.280	32.462	Izquierda	Derecha
6	0+503.620	0+529.210	25.590	0.650	0.280	8.017	Izquierda	Derecha
7	0+529.210	0+660.000	130.790	0.650	0.280	40.974		Derecha
8	0+660.000	0+760.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
9	0+760.000	0+860.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
10	0+860.000	0+960.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
11	0+960.000	1+060.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
12	1+060.000	1+120.000	60.000	0.650	0.280	18.797	Izquierda	Derecha
13	1+204.200	1+305.300	101.100	0.650	0.280	31.673	Izquierda	Derecha
14	1+305.300	1+420.000	114.700	0.650	0.280	35.934	Izquierda	Derecha
15	1+427.100	1+443.150	16.050	0.650	0.280	5.028		Derecha
16	1+616.110	1+720.000	103.890	0.650	0.280	32.547	Izquierda	Derecha
17	1+720.000	1+820.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
18	1+820.000	1+920.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
19	1+920.000	2+005.310	85.310	0.650	0.280	26.726	Izquierda	Derecha
20	2+180.000	2+260.000	80.000	0.650	0.280	25.063	Izquierda	Derecha
21	2+260.000	2+290.030	30.030	0.650	0.280	9.408		Derecha
22	2+400.000	2+500.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
23	2+500.000	2+620.310	120.310	0.650	0.280	37.691	Izquierda	Derecha

Elaboración: propia

Cuadro N° 97. Resumen diseño de cunetas tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

N°	Progresiva		Longitud [m]	Dimensiones cuneta		Caudal [l/s]	Observación	
	Inicio	Final		b [m]	h [m]			
1	0+040.000	0+080.000	40.000	0.650	0.280	12.531		Derecha
2	0+080.000	0+180.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
3	0+180.000	0+280.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
4	0+280.000	0+380.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
5	0+380.000	0+480.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
6	0+480.000	0+540.000	60.000	0.650	0.280	18.797	Izquierda	Derecha
7	0+617.260	0+700.000	82.740	0.650	0.280	25.921	Izquierda	Derecha
8	0+790.000	0+900.000	110.000	0.650	0.280	34.461	Izquierda	Derecha
9	0+900.000	1+000.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
10	1+080.000	1+180.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
11	1+180.000	1+260.000	80.000	0.650	0.280	25.063	Izquierda	Derecha
12	1+260.000	1+340.000	80.000	0.650	0.280	25.063	Izquierda	
13	1+460.000	1+540.000	80.000	0.650	0.280	25.063	Izquierda	Derecha
14	1+590.000	1+630.000	40.000	0.650	0.280	12.531	Izquierda	Derecha
15	1+680.000	1+760.000	80.000	0.650	0.280	25.063		Derecha
16	1+830.000	1+880.000	50.000	0.650	0.280	15.664		Derecha
17	1+900.000	2+000.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
18	2+000.000	2+120.000	120.000	0.650	0.280	37.594	Izquierda	Derecha
19	2+120.000	2+220.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
20	2+220.000	2+300.000	80.000	0.650	0.280	25.063	Izquierda	Derecha
21	2+304.700	2+400.000	95.300	0.650	0.280	29.856	Izquierda	Derecha
22	2+400.000	2+500.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
23	2+500.000	2+600.000	100.000	0.650	0.280	31.328		Derecha
24	2+600.000	2+700.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
25	2+700.000	2+800.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
26	2+800.000	2+900.000	100.000	0.650	0.280	31.328		Derecha
27	2+900.000	2+971.370	71.370	0.650	0.280	22.359		Derecha
28	2+998.690	3+010.000	11.310	0.650	0.280	3.543		Derecha
29	3+080.000	3+180.000	100.000	0.650	0.280	31.328		Derecha
30	3+180.000	3+280.000	100.000	0.650	0.280	31.328		Derecha
31	3+280.000	3+380.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
32	3+380.000	3+480.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
33	3+510.000	3+620.000	110.000	0.650	0.280	34.461	Izquierda	Derecha
34	3+620.000	3+680.000	60.000	0.650	0.280	18.797	Izquierda	Derecha
35	3+760.000	3+803.890	43.890	0.650	0.280	13.750	Izquierda	
36	3+860.000	3+960.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	
37	3+960.000	4+060.000	100.000	0.650	0.280	31.328		Derecha
38	4+060.000	4+160.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
39	4+160.000	4+210.000	50.000	0.650	0.280	15.664	Izquierda	Derecha
40	4+280.000	4+320.000	40.000	0.650	0.280	12.531	Izquierda	Derecha
41	4+420.000	4+520.000	100.000	0.650	0.280	31.328	Izquierda	Derecha
42	4+520.000	4+583.060	63.060	0.650	0.280	19.756	Izquierda	Derecha

Elaboración: propia

Longitud total de cunetas: 5483.27 m

2.6.2. Diseño de alcantarillas de alivio.

Las alcantarillas de alivio tendrán una sección circular debido a que es la sección hidráulica más eficiente, por tal motivo se diseña la sección con el tirante al 60% del diámetro.

