

**DISEÑO DE UNA VÍA CON PAVIMENTO TIPO PLACA HUELLA SEGÚN EL
NUEVO MANUAL DE INVIAS 2017**

**ANDRÉS CAMILO NAVAS BRIÑEZ
LUIS FELIPE VALBUENA SARMIENTO**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT-COLOMBIA**

2018

**DISEÑO DE UNA VÍA CON PAVIMENTO TIPO PLACA HUELLA SEGÚN EL
NUEVO MANUAL DE INVIAS 2017**

**ANDRÉS CAMILO NAVAS BRIÑEZ
LUIS FELIPE VALBUENA SARMIENTO**

Asesor

HUMBERTO GONZÁLEZ MOSQUERA

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT-COLOMBIA**

2018

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 15 de julio de 2019

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. PROBLEMA	21
1.1 Definición	21
1.2 Formulación del problema	22
1.3 Preguntas Generadoras	22
2. JUSTIFICACIÓN	23
3. OBJETIVOS	24
3.1 General	24
3.2 Específicos	24
4. MARCOS DE REFERENCIA	25
4.1 Marco Teórico	25
4.2 Marco Conceptual	26
4.3 Marco referencia	29
4.4 Marco Legal	35
4.4.1 Guía de diseño de pavimentos con pavimentos tipo placa huella INVIAS 30-10-17.	35
4.4.2 Pavimento de concreto hidráulico, artículo 500 – 13.	35
4.4.3 Normas de ensayo de materiales para carreteras, resolución 0001375-14.	36
4.4.4 Análisis granulométrico de suelos por tamizado INVIAS E – 123 – 07.	36

4.4.5	Por la cual se adopta la Guía de diseño de pavimentos con placa huella Resolución 04401-17.	37
4.4.6	Determinación del límite líquido de los suelos INVIAS E – 125 – 07.	37
4.4.7	Límite plástico e índice de plasticidad de suelos INVIAS E – 126 – 07.	38
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	39
6.	DISEÑO DE PLACA HUELLA	40
6.1	Criterios básicos de diseño del pavimento con Placa- Huella	40
6.2	Transito	41
6.3	La subrasante y la subbase granular	42
6.4	Espesor de la Placa-Huella	43
6.5	Criterios para el diseño de la sección transversal en tangente	43
6.6	Resistencia del concreto	44
6.7	Periodo de diseño	44
6.8	Vehículo de diseño	44
6.9	Elementos que integran el pavimento con Placa-huella y sus funciones	45
6.10	Subrasante	46
6.11	Subbase	47
6.12	Placa-Huella	48
6.12.1	Placa huella diseño estructural.	49
6.13	Riostra	51
6.13.1	Esquema en planta, perfil y detalles.	53
6.14	Piedra pegada	55
6.15	Peralte	56

7. ANÁLISIS DE SUBRASANTE	57
7.1 Ubicación de la vía	57
7.2 Apiques	58
7.3 Determinación de límites de Atterberg	59
7.4 Ensayo De Laboratorio Limite Liquido	59
7.4.1 Muestra 1 Limite Liquido.	63
7.4.2 Muestra # 2 Limite Liquido	76
7.4.3 Muestra # 3 Limite Liquido.	85
8. DISEÑO GEOMÉTRICO	96
8.1 Conceptos del diseño geométrico	96
8.2 Estado actual de la vía	98
8.3 Verificación del ancho de la vía en toda su longitud	99
8.4 Cunetas existentes	101
8.5 Inicio y final de la vía	101
8.6 Calculo de elementos geométricos de las curvas de la vía	103
8.6.1 Curva N° 1.	103
8.6.2 Curva N° 2.	105
8.6.3 Curva N° 3.	107
8.6.4 Curva N° 4.	109
8.6.5 Curva N° 5.	111
8.6.6 Curva N° 6.	113
8.6.7 Curva N° 7.	115
8.6.8 Curva N° 8.	117

8.6.9	Curva N° 9.	119
8.6.10	Perfil de la vía.	122
8.7	++ Diseño geométrico vertical de la vía.	125
8.7.1	Velocidad de diseño	125
8.7.2	Calculo de curvas verticales.	126
9.	DISEÑO DE LA VÍA	134
10.	OBRAS DE DRENAJE	169
11.	PRESUPUESTO DE LA PLACA HUELLA.	175
12.	CONCLUSIONES	184
13.	RECOMENDACIONES.	186
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	187

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Numero de golpes de 10-20.	64
Cuadro 2. Datos obtenidos durante el secado.	64
Cuadro 3. Numero de golpes de 20-30.	65
Cuadro 4. Datos obtenidos durante el secado.	65
Cuadro 5. Numero de golpes de 30-40.	66
Cuadro 6. Datos obtenidos durante el secado.	66
Cuadro 7. Porcentaje de humedad del material muestra # 1	67
Cuadro 8. Limite plástico muestra #1. Datos obtenidos durante el secado.	71
Cuadro 9. Índice de plasticidad.	72
Cuadro 10. Símbolos usados en el sistema unificado de clasificación de suelos.	73
Cuadro 11. Sistema de clasificación de suelos.	74
Cuadro 12. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 10 a 20.	76
Cuadro 13. Datos obtenidos durante el secado del material.	77
Cuadro 14. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 20 a 30.	77
Cuadro 15. Datos obtenidos durante el secado del material.	77
Cuadro 16. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 30 a 40.	78
Cuadro 17. Datos obtenidos durante el secado del material.	78
Cuadro 18. Porcentaje de humedad del material muestra # 2	79
Cuadro 19. Limite plástico muestra #2. Datos obtenidos durante el secado.	80
Cuadro 20. Índice de plasticidad.	81