- Diseño alcantarilla de alivio N°1

Para diseñar la alcantarilla de este tramo se utilizará la ecuación de Manning y continuidad

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot S_o^{1/2}$$

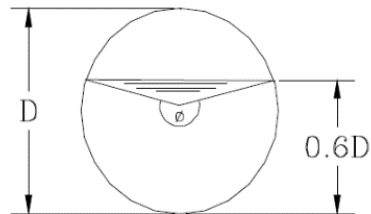
Donde:

Caudal maximo $Q = 220.059$ l/s

Coefficiente de rugosidad $n = 0.018$

Pendiente normal $S_o = 0.050$ m/m por topografía

Figura N° 32. Sección tipo alcantarilla de alivio.



Formulas propiedades geométricas canal circular.

$$\theta = 2 \cdot \arcsin \left(\frac{D - 2 \cdot Y}{D} \right)$$

$$A = D^2 \cdot (\theta - \sin \theta) / 8$$

$$P = \pi \cdot \theta \cdot D / 360$$

Diseño a 0.60 del diámetro $Y = 0.60 D$

$$\theta = 2 \cdot \arcsin \left(\frac{D - 2 \cdot 0.6D}{D} \right)$$

$$\theta = 203.074$$

Perímetro mojado

$$P = \pi \cdot \theta \cdot D / 360$$

$$P = 1.772 D$$

Angulo interno

$$\theta_r = \pi \cdot \theta / 180$$

$$\theta_r = 3.544$$

Área hidráulica

$$A = D^2 \cdot (\theta - \text{Sin}\theta) / 8$$

$$A = 0.490 D^2$$

Radio hidráulico

$$R = 0.278 D$$

Reemplazando valores en la ecuación de Manning se tiene:

$$D = 0.396 \text{ m}$$

Adoptamos un D comercial por seguridad

$$D = 1.000 \text{ m}$$

A continuación, se presenta un resumen del diseño de las alcantarillas de alivio del camino.

Cuadro N° 98. Resumen de diseño de alcantarillas de alivio tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

N°	Progresiva	Intensidad	Área	Coeficiente de escorrentía. C	Caudal	Diámetro
	Inicio	cm/hr	ha		l/s	m
1	0+259.210	2.468	5.400	0.600	220.059	1.000
2	0+529.210	2.468	7.200	0.600	293.412	1.000
3	0+749.210	2.468	7.200	0.600	293.412	1.000
4	0+929.210	2.468	4.000	0.600	163.006	1.000

N°	Progresiva	Intensidad	Área	Coeficiente de escorrentía. C	Caudal	Diámetro
	Inicio	cm/hr	ha		l/s	m
5	1+109.210	2.468	7.200	0.600	293.412	1.000
6	1+289.210	2.468	7.200	0.600	293.412	1.000
7	1+469.210	2.468	7.200	0.600	293.412	1.000
8	1+649.210	2.468	8.000	0.600	326.013	1.000
9	1+829.210	2.468	6.400	0.600	260.810	1.000
10	2+009.210	2.468	7.200	0.600	293.412	1.000
11	2+189.210	2.468	2.800	0.600	114.105	1.000
12	2+329.210	2.468	1.000	0.600	40.752	1.000
13	2+509.200	2.468	7.200	0.600	293.412	1.000

Elaboración: propia

Cuadro N° 99. Resumen de diseño de alcantarillas de alivio tramo 2: Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza.

N°	Progresiva	Intensidad	Área	Coeficiente de escorrentía. C	Caudal	Diámetro
	Inicio	cm/hr	ha		l/s	m
1	0+080.000	2.468	7.200	0.600	293.412	1.000
2	0+260.000	2.468	7.000	0.600	285.261	1.000
3	0+630.000	2.468	1.900	0.600	77.428	1.000
4	0+910.000	2.468	2.300	0.600	93.729	1.000
5	1+160.000	2.468	5.000	0.600	203.758	1.000
6	2+350.000	2.468	4.000	0.600	163.006	1.000
7	2+670.000	2.468	6.400	0.600	260.810	1.000
8	2+820.000	2.468	6.000	0.600	244.510	1.000
9	3+330.000	2.468	6.500	0.600	264.886	1.000
10	3+634.100	2.468	5.600	0.600	228.209	1.000
11	3+720.000	2.468	3.400	0.600	138.555	1.000
12	4+065.000	2.468	2.600	0.600	105.954	1.000

Elaboración: propia

2.6.3. Diseño de alcantarillas de cruce.

- Diseño tipo de cruce N°1

Se aplicará el método racional para determinar el caudal de diseño de la alcantarilla

$$Q_d = 27.52 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Donde:

Coefficiente de escorrentía	C=	0.600
Área de aporte	A=	8.600 ha
Intensidad máxima	i=	2.468 cm/hr
Caudal maximo.	Q _d =	350.464 l/s

Para diseñar la alcantarilla de este tramo se utilizará la ecuación de Manning

Las secciones de las alcantarillas de cruce serán rectangulares, se adopta esta sección debido a que se tendrá mayor sección hidráulica adoptando un borde libre mayor del que se podría adoptar si fuera sección circular, lo cual proporcionara mayor seguridad por si el caudal de diseño es sobrepasado.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot S_o^{1/2}$$

Donde:

Caudal maximo	Q=	350.464 l/s
Coefficiente de rugosidad	n=	0.030
Pendiente normal	S _o =	0.050 m/m por topografía

Diseño sección de máxima eficiencia hidráulica

$$b = \left(\frac{5.04 \cdot Q \cdot n}{S_o^{1/2}} \right)^{0.375}$$

$$b = 1.000 \text{ m}$$

Calculo del tirante normal y velocidad media del flujo:

Deduciendo de la ecuación de Manning se tiene:

$$\frac{(b \cdot y_n)^{5/3}}{(b + 2 \cdot y_n)^{2/3}} = \frac{Q \cdot n}{S_o^{1/2}}$$

Iterando se obtiene:

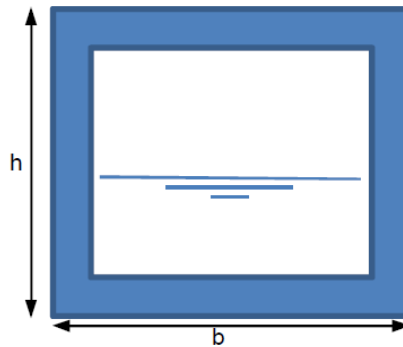
$$y_n = 0.181 \text{ m}$$

Velocidad media del flujo.

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S_o^{1/2}$$

$$v = 1.942 \text{ m/s}$$

Figura N° 33. Sección tipo alcantarilla de cruce tipo cajón.



La sección tipo adoptada para el diseño:

$$h = 1.000 \text{ m}$$

$$b = 1.000 \text{ m}$$

A continuación, se mostrará un resumen de alcantarillas de alivio del tramo en estudio.

Cuadro N° 100. Resumen de diseño de alcantarillas de cruce tipo cajón tramo 1: Rancho Norte – Santa Bárbara Grande.

Ubicación		Cuenca				Canal				Capacidad máxima	
N°	Progresiva	Intensidad	Área	Coeficiente de escorrentía	Caudal	Tirante	Sección adoptada		Pendiente	Flujo libre	
		I	A		Q		y	b		h	S
	Inicio	cm/hr	ha	C	l/s	m	m	m	m/m	m/s	m³/s
1	0+125.610	2.468	8.600	0.600	350.464	0.181	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
2	0+389.370	2.468	7.200	0.600	293.412	0.158	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583

Elaboración: propia

Cuadro N° 101. Resumen de diseño de alcantarillas de cruce tipo cajón tramo 2: Santa Bárbara Grande- Erquis Oropeza.

Ubicación		Cuenca				Canal				Capacidad máxima	
N°	Progresiva	Intensidad	Área	Coeficiente de escorrentía	Caudal	Tirante	Sección adoptada		Pendiente	Flujo libre	
		I	A		Q		y	b		h	S
	Inicio	cm/hr	ha	C	l/s	m	m	m	m/m	m/s	m³/s
1	0+432.120	2.468	3.900	0.600	158.931	0.109	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
2	0+516.700	2.468	4.000	0.600	163.006	0.111	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
3	0+735.430	2.468	4.200	0.600	171.157	0.114	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
4	1+036.350	2.468	6.200	0.600	252.660	0.146	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
5	1+289.130	2.468	5.200	0.600	211.908	0.132	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
6	1+493.350	2.468	4.200	0.600	171.157	0.114	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
7	1+655.900	2.468	4.000	0.600	163.006	0.111	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
8	1+802.400	2.468	5.900	0.600	240.435	0.142	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
9	1+823.400	2.468	4.000	0.600	163.006	0.111	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
10	1+881.110	2.468	4.000	0.600	163.006	0.111	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
11	1+924.670	2.468	4.000	0.600	163.006	0.111	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
12	2+040.500	2.468	4.600	0.600	187.457	0.120	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
13	2+083.610	2.468	3.900	0.600	158.931	0.109	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583

Ubicación		Cuenca				Canal				Capacidad máxima	
Nº	Progresiva	Intensidad	Área	Coeficiente de escorrentía	Caudal	Tirante	Sección adoptada		Pendiente	Flujo libre	
		I	A		Q	y	b	h	S	V	Q
	Inicio	cm/hr	ha	C	l/s	m	m	m	m/m	m/s	m ³ /s
14	2+510.700	2.468	4.000	0.600	163.006	0.111	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
15	2+991.450	2.468	7.900	0.600	321.938	0.171	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
16	3+022.840	2.468	3.900	0.600	158.931	0.109	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
17	3+045.150	2.468	4.500	0.600	183.382	0.118	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
18	3+063.680	2.468	4.000	0.600	163.006	0.111	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
19	3+164.900	2.468	4.000	0.600	163.006	0.111	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
20	3+495.880	2.468	7.500	0.600	305.637	0.165	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
21	3+890.000	2.468	11.200	0.600	456.418	0.217	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
22	4+240.000	2.468	10.600	0.600	431.967	0.208	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
23	4+327.470	2.468	4.200	0.600	171.157	0.114	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583
24	4+483.320	2.468	5.500	0.600	224.134	0.134	1.000	1.000	0.050	3.583	3.583

Elaboración: propia

2.7. ESTRUCTURA DE COSTOS DEL DISEÑO DE INGENIERÍA.

2.7.1. Cómputos métricos.

El detalle de cómputos métricos se presenta en el anexo 8.