Cuadro 21. Símbolos usados en el sistema unificado de clasificación de suelos.	82
Cuadro 22. Sistema de clasificación de suelos.	83
Cuadro 23. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 10 a 20.	85
Cuadro 24. Datos obtenidos durante el secado del material.	86
Cuadro 25. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 20 a 30.	86
Cuadro 26. Datos obtenidos durante el secado del material.	86
Cuadro 27. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 30 a 40.	87
Cuadro 28. Datos obtenidos durante el secado del material.	87
Cuadro 29. Porcentaje de humedad del material muestra # 3	88
Cuadro 30. Limite plástico muestra #1. Datos obtenidos durante el secado.	90
Cuadro 31. Índice de plasticidad.	91
Cuadro 32. Símbolos usados en el sistema unificado de clasificación de suelos.	92
Cuadro 33. Sistema de clasificación de suelos.	92
Cuadro 34. Velocidad de diseño.	125
Cuadro 35. Elementos geométricos de la curva N° 1.	103
Cuadro 36. Elementos geométricos de la curva N° 2.	106
Cuadro 37. Elementos geométricos de la curva N° 3.	108
Cuadro 38. Elementos geométricos de la curva N° 4.	110
Cuadro 39. Elementos geométricos de la curva N° 5.	112
Cuadro 40. Elementos geométricos de la curva N° 6.	114
Cuadro 41. Elementos geométricos de la curva N° 7.	115
Cuadro 42. Elementos geométricos de la curva N° 8.	118
Cuadro 43. Elementos geométricos de la curva N° 9.	120

Cuadro 44. Clases de pendientes y sus características. <i>Clasificación de pendientes.</i>	123
Cuadro 45. Apu excavaciones varias en material común seco a mano.	175
Cuadro 46. Apu sub-base (incluye transporte a una distancia menor de 5 km).	176
Cuadro 47. Apu concretos clase d, $f'c = 3000$ psi.	177
Cuadro 48. Apu concreto ciclópeo de 3000 psi 40% rajón para bases.	178
Cuadro 49. Apu suministro figurado y armado de acero de refuerzo 1/2".	179
Cuadro 50. Apu suministro figurado y armado de acero de refuerzo 3/8".	180
Cuadro 51. Apu suministro figurado y armado de acero de refuerzo 1/4".	181
Cuadro 52. Presupuesto de 1 km de vía de pavimento tipo placa huella. ¡Error! Marcador no definido.	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Placa huella.	30
Figura 2. Placa huella sin Riostra.	31
Figura 3. Placa huella sin Riostra.	33
Figura 4. Placa huella en construcción.	34
Figura 5. Vehículo de diseño.	45
Figura 6. Elementos que integran el pavimento con Placa-huella.	46
Figura 7. Placa Huella Sección transversal.	49
Figura 8. Esquema en planta.	49
Figura 9. Esquema en corte transversal.	50
Figura 10. Esquema en corte longitudinal de distribución del refuerzo.	50
Figura 11. Planta.	53
Figura 12. Corte longitudinal.	54
Figura 13. Corte transversal.	54
Figura 14. Corte transversal sección en piedra pegada.	55
Figura 15. Vía de 1 km a la cual se le realizaron los apiques para el estudio de suelos.	57
Figura 16. Excavación de los Apiques.	58
Figura 17. Máquina de casa grande con el respectivo material para analizar.	61
Figura 18. Extracción del material en donde se presentó el cierre con los golpes de la máquina de casa grande.	61
Figura 19. Proceso de secado del material.	62

Figura 20. Toma de pesos secos del material.	63
Figura 21. Elaboración de rollos.	69
Figura 22. Medida de 3mm de rollito.	70
Figura 23. Peso de la muestra.	70
Figura 24. Total, peso rollitos 20.8 gr.	71
Figura 25. Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K INIVAS.	75
Figura 26. Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K INIVAS.	84
Figura 27. Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K INIVAS.	93
Figura 28. Vía existente con un afirmado de espesor variable.	99
Figura 29. Verificación del ancho de vía.	100
Figura 30. Vía existente con un ancho de vía de 6m.	100
Figura 31. Cunetas existentes en la vía.	101
Figura 32. Inicio de vía,	102
Figura 33. Final de vía,	103
Figura 34. Curva N° 1 diseño geométrico.	105
Figura 35. Curva N° 2 diseño geométrico.	107
Figura 36. Curva N° 3 diseño geométrico.	109
Figura 37. Curva N°4 diseño geométrico.	111
Figura 38. Curva N°5 diseño geométrico.	113
Figura 39. Curva N° 6 diseño geométrico.	115
Figura 40. Curva N° 7 diseño geométrico.	117
Figura 41. Curva N° 8 diseño geométrico.	119
Figura 42. Curva N° 9 diseño geométrico.	121