En el siguiente cuadro se muestra el resume de cómputos métricos de manera resumida.

Cuadro N° 102. Resumen de cómputos métricos (alternativa I)

N°	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
>	M01 - OBRAS PRELIMINARES		
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	glb	1.000
2	LIMPIEZA - DESBROCE Y DESTRONQUE	ha	5.760
3	PROV. Y COLOC LETRERO DE OBRAS	pza	1.000
>	M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS		
1	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	km	7.200
2	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA	m ³	37,540.260
3	EXCAVACIÓN ROCA DURA C/EXPLOSIVOS	m ³	1,298.360
4	CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN	m ³	15,108.190
5	TRANSPORTE DE MATERIAL CLASIFICADO-ROCA	m ³	23,730.430
>	M03 - PAQUETE ESTRUCTURAL		
6	CONFORMACIÓN DE SUB BASE CLASIFICADA ESTABIL. GRAN	m ³	5,290.870
7	CONFORMACIÓN DE BASE TRITURADA CLASIFICADA	m ³	4,982.870
8	IMPRIMACIÓN BITUMINOSA EJECUCIÓN	m ²	43,220.200
9	SUMINISTRO DE ASFALTO DILUIDO PARA IMPRIMACIÓN	l	51,864.240
10	CARPETA ASFÁLTICA	m ³	3,078.240
11	SUMINISTRO DE CEMENTO ASFALTICO PARA CARPETA	l	403,783.510
>	M04 - OBRAS DE ARTE MENOR		
1	REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR	pza	67.000
2	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA P/ALCANT-P/TIPO LOSA	m ³	1,767.290
3	EXCAVACIÓN ROCA DURA C/EXPLOS. P/ALC-PUEN-TIP.LOSA	m ³	186.280
4	H° C° P/ALCANTARILLAS 50% PD DOS. 1:2:3	m ³	575.620
5	HORMIGÓN ARMADO P/LOSAS DOSIF. 1:2:3	m ³	47.040
6	PISO DE CEMENTO + EMPEDRADO P/ALCANTARILLAS	m ²	50.970
7	PROV Y COLOC. TUBOS DE ARMCO D=1000MM E=2MM	m	150.000
8	PROV. Y COLOC MATERIAL SELECCIONADO (ARENA)	m ³	45.000
9	RELLENO COMPACTADO MANUAL-S/MATERI RELLE	m ³	379.200
10	H° C° P/CIMIENOS MUR-PUEN 50% PD 1:3:3	m ³	237.050
11	H° C° P/ELEVACIÓN MUR- PUEN 50% PD 1:3:3	m ³	686.340
12	HORMIGÓN EN MASA CLASE A DOSIF 1:2:3	m ³	259.120
13	JUNTAS DE DILATACIÓN ACERO GOMA	m	30.000
14	ACERO ESTRUCTURAL FYK=4200 KG/CM2	kg	6,307.590
15	DREN DE TUBO PVC 2" E-40 P/PUENTE LOSA-MUROS CONTE	m	165.070
>	M05 - SEÑALIZACIÓN		
1	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA PROV. Y COLOC.	pza	42.000
2	SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA PROV. Y COLOC.	pza	5.000
3	SEÑAL VERTICAL REGLAMENTARIA PROV. Y COLOC.	pza	8.000
4	MOJON KILOMETRICO PREF. H°A° TIPO A PROV. Y COLOC.	pza	20.000
	TOTAL PRESUPUESTO:		

Elaboración: propia

Cuadro N° 103. Resumen de cómputos métricos (alternativa II)

N°	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
>	M01 - OBRAS PRELIMINARES		
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	glb	1.000
2	LIMPIEZA - DESBROCE Y DESTRONQUE	ha	5.760
3	PROV. Y COLOC LETRERO DE OBRAS	pza	1.000
>	M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS		
1	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	km	7.200
2	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA	m ³	39,656.480
3	EXCAVACIÓN ROCA DURA C/EXPLOSIVOS	m ³	1,366.900
4	CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN	m ³	14,666.450
5	TRANSPORTE DE MATERIAL CLASIFICADO-ROCA	m ³	26,356.930
>	M03 - PAQUETE ESTRUCTURAL		
1	CONFORMACIÓN DE SUB BASE CLASIFICADA ESTABIL. GRAN	m ³	8,965.060
2	CONFORMACIÓN DE BASE TRITURADA CLASIFICADA	m ³	4,863.120
3	IMPRIMACIÓN BITUMINOSA EJECUCIÓN	m ²	43,220.200
4	SUMINISTRO DE ASFALTO DILUIDO PARA IMPRIMACIÓN	l	51,864.240
5	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE EJECUCIÓN	m ²	46,759.600
6	SUMINISTRO DE ASFALTO DILUIDO PARA TRAT. SUPERF. DOBLE	l	153,340.510
>	M04 - OBRAS DE ARTE MENOR		
1	REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR	pza	67.000
2	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA P/ALCANT-P/TIPO LOSA	m ³	1,767.290
3	EXCAVACIÓN ROCA DURA C/EXPLOS. P/ALC-PUEN-TIP.LOSA	m ³	186.280
4	H° C° P/ALCANTARILLAS 50% PD DOS. 1:2:3	m ³	575.620
5	HORMIGÓN ARMADO P/LOSAS DOSIF. 1:2:3	m ³	47.040
6	PISO DE CEMENTO + EMPEDRADO P/ALCANTARILLAS	m ²	50.970
7	PROV Y COLOC. TUBOS DE ARMCO D=1000MM E=2MM	m	150.000
8	PROV. Y COLOC MATERIAL SELECCIONADO (ARENA)	m ³	45.000
9	RELLENO COMPACTADO MANUAL-S/MATERI RELLE	m ³	379.200
10	H° C° P/CIMIENTOS MUR-PUEN 50% PD 1:3:3	m ³	237.050
11	H° C° P/ELEVACIÓN MUR- PUEN 50% PD 1:3:3	m ³	686.340
12	HORMIGÓN EN MASA CLASE A DOSIF 1:2:3	m ³	259.120
13	JUNTAS DE DILATACIÓN ACERO GOMA	m	30.000
14	ACERO ESTRUCTURAL FYK=4200 KG/CM2	kg	6,307.590
15	DREN DE TUBO PVC 2" E-40 P/PUENTE LOSA-MUROS CONTE	m	165.070
>	M05 - SEÑALIZACIÓN		
1	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA PROV. Y COLOC.	pza	42.000
2	SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA PROV. Y COLOC.	pza	5.000
3	SEÑAL VERTICAL REGLAMENTARIA PROV. Y COLOC.	pza	8.000
4	MOJON KILOMETRICO PREF. H°A° TIPO A PROV. Y COLOC.	pza	20.000
>	M06 - RECAPAMIENTO		
1	IMPRIMACIÓN BITUMINOSA EJECUCIÓN	m ²	43,220.200
2	SUMINISTRO DE ASFALTO DILUIDO PARA IMPRIMACIÓN	l	51,864.240
3	CARPETA ASFÁLTICA	m ³	1,427.460
4	SUMINISTRO DE CEMENTO ASFALTICO PARA CARPETA	l	187,244.920

Elaboración: propia

2.7.2. Análisis de precios unitarios.

El análisis de precios unitarios para los diferentes ítems de construcción que se definieron en el presente proyecto, se desarrolla teniendo en cuenta tres componentes específicos: mano de obra, equipo y herramienta y materiales (costos directos). Para cada componente se consideraron los gastos generales, utilidades e impuestos (costos indirectos), donde cada uno de estos rubros es analizado en forma particular.

Los precios unitarios se realizaron considerando las siguientes incidencias:

Cuadro N° 104. Incidencias.

Indecencia	Porcentaje
Carga sociales	70.000%
IVA	14.940%
Gastos generales	10.000%
Herramientas menores	5.000%
Utilidad	10.000%
IT	3.090%

Los detalles del análisis de precios unitarios de todos los ítems del proyecto se presentan en el anexo 9.

2.7.3. Presupuesto general.

El presupuesto de infraestructura para la alternativa i: construcción con carpeta asfáltica

Cuadro N° 105. Presupuesto general camino Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza (alternativa I)

N°	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	UNIT.	PARCIAL (BS)
>	M01 - OBRAS PRELIMINARES				112,355.130
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	glb	1.000	61,688.550	61,688.550
2	LIMPIEZA - DESBROCE Y DESTRONQUE	ha	5.760	8,327.940	47,968.930
3	PROV. Y COLOC LETRERO DE OBRAS	pza	1.000	2,697.650	2,697.650
>	M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS				2,223,547.460
1	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	km	7.200	2,803.770	20,187.140
2	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA	m³	37,540.260	27.370	1,027,476.920
3	EXCAVACIÓN ROCA DURA C/EXPLOSIVOS	m³	1,298.360	100.820	130,900.660
4	CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN	m³	15,108.190	31.140	470,469.040
5	TRANSPORTE DE MATERIAL CLASIFICADO-ROCA	m³	23,730.430	24.210	574,513.710
>	M03 - PAQUETE ESTRUCTURAL				4,158,749.470
6	CONFORMACIÓN DE SUB BASE CLASIFICADA ESTABIL. GRAN	m³	5,290.870	19.240	101,796.340
7	CONFORMACIÓN DE BASE TRITURADA CLASIFICADA	m³	4,982.870	16.590	82,665.810