Figura 43. Planta.	122
Figura 44. Perfil de la vía.	123
Figura 45. Vía con afirmado.	124
Figura 46. Diseño del tramo 1 desde la abscisa k2+150 hasta k2+475.63	134
Figura 47. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el primer tramo. Diseño del tramo 1.	135
Figura 48. Diseño del tramo 2 Curva 1 desde la abscisa k2+475.63 hasta la k2+479.02.	136
Figura 49. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el segundo tramo curva 1.	137
Figura 50. Diseño del tramo 3 desde la abscisa k2+479.02. hasta k2+546.95.	138
Figura 51. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el tercer tramo.	138
Figura 52. Diseño del tramo 4, Curva 2 desde la abscisa del k2+546.95 hasta la k2+603.30.	139
Figura 53. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el cuarto tramo, curva 2.	140
Figura 54. Diseño del tramo 5 del k2+603.30. a k2+612.22.	141
Figura 55. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el quinto tramo	142
Figura 56. Diseño del tramo 6 curva 3 desde la abscisa k2+612.22. hasta la k2+638.23	143
Figura 57. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el sexto tramo curva 3.	144
Figura 58. Diseño del tramo 7 del k2+638.23. a k2+666.99.	145
Figura 59. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el séptimo tramo.	145

Figura 60. Diseño del tramo 8, curva 4 desde la abscisa del k2+666.99. hasta la k2+766.78.	146
Figura 61. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el octavo tramo curva 4.	147
Figura 62. Diseño del tramo 9 del k2+766.78. a k2+791.75.	148
Figura 63. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el noveno tramo.	148
Figura 64. Diseño del tramo 10, curva 5 desde la abscisa del k2+791.75 hasta la k2+857.60.	149
Figura 65. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el décimo tramo, curva 5.	150
Figura 66. Diseño del tramo 11 del k2+827.60. a k2+872.32.	151
Figura 67. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el undécimo tramo.	152
Figura 68. Diseño del tramo 12, curva 6 desde la abscisa del k2+872.32. hasta la k2+943.11	153
Figura 69. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el duodécimo tramo, curva 6.	154
Figura 70. Diseño del tramo 13 del k2+943.11. a k2+959.74.	155
Figura 71. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el decimotercer tramo.	156
Figura 72. Diseño del tramo 14 curva 7 desde la abscisa del k2+959.74. hasta la k2+993.74.	157

Figura 73. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimocuarto tramo, curva 7.	158
Figura 74. Diseño del tramo 15 del k2+993.74. a k3+042.93.	159
Figura 75. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimoquinto tramo.	160
Figura 76. Diseño del tramo 16 curva 8 desde la abscisa del k3+042.93. hasta la k3+102.59	161
Figura 77. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimosexto tramo curva 8	162
Figura 78. Diseño del tramo 17 del k3+102.59. a k3+105.08.	163
Figura 79. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimoséptimo tramo.	164
Figura 80. Diseño del tramo 18, curva 9 desde la abscisa del k3+105.08. hasta la k3+139.39.	165
Figura 81. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimoctavo tramo curva 9.	166
Figura 82. Diseño del tramo 19 desde la abscisa k3+139.39. Hasta la k3+150.	167
Figura 83. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimonoveno tramo.	167
Figura 84. Ubicación del primer box coulvert de 1 km de vía Girardot-Nariño vereda arbolito.	169
Figura 85. Diseño estructural en planta y perfil del box coulvert.	170

Figura 86. Ubicación del segundo box culvert de 1 km de vía Girardot-Nariño vereda arbolito.	171
Figura 87. Diseño estructural en planta y perfil del box culvert.	172
Figura 88. Ubicación del tercer box culvert de 1 km de vía Girardot-Nariño vereda arbolito.	173
Figura 89. Diseño estructural en planta y perfil del box culvert.	174

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Curva de fluidez Muestra 1.	67
Gráfica 2. Carta de plasticidad de casa grande.	73
Gráfica 3. Curva de fluidez Muestra 1.	79
Gráfica 4. Carta de plasticidad de casa grande.	82
Gráfica 5. Curva de fluidez Muestra 1.	89
Gráfica 6. Carta de plasticidad de casa grande.	91

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Vía el arbolito.	194
Anexo B. Propiedades Físico–Mecánicas de la subrasante.	195
Anexo C. Memoria de cálculo de Acero losas.	196
Anexo D. Memoria de cálculo del Diseño Geométrico.	197
Anexo E. Memoria de cálculo del Concreto.	198
Anexo F. Memoria de cálculo APU y Presupuesto.	199
Anexo G. Memoria de cálculo de Box Coulvert.	200
Anexo H. Guía de diseño de pavimentos con Placa-Huella.	201

INTRODUCCIÓN

En Colombia la implementación del pavimento tipo placa huella en las vías terciarias ha tenido un aumento significativo ya que estas vías son las que comunican los municipios con las veredas y veredas entre sí, este tipo de pavimento tiene un gran impacto ya que es de bajos costos comparado con otro tipo, la placa huella es un elemento estructural, que tiene como objetivo mejorar el tránsito vehicular en terrenos que presentan mal estado de transitabilidad, se recomienda para pendientes mayores al 10%. Tiene varios componentes como lo son estructuras de drenaje, muros de contención y estructuras en general, todo depende del tipo de terreno en el cual se valla a implementar este tipo de pavimento, se debe trabajar con profesionales de excelente calidad en todas las etapas del proyecto. (Arellano , 2015)

Este pavimento es de vital importancia ya que da solución para las vías terciarias de carácter veredal que presentan un volumen de tránsito bajo, ofrece permanentes condiciones de circulación satisfactorias durante un amplio periodo de servicio, no requiere un mantenimiento constante solo en las obras de drenaje y la rocería en las zonas laterales, ofrece la posibilidad de la utilización de materiales y mano de obra locales. Este proyecto enfocara su análisis principalmente en la etapa de diseño de la vía Girardot-Nariño teniendo en cuenta todos los procesos y análisis que se deben hacer a la vía a la cual se va intervenir. (Bacca Arciniegas, 2015)

Al finalizar la monografía los autores Andrés Camilo Navas Briñez y Luis Felipe Valbuena Sarmiento evaluarán y entregarán los análisis físicos y mecánicos de 1 km de la vía Girardot-Nariño, Junto con el diseño del pavimento tipo placa huella según el nuevo manual de INVIAS 2017.