Nº	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	UNIT.	PARCIAL (BS)
8	IMPRIMACIÓN BITUMINOSA EJECUCIÓN	m²	43,220.200	0.430	18,584.690
9	SUMINISTRO DE ASFALTO DILUIDO PARA IMPRIMACIÓN	l	51,864.240	7.980	413,876.640
10	CARPETA ASFÁLTICA	m³	3,078.240	7.390	22,748.770
11	SUMINISTRO DE CEMENTO ASFALTICO PARA CARPETA	l	403,783.510	8.730	3,525,030.040
>	M04 - OBRAS DE ARTE MENOR				3,895,020.730
1	REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR	pza	67.000	632.800	42,397.600
2	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA P/ALCANT-P/TIPO LOSA	m³	1,767.290	38.990	68,906.640
3	EXCAVACIÓN ROCA DURA C/EXPLOS. P/ALC-PUEN-TIP.LOSA	m³	186.280	181.220	33,757.660
4	Hº Cº P/ALCANTARILLAS 50% PD DOS. 1:2:3	m³	575.620	1,275.420	734,157.260
5	HORMIGÓN ARMADO P/LOSAS DOSIF. 1:2:3	m³	47.040	4,668.680	219,614.710
6	PISO DE CEMENTO + EMPEDRADO P/ALCANTARILLAS	m²	50.970	200.180	10,203.170
7	PROV Y COLOC. TUBOS DE ARMCO D=1000MM E=2MM	m	150.000	2,408.710	361,306.500
8	PROV. Y COLOC MATERIAL SELECCIONADO (ARENA)	m³	45.000	377.760	16,999.200
9	RELLENO COMPACTADO MANUAL-S/MATERI RELLE	m³	379.200	110.540	41,916.770
10	Hº Cº P/CIMIENTOS MUR-PUEN 50% PD 1:3:3	m³	237.050	1,211.640	287,219.260
11	Hº Cº P/ELEVACIÓN MUR- PUEN 50% PD 1:3:3	m³	686.340	1,257.790	863,271.590
12	HORMIGÓN EN MASA CLASE A DOSIF 1:2:3	m³	259.120	3,592.110	930,787.540
13	JUNTAS DE DILATACIÓN ACERO GOMA	m	30.000	1,093.330	32,799.900
14	ACERO ESTRUCTURAL FYK=4200 KG/CM2	kg	6,307.590	38.960	245,743.710
15	DREN DE TUBO PVC 2" E-40 P/PUENTE LOSA-MUROS CONTE	m	165.070	35.980	5,939.220
>	M05 - SEÑALIZACIÓN				62,667.960
1	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA PROV. Y COLOC.	pza	42.000	850.940	35,739.480
2	SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA PROV. Y COLOC.	pza	5.000	1,400.320	7,001.600
3	SEÑAL VERTICAL REGLAMENTARIA PROV. Y COLOC.	pza	8.000	826.960	6,615.680
4	MOJON KILOMETRICO PREF. HºAº TIPO A PROV. Y COLOC.	pza	20.000	665.560	13,311.200
	TOTAL PRESUPUESTO:				10,458,292.990

Son: Diez millón(es) cuatrocientos cincuenta y ocho mil doscientos noventa y dos con 99/100 bolivianos

El presupuesto de infraestructura para la alternativa ii: construcción inicial con tratamiento superficial doble.

Cuadro N° 106. Presupuesto general camino Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza (alternativa II)

Nº	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	UNIT.	PARCIAL (BS)
>	M01 - OBRAS PRELIMINARES				112,355.130
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	glb	1.000	61,688.550	61,688.550
2	LIMPIEZA - DESBROCE Y DESTRONQUE	ha	5.760	8,327.940	47,968.930
3	PROV. Y COLOC LETRERO DE OBRAS	pza	1.000	2,697.650	2,697.650
>	M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS				2,338,210.390
1	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	km	7.200	2,803.770	20,187.140
2	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA	m³	39,656.480	27.370	1,085,397.860
3	EXCAVACIÓN ROCA DURA C/EXPLOSIVOS	m³	1,366.900	100.820	137,810.860
4	CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN	m³	14,666.450	31.140	456,713.250
5	TRANSPORTE DE MATERIAL CLASIFICADO-ROCA	m³	26,356.930	24.210	638,101.280
>	M03 - PAQUETE ESTRUCTURAL				2,220,704.440
1	CONFORMACIÓN DE SUB BASE CLASIFICADA ESTABIL. GRAN	m³	8,965.060	19.240	172,487.750
2	CONFORMACIÓN DE BASE TRITURADA CLASIFICADA	m³	4,863.120	16.590	80,679.160