1. PROBLEMA

1.1 Definición

Uno de los principales problemas que tienen las vías terciarias, es la dificultad que se presenta para que la comunidad se traslade desde las veredas hacia los municipios, como es el caso de la vía que vamos a intervenir entre Girardot y Nariño en las inmediaciones de la vereda de Agua Blanca del Sector del arbolito. Estas vías por lo general tienen un deterioro apreciable que hace que la tansitabilidad se dificulte para cualquier tipo de vehículo y afecte de manera negativa para que transiten por estas vías. Por otro lado, cuando se presenta época de lluvias la vía es de difícil acceso puesto que no cuenta con obras de drenaje para evacuar el agua, esto genera que se presente un alto índice de accidentalidad y mortandad en la vía. La mayoría de estas vías se encuentran en terrenos montañosos, con pendientes longitudinales de la vía, que varían entre 5% y 20%, el bombeo de la calzada en su mayor parte es inadecuado, notándose deficiencias en los peraltes de algunas curvas. La vía en este sector se encuentra en un estado regular ya que cuenta con una capa de un material de montaña llamado recebo. (Garcia Montes, 2017)

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles serían las características del diseño de una vía construida con pavimento tipo placa huella en las inmediaciones del sector del arbolito en la vereda Agua Blanca en el municipio de Girardot?

1.3 Preguntas Generadoras

❖ ¿Cuáles son los elementos del análisis del suelo portante donde se implementará en el pavimento tipo placa huella en las inmediaciones del sector del arbolito, vereda Agua Blanca municipio de Girardot?

❖ ¿Cuáles son los parámetros para realizar el diseño de 1 km de vía con pavimento tipo placa huella en las inmediaciones del sector del arbolito, vereda Agua Blanca municipio de Girardot?

2. JUSTIFICACIÓN

Por medio de la implementación del pavimento tipo placa huella se generará un desarrollo socio, político-económico entre el municipio de Girardot y Nariño, estableciendo el acercamiento de las veredas o zonas rurales con las cabeceras municipales. Estos acercamientos se realizan a través de vías que faciliten el acceso de los residentes de las veredas a alimentación, educación, seguridad y demás servicios y beneficios, sin generar costos adicionales derivados de transportes en lugares de difícil circulación. Ya que los accesos en las zonas rurales se realizan en trochas, mediante terrenos inestables, generando riesgos para los conductores, pasajeros y residentes de las viviendas aledañas. (Contreras Gonzalez & Muñoz Hernandez , 2015)

Es por esto que se debe realizar el diseño de una estructura vial, que mejore la comunicación, transitabilidad y comercialización de mercados, basados en la reglamentación de INVIAS para la construcción vial, por estas razones el siguiente proyecto propone el diseño más adecuado con una estandarización de alta calidad generando una contribución al proceso e investigación de la placa huella como solución constructiva en la red terciaria nacional. (Contreras Gonzalez & Muñoz Hernandez , 2015)

3. OBJETIVOS

3.1 General

Diseñar 1 km de vía con el pavimento tipo placa huella con sus debidas obras de drenaje, desde la abscisa K2+150 hasta la K3+150, en las inmediaciones del sector del arbolito, vereda Agua Blanca, municipio de Girardot, que cumpla con las exigencias de la norma INVIAS 2017.

3.2 Específicos

- ❖ Analizar los componentes físicos y mecánicos del suelo portante donde se implementará el pavimento tipo placa huella en las inmediaciones del sector del arbolito, vereda Agua Blanca municipio de Girardot

- ❖ Realizar el diseño de 1 km de vía con pavimento tipo placa huella en las inmediaciones del sector del arbolito, vereda Agua Blanca municipio de Girardot.

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1 Marco Teórico

En Colombia la implementación del pavimento tipo placa huella para las vías terciarias, se ha convertido en una alternativa útil ya que por su bajo costo económico sale más factible trabajar con pavimentos tipo placa huella en las vías terciarias que con los pavimentos flexibles y los pavimentos hidráulicos.

En Colombia según el instituto nacional de vías (INVIAS), en Colombia contamos aproximadamente 2.600 km de vías terciarias, vías las cuales el estado debe permanecer con un buen estado para que las poblaciones rurales se comuniquen con las cabeceras municipales y los centros de producción con el campo colombiano. (ARELLANO, 2015)

En estos últimos años se han ejecutado 1500 kilómetros en obras de mantenimiento y mejoramiento de vías terciarias nacional específicamente en vías con pavimento tipo placa huella. (ARELLANO, 2015)

Para este año 2018 el instituto nacional de vías (INVIAS) reformo el manual de diseño de vías con el fin de agregarle más refuerzo al diseño del pavimento tipo placa huella.

4.2 Marco Conceptual

APIQUES: excavaciones a cielo abierto, hasta la profundidad deseada, tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del trabajador o contaminar la muestra que se espera obtener. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

PIEDRA PEGADA: la piedra pegada es una capa de concreto ciclópeo con espesor de quince centímetros (0,15 m).

Las funciones de la piedra pegada son:

- ❖ Disminuir los costos de construcción del pavimento ya que es un material menos costoso que el concreto simple.

- ❖ Propiciar la canalización del tránsito dado que la alta rugosidad que presenta la piedra pegada desestimula a los conductores a circular por fuera de las placas-huella que son los elementos diseñados para soportar los esfuerzos producidos por el paso de los vehículos.

- ❖ Contribuir a la estética del camino. (Vias, D’Pablo Ramírez, Valencia Escobar, & Montejo Fonseca, 2015)

BERMA-CUNETETA Y BORDILLO: La Berma-cuneta y el bordillo son elementos de drenaje superficial construidos en concreto reforzado, fundidos monolíticamente y articulados estructuralmente con la riostra.

La razón de fundir monolíticamente la berma-cuneta y el bordillo es evitar la junta de construcción que se formaría en la frontera entre ambos elementos, junta que con el paso del tiempo se convertiría en una fisura que permitiría la infiltración del agua que correría por la berma-cuneta con el consecuente deterioro del pavimento.

Las funciones de la Berma-cuneta y el bordillo son:

- ❖ Servir como franja de estacionamiento temporal en el caso de que un vehículo lo requiera por fallas totalmente mecánicas u otra causa de fuerza mayor permitiendo que el flujo vehicular no se interrumpa.

- ❖ Permitir la recolección de las aguas lluvias y conducirlas hasta las alcantarillas y aliviaderos para su evacuación.

- ❖ Brindar confinamiento a la sub-base. (Vias, D’Pablo Ramírez, Valencia Escobar, & Montejo Fonseca, 2015)

PERALTE: tomando en consideración que en las vías pavimentadas con Placa-huella la velocidad de los vehículos es baja y que además los tramos rectos entre una curva y la siguiente (entre tangencia) con frecuencia son muy cortos, situación que dificulta la transición del bombeo al peralte, se ha adoptado para todas las curvas horizontales, independientemente del valor de su radio, el valor único de dos por ciento (2%).

La transición del bombeo en la tangente (-2%) al peralte en la curva (2%) se debe realizar de la siguiente manera:

“En las curvas con sobre ancho la transición del peralte se debe hacer en la longitud de transición del sobre ancho indicada en la Tabla 1.1, que varía entre 3, 6 y 9 metros”. (Vias, D’Pablo Ramírez, Valencia Escobar, & Montejo Fonseca, 2015)

JUNTAS: el modelo concibió los diferentes elementos estructurales del pavimento en Placa-huella como una estructura monolítica, por ende, el proceso constructivo debe garantizar la adecuada transmisión de los esfuerzos y deformaciones a lo largo y ancho de estos elementos, a fin de garantizar esto, a continuación, se muestran los detalles de las diferentes juntas de construcción. (Vias, D’Pablo Ramírez, Valencia Escobar, & Montejo Fonseca, 2015)

LA SUBRASANTE: generalmente está constituida por el suelo natural con una capa de material de armado de espesor variable. La recomendación general es **NO DESESTABILIZAR** la

superficie existente efectuando cajeros o excavaciones. (Vias, D’Pablo Ramírez, Valencia Escobar, & Montejo Fonseca, 2015)

PLACA-HUELLA: la placa-huella es una losa de concreto reforzado fundida sobre la subbase en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la riostra y con el acero de refuerzo de la placa-huella. (Vias, D’Pablo Ramírez, Valencia Escobar, & Montejo Fonseca, 2015)

RIOSTRA: La riostra es una viga transversal de concreto reforzado en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo anterior y con el acero de refuerzo de la placa-huella. (Vias, D’Pablo Ramírez, Valencia Escobar, & Montejo Fonseca, 2015)

4.3 Marco referencia

Nivel Nacional: Santander, 1,3 kilómetros de placas huellas fueron construidos en el municipio de Betulia. En la figura 1 se puede ver una ilustración muy útil.



Figura 1. Placa huella.

Fuente. <http://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja/311139-13-kilometros-de-placas-huellas-fueron-construidos-en-betulia>.

Para garantizar una movilidad segura y rápida, tanto en época de invierno como en verano, permitiendo que los habitantes de la zona rural puedan sacar fácilmente sus cosechas e ingresar insumos para mejorar los cultivos, fueron construidas 12 placas huellas en el municipio de Betulia. Los cerca de 500 habitantes de la vereda La Aguamieluda, jurisdicción del municipio de Betulia, participaron en la inauguración de los 1.350 metros de huellas en concreto, rellenos entre las placas en piedra pegada, accesos a cada tramo y obras para el manejo de la escorrentía, que fueron construidos por la Alcaldía de Betulia, “Este proyecto beneficia a muchas familias campesinas que ahora pueden tener mejores condiciones para transportar sus productos hacia la cabecera municipal de Barrancabermeja y Bucaramanga. Con estas inversiones Ecopetrol le apuesta al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades que hacen parte de nuestra

zona de influencia”, manifestó Nelson Castañeda, vicepresidente de Desarrollo y Producción de la Regional Central de Ecopetrol. En la inauguración de las placas huellas hizo presencia el gobernador de Santander, Richard Aguilar Villa, quien destacó los beneficios que para 250 familias de la zona rural del municipio santandereano traerán los 1.3 kilómetros de este tramo. (huella, 2015)

En placas huellas fueron intervenidos 310 metros lineales en vías terciarias, que beneficiarán a cientos de familias residentes en la comunidad rural en el Departamento del Huila.



Figura 2. Placa huella sin Riostra.

Fuente. <https://diariodelhuila.com/millonaria-inversion-para-placa-huella-en-oporapa>.