Nº	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	UNIT.	PARCIAL (BS)
3	IMPRIMACIÓN BITUMINOSA EJECUCIÓN	m ²	43,220.200	0.430	18,584.690
4	SUMINISTRO DE ASFALTO DILUIDO PARA IMPRIMACIÓN	l	51,864.240	7.980	413,876.640
5	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE EJECUCIÓN	m ²	46,759.600	6.660	311,418.940
6	SUMINISTRO DE ASFALTO DILUIDO PARA TRAT. SUPERF. DOBLE	l	153,340.510	7.980	1,223,657.270
>	M04 - OBRAS DE ARTE MENOR				3,895,020.730
1	REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR	pza	67.000	632.800	42,397.600
2	EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA P/ALCANT-P/TIPO LOSA	m ³	1,767.290	38.990	68,906.640
3	EXCAVACIÓN ROCA DURA C/EXPLOS. P/ALC-PUEN-TIP.LOSA	m ³	186.280	181.220	33,757.660
4	H° C° P/ALCANTARILLAS 50% PD DOS. 1:2:3	m ³	575.620	1,275.420	734,157.260
5	HORMIGÓN ARMADO P/LOSAS DOSIF. 1:2:3	m ³	47.040	4,668.680	219,614.710
6	PISO DE CEMENTO + EMPEDRADO P/ALCANTARILLAS	m ²	50.970	200.180	10,203.170
7	PROV Y COLOC. TUBOS DE ARMCO D=1000MM E=2MM	m	150.000	2,408.710	361,306.500
8	PROV. Y COLOC MATERIAL SELECCIONADO (ARENA)	m ³	45.000	377.760	16,999.200
9	RELLENO COMPACTADO MANUAL-S/MATERI RELLE	m ³	379.200	110.540	41,916.770
10	H° C° P/CIMENTOS MUR-PUEN 50% PD 1:3:3	m ³	237.050	1,211.640	287,219.260
11	H° C° P/ELEVACIÓN MUR- PUEN 50% PD 1:3:3	m ³	686.340	1,257.790	863,271.590
12	HORMIGÓN EN MASA CLASE A DOSIF 1:2:3	m ³	259.120	3,592.110	930,787.540
13	JUNTAS DE DILATACIÓN ACERO GOMA	m	30.000	1,093.330	32,799.900
14	ACERO ESTRUCTURAL FYK=4200 KG/CM2	kg	6,307.590	38.960	245,743.710
15	DREN DE TUBO PVC 2" E-40 P/PUENTE LOSA-MUROS CONTE	m	165.070	35.980	5,939.220
>	M05 - SEÑALIZACIÓN				62,667.960
1	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA PROV. Y COLOC.	pza	42.000	850.940	35,739.480
2	SEÑAL VERTICAL INFORMATIVA PROV. Y COLOC.	pza	5.000	1,400.320	7,001.600
3	SEÑAL VERTICAL REGLAMENTARIA PROV. Y COLOC.	pza	8.000	826.960	6,615.680
4	MOJON KILOMETRICO PREF. H°A° TIPO A PROV. Y COLOC.	pza	20.000	665.560	13,311.200
>	M06 - RECAPAMIENTO				2,077,658.410
1	IMPRIMACIÓN BITUMINOSA EJECUCIÓN	m ²	43,220.200	0.430	18,584.690
2	SUMINISTRO DE ASFALTO DILUIDO PARA IMPRIMACIÓN	l	51,864.240	7.980	413,876.640
3	CARPETA ASFÁLTICA	m ³	1,427.460	7.390	10,548.930
4	SUMINISTRO DE CEMENTO ASFALTICO PARA CARPETA	l	187,244.920	8.730	1,634,648.160
	TOTAL PRESUPUESTO:				10,706,617.060

Son: diez millón(es) setecientos seis mil seiscientos diecisiete con 06/100 bolivianos

2.7.4. Especificaciones técnicas.

Para garantizar una correcta ejecución de obra se realizaron las especificaciones técnicas de cada ítem, los mismos se presentan en el anexo 11

3. CAPITULO III – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

3.1. CONCLUSIONES.

- Se ha realizado el diseño final de ingeniería del tramo Santa Bárbara Grande – Erquis Oropeza de 7.203 km de longitud con pavimento flexible el cual tendrá un costo de construcción de bs. 10,458,292.990 con un periodo de diseño de 20 años. (1,451,861.140 bs/km)
- Se diseñó una alternativa de paquete estructura con pavimento flexible en dos etapas que consiste en el uso de tratamiento superficial doble inicial con periodo de diseño de 7 años y luego un refuerzo de carpeta asfáltica para completar el periodo de diseño de 20 años. El cual tendrá un costo inicial de bs. 8,628,958.650 (1,197,905.790 bs/km) para los 7 años iniciales y un costo de refuerzo de carteta asfáltica de bs. 2,077,658.410, teniendo un costo total de bs. 10,706,617.060 (1,486,334.460 bs/km)
- Según el estudio de tráfico vehicular realizado se determinó un numero de 282,561.008 ESALs para 20 años de periodo de diseño, siendo este de baja circulación.
- De acuerdo a la norma ABC (administradora boliviana de carreteras) se clasifico el tipo de carretera como camino de desarrollo. Tomando en cuenta la cantidad de tráfico proyectado y principalmente a la topografía del tramo. Esta categorización fue asumida del manual de las normas de diseño geométrico para la construcción de carreteras administradora boliviana de carreteras.
- El diseño geométrico se lo realizo adecuando el alineamiento existente estableciendo los puntos pi y diseñando curvas horizontales y verticales cumplimiento los criterios y limitaciones del manual de diseño geométrico de la administradora boliviana de carreteras.
- Según el tipo de carretera el ancho de carril se adoptó 2.500m con 0.500m de ancho de berma teniendo un ancho total de plataforma de 6.000m.
- De acuerdo a las características y parámetros solo se diseñó curvas circulares simples debido a la velocidad y la topografía del proyecto según a la norma de

ABC. En las curvas circulares se tomó en cuenta un radio mínimo 25m, pendientes máximas en rectas (%) 10-12.