Labriegos cultivadores de café de alta calidad residentes en la zona rural del municipio de Oporapa se beneficiarán con la ejecución de importantes proyectos de infraestructura vial. Una de las problemáticas más difíciles de sobrellevar para el agro colombiano y huilense. Las obras reflejadas en su totalidad en la construcción de 310 metros lineales de placa huella, tuvieron un costo cercano a los \$154 millones y se ubican en la vía El Carmen- La Maica, el sector La Muralla de la vereda El Carmen y la vía Santa Rosa- El Roble; favoreciendo a 400 familias que se dedican a la producción de cafés de alta calidad y otros productos agrícolas. “Este es un reflejo del trabajo mancomunado que viene realizando el Comité Departamental de Cafeteros de la mano de las administraciones municipales del Huila, con el único propósito de mejorar la calidad de los caficultores y sus familias. Estamos convencidos que trabajando unidos podremos hacer más por el desarrollo de la caficultura como primer renglón de la economía huilense”, expresó el director Ejecutivo del Comité Departamental de Cafeteros, Jorge Enrique Montenegro. Las mejoras viales de este tipo prevalecen hasta los 15 o 20 años y no requieren mantenimientos ni gastos adicionales. Mientras que el resto de carreteras que no cuenta con la intervención, es propenso a sufrir daños en tiempos de lluvia imposibilitando así el transporte de la comunidad rural hacia el área urbana, y con ello perjudicando la economía familiar. (Placa Huella, 2018)

Se construirán 11 kilómetros en diferentes vías rurales de Salento, Filandia, Circasia, Montenegro, Quimbaya, La Tebaida, Buenavista, Córdoba, Pijao, Génova y Calarcá.



Figura 3. Placa huella sin Riostra.

Fuente. <https://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-adjudicaron-proyecto-de-placa-huella-aprobado-por-el-ocad-nota-118863>

La gobernación del Quindío adjudicó el contrato para la construcción de 11 kilómetros de placa huella en 11 municipios. El proyecto fue aprobado por el Órgano Colegiado de Administración y Decisión, Ocad, a finales del año pasado. Las obras estarán a cargo de 11 contratistas, quienes participaron en la licitación 014 de 2018 y tendrán que realizar el mejoramiento de vías terciarias en Salento, Filandia, Circasia, Montenegro, Quimbaya, La Tebaida, Buenavista, Córdoba, Pijao, Génova y Calarcá. Según Cielo López Gutiérrez, secretaria Jurídica y de Contratación de la administración departamental, al proceso se presentaron 45 oferentes, quienes entregaron 356 propuestas, que fueron evaluadas por un comité. “Durante la audiencia de adjudicación se leyeron todas las observaciones de los empresarios y las respuestas por parte del departamento. (Palacio Mejía, 2018).

Vías terciarias en el municipio de garzón en el departamento del Huila.



Figura 4. Placa huella en construcción.

Fuente. <https://www.diariodelhuila.com/-57-mil-millones-la-inversion-social-de-garzon-en-el-2017>

En cuanto al mantenimiento de vías terciarias y secundarias y cementación de calles urbanas se destaca la pavimentación de los 4.8 kilómetros en San Antonio del Pescado, con una inversión 13.600 millones aportados por el gobierno departamental y dos kilómetros en Placa Huella mediante convenio con el Comité Departamental de Cafeteros cuya inversión fue de 1.033 millones de pesos. El alcalde también destacó la terminación de la construcción del puente de los “Mil Días” obra después de más de cinco años de iniciarse por fin fue inaugurada este año la pavimentación de 30 cuadras en el casco urbano y la aprobación del proyecto de cementación de

seis cuadras más con recursos del Departamento de Prosperidad Social. Finalmente, Bonilla Ramírez, destacó la compra de un kit de maquinaria para el arreglo de vías que consta de una motoniveladora y una volqueta con una inversión de 1.136 millones de pesos. (Vias terciarias, 2018)

4.4 Marco Legal

4.4.1 Guía de diseño de pavimentos con pavimentos tipo placa huella INVIAS 30-10-17.

El presente documento brinda a la Ingeniería Nacional un conocimiento teórico práctico sobre esta alternativa de pavimentación en los contratos que adelanta el INVIAS a través de la subdirección de Red Terciaria y Férrea, que además conlleva la utilización de materiales y mano de obra locales. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

4.4.2 Pavimento de concreto hidráulico, artículo 500 – 13.

Este trabajo se refiere a la construcción de un pavimento de concreto hidráulico con juntas; y consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y el vibrado de una mezcla de concreto hidráulico en forma de losas, con o sin refuerzo; la ejecución y el sellado de juntas; el acabado, el curado y las demás actividades necesarias para la correcta construcción del

pavimento de concreto hidráulico, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o ajustados por el Interventor. (vias, 2013).

4.4.3 Normas de ensayo de materiales para carreteras, resolución 0001375-14.

Que, de conformidad con el Artículo 2°. del Decreto 2618 de 2013, corresponde al Instituto Nacional de Vías, entre otras funciones, adelantar los estudios técnicos necesarios para la ejecución de los planes, programas y proyectos del Área Técnica y formular propuestas en materia de normas, regulaciones y promover la modernización de la infraestructura a cargo del Instituto a efectos de favorecer la seguridad de los usuarios; así como proponer la adopción de los manuales, normas y especificaciones técnicas para la construcción, conservación y seguridad de la red de la infraestructura a cargo de la entidad y velar por su permanente actualización y aplicación. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

4.4.4 Análisis granulométrico de suelos por tamizado INVIAS E – 123 – 07.

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200). (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

4.4.5 Por la cual se adopta la Guía de diseño de pavimentos con placa huella

Resolución 04401-17.

Que de conformidad con el artículo 2 del Decreto 2618 de 2013, corresponde al Instituto Nacional de Vías, entre otras funciones, elaborar conjuntamente con el Ministerio de Transporte los planes, programas y proyectos tendientes a la construcción, construcción, mejoramiento, rehabilitación, conservación, atención de emergencias, y demás obras que requiera la infraestructura de su competencia, así como, definir la regulación técnica relacionada con la infraestructura de los modos de transporte carretero, fluvial. Férreo y marítimo. Que el Instituto Nacional de Vías- INVIAS suscribió el contrato No. 1239 de 2015, con el Consorcio Manuales y Guías Ceal, para la elaboración de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella. Que la Guía de diseño de pavimentos con placa huella elaborada por el Consorcio Manuales y Guías Ceal, fue socializado el día 13 de abril de 2016, con los Gremios de la Ingeniería, la Academia, las firmas consultoras, así como con las Entidades Estatales. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

4.4.6 Determinación del límite líquido de los suelos INVIAS E – 125 – 07.

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico. Para los fines de esta especificación, cualquier valor observado o calculado deberá aproximarse a la “unidad más cercana”. Esta norma no pretende considerar todos los problemas

de seguridad asociados con su uso. Es de responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicación de limitaciones regulatorias con anterioridad a su uso. (Cuz Velasco)

4.4.7 Límite plástico e índice de plasticidad de suelos INVIAS E – 126 – 07.

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

5. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación se llevará a cabo por medio de una investigación cualitativa para precisar el método existente y los procesos viables para el diseño de 1km de vía con el pavimento tipo placa huella dirigido a la población en las inmediaciones del sector del arbolito, vereda Agua Blanca municipio de Girardot.

6. DISEÑO DE PLACA HUELLA

6.1 Criterios básicos de diseño del pavimento con Placa- Huella

En general el pavimento tipo Placa-Huella es una solución para vías terciarias de carácter veredal que presentan un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día siendo los automóviles, Los principales atributos de éste tipo de pavimento son: los camperos y las motocicletas el mayor componente del flujo vehicular. (Garcia Montes, 2017).

Los principales atributos de éste tipo de pavimento son:

- ❖ Ofrecer permanentemente condiciones de circulación satisfactorias durante un amplio período de servicio.

- ❖ No requerir acciones de mantenimiento diferentes a la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales.

- ❖ Reducir los costos de construcción y mantenimiento respecto a los mismos costos de un pavimento convencional.

❖ Ofrecer la posibilidad de utilización de materiales y mano de obra locales. (Garcia Montes, 2017)

El diseño del pavimento con placa-huella se tuviese que hacer como una estructura de concreto reforzado totalmente apoyada sobre el suelo (en este caso el suelo es la subbase granular) constituida por placas-huella y riostras que trabajan monolíticamente y cuyo mecanismo de falla es por carga última. (Garcia Montes, 2017)

Se puede concluir que la elaboración de un estudio de tránsito traducido en un espectro de cargas resulta innecesaria. El estudio del espectro de cargas es pertinente en el diseño de un pavimento que falle estructuralmente por acumulación de fatiga no siendo éste el caso del pavimento con placa-huella. (Garcia Montes, 2017)

6.2 Tránsito

El eje de referencia para el diseño estructural del pavimento constituido por una sucesión de placas y riostras reforzadas utilizando la metodología de diseño por carga última debe ser el eje tándem de 22 toneladas de un camión C-3. El diseño debe ser tal que al desplazarse dicho eje sobre la superficie no se produzca en las placas-huella un nivel de esfuerzos que les genere la falla, es decir, su fractura. (Garcia Montes, 2017)

6.3 La subrasante y la subbase granular

Del análisis de sensibilidad de algunas variables que pudiesen incidir en el comportamiento del pavimento con placa-huella se pudo concluir que la cuantía de acero y la longitud, ancho y espesor tanto de la placa-huella como de la riostra no son sensibles a la rigidez de la superficie de apoyo, en éste caso del conjunto subrasante- subbase granular. (Garcia Montes, 2017)

Dicho espesor obedece a razones constructivas como son el contribuir a lograr la lisura de la superficie de apoyo de las placas, que es la subbase granular, a poder lograr la compactación requerida cuando los suelos de apoyo sean de precaria calidad y a disponer de una superficie de trabajo limpia. (Garcia Montes, 2017)

El espesor adoptado es suficiente para subbases granulares colocadas sobre suelos con CBR mayor o igual a tres por ciento (3%). Suelos con valores de CBR menores a 3% son suelos de comportamiento complejo que requieren del concurso de un especialista para establecer los procedimientos de mejoramiento. (Garcia Montes, 2017)

6.4 Espesor de la Placa-Huella

El espesor requerido de concreto para soportar los esfuerzos producidos por el eje de diseño es menor de quince (15) centímetros, pero por facilidad constructiva y adecuado recubrimiento de la armadura de acero se adoptó un espesor único de quince (15) centímetros. (Garcia Montes, 2017)

6.5 Criterios para el diseño de la sección transversal en tangente

Tal como se dijo al inicio de este numeral la Guía de Diseño de Pavimentos con placa-huella está concebida para que éste tipo de solución ofrezca a sus usuarios seguridad y confort y además funcione en condiciones satisfactorias al menos durante sus primeros veinte (20) años de servicio. (Garcia Montes, 2017)

Para garantizar la durabilidad del pavimento la Guía recomienda una sección transversal en tangente de cinco (5) metros de ancho. (Garcia Montes, 2017)

Un ancho menor a cinco (5) metros no permitiría el cruce de un vehículo comercial (camión ó bus) con un vehículo liviano obligando a que necesariamente uno de los dos vehículos se vea obligado a efectuar maniobras en reversa hasta encontrar una zona de cruce. (Garcia Montes, 2017)

6.6 Resistencia del concreto

La Guía especifica que la fabricación de los elementos estructurales del pavimento se debe realizar con concreto de calidad aceptable que en éste caso se asimila a una resistencia a la compresión a los 28 días de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. (Garcia Montes, 2017)

6.7 Periodo de diseño

El diseño del pavimento consignado en la presente Guía prevé que éste pueda prestar condiciones de servicio adecuadas por un período no menor a veinte (20) años siendo, como ya se dijo, la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales serían el único mantenimiento necesario. (Garcia Montes, 2017)

6.8 Vehículo de diseño

Tomando en consideración que la vía una vez pavimentada debe permitir la circulación de los camiones que transporten los productos agropecuarios, forestales, mineros o industriales que se extraigan o fabriquen en la zona se ha adoptado como vehículo de diseño el camión C-3. En la Figura 5, se ilustran las dimensiones y pesos por eje de dicho camión. (Garcia Montes, 2017)

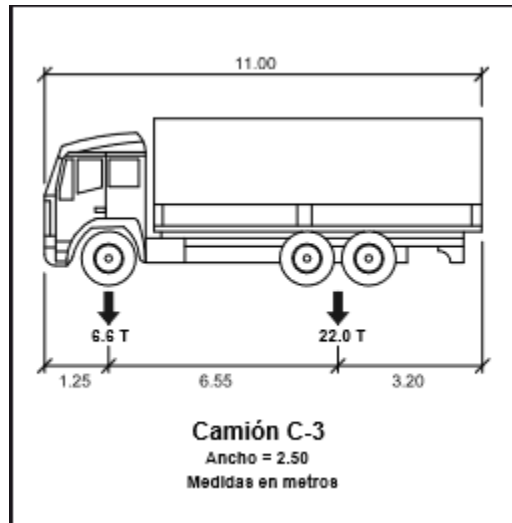


Figura 5. Vehículo de diseño.

Fuente. Guía de diseño de pavimento tipo Placa-Huella 2017.

6.9 Elementos que integran el pavimento con Placa-huella y sus funciones

El pavimento con Placa-huella lo integran los siguientes elementos tal como se ilustra en la **Figura 6**, los cuales hacen referencia a un tramo en tangente. (García Montes, 2017) Tales elementos son:

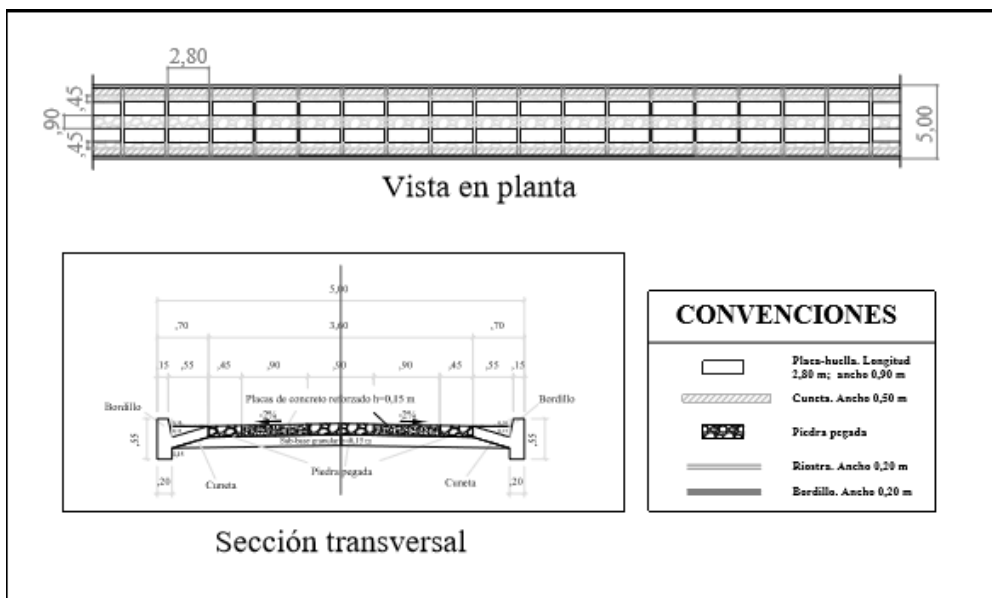


Figura 6. Elementos que integran el pavimento con Placa-huella.

Fuente. Guía de diseño de pavimento tipo Placa-Huella 2017.

6.10 Subrasante

Está constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable. La recomendación general es **NO DESESTABILIZAR** la superficie existente efectuando cajeros o excavaciones. La subrasante que se evalúa para calificar su capacidad de soporte es el estrato subyacente al afirmado existente. El aporte estructural de la capa de afirmado que pueda existir no se toma en cuenta y se considera como un factor de seguridad. (García Montes, 2017).

6.11 Subbase

Una vez que a la superficie existente se le haya rectificado su perfil longitudinal, con pequeños rellenos, y se encuentre adecuadamente compactada se deberá extender, conformar y compactar una capa de subbase que cumpla la especificación general vigente en el Instituto Nacional