- De acuerdo al estudio geotécnico realizado, se distingue tres tipos de suelos según la clasificación AASHTO, siendo estos suelos a-2-4₍₀₎, a-2-5₍₀₎ y a-2-6₍₀₎ no se encontró presencia de suelos finos y arcillas expansivas.
- Se realizó el ensayo de relación soporte de california de los tipos de suelos determinados del tramo, en los cuales el C.B.R. menor se presenta en los suelos a-2-6₍₀₎, con un valor de 11.783% al 95% de la densidad máxima cuyo valor es el que se adoptó para el diseño del paquete estructural.
- Se diseñó el paquete estructural de pavimento flexible con carpeta asfáltica de 6.500cm, una base granular de 10.000cm y una capa sub base de 10.000 cm.
- Se diseñó otra alternativa de paquete estructural con tratamiento superficial inicial de 2.500 cm de espesor, con una base granular de 10.000cm y una capa sub base de 17.000 cm y una carpeta asfáltica de 3.000 cm
- Resultado del cálculo del movimiento de tierras, se tiene volumen de corte de excedencia por lo que se estableció dos lugares para el depósito de materiales cerca las quebradas afluentes, las misma se muestran en los planos.
- Se realizó el diseño de las alcantarillas de alivio, cuya ubicación está en los puntos más bajos del alineamiento vertical y aproximadamente cada 100.000m de longitud. Por otra parte, se diseñaron alcantarillas de cruce donde las quebradas no sea tan importante, es decir con cuencas de aporte pequeñas y en donde el trazo cruce quebradas de gran importancia se prevé la construcción de puentes losa.
- En los tramos de relleno de material, es decir en terraplenes con altura mayor a 2m se han dispuesto muros de contención para evitar el deslizamiento de material.
- Se realizó el diseño de las obras de drenaje del camino resultando en un total de 25 alcantarillas de alivio de 1m de diámetro, 26 alcantarillas de cruce tipo cajón de 1.000m x 1.000m de sección, las cunetas tendrán sección triangular con sección 0.650 m x 0.280 m y están ubicadas en un o los dos lados de la calzada según corresponda en los tramos de corte.

3.2. RECOMENDACIONES.

- Si bien las alcantarillas de alivio obtenidas presentan diámetros pequeños que no son consideradas por el manual de la ABC, se debe colocar diámetros comerciales.
- En caso de alcantarillas tipo cajón tener en cuenta con el caudal, el ancho del río para no provocar con el diseño inundaciones.
- Para la aplicación de paquetes que nos ayuden es necesario entender interpretar los resultados que estos nos dan, para poder corregirlos manualmente para no cometer errores por la mala interpretación de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA.

- A.B.C. Manual de Diseño Geométrico de la Administradora Bolivia de Carreteras. s.f. Bolivia 2007
- AASHTO, Guide For Design of Pavement Structures, Published by the American Society of State Highway and Transportation Officials, 1993
- AASHTO, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Published by the American Society of State Highway and Transportation Officials, 1978
- AASHTOWARE DARWin 3.1, Pavement Design and Analysis System User's Guide, Published by the American Society of State Highway and Transportation Officials, 1997
- ASTM, Book of ASTM Standards with related material of Concrete and Mineral Aggregates, Published by the American Society of Testing and Materials, 1969
- BRAJA M. DAS, Principles of Geotechnical Engineering, Third Edition, PWS Publishing Company, 1994
- BOWLES, Foundation and Analysis Design, Fourth Edition, McGraw Hill, 1988
- ERIK HERNÁNDEZ. Pavimentación De La Carretera México – Tuxpan Tramo Tejocotal- Nuevo Necaxa [Tesis De Grado]. México D.F., México: Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior De Ingeniería Y Arquitectura; 2005.
- MAROTTA HERUBIN, Basic Construction Materials, Fifth Edition, Prentice Hall, 1997
- Martínez Peducasse José Ramón Teodoro. Diseño De Pavimento Flexible Tramo Bella Vista - Miscas Caldera [Tesis De Grado]. Tarija, Bolivia: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho; 2009.
- MERRIT S. MERRITT, Standard Handbook for Civil Engineers, Third Edition, McGraw Hill, 1988
- PAPACOSTAS, Transportation Engineering and Planning, Second Edition, Prentice Hall, 1993

- Rafael, Cal y Mayor, Ingeniería de Tránsito Fundamentaciones y Aplicaciones, Alfaomega, 7ª Edición
- RITTER PAQUETTE, Highway Engineering, Second Edition, The Ronald Press Company, 1960
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN ARGENTINA, Diseño de Pavimentos (AASHTO-97), Instituto Boliviano del Cemento, 2000
- VALLE RODAS, Calles Carreteras y Autopistas, Sexta Edición, El Ateneo, 1976
- Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Limusa, 2007.
- Villalaz, Crespo. Vías de Comunicación: Caminos, Ferrocarriles, aeropuertos, puentes/. México: Limusa: LIMUSA, S.A. DE C.V., 2004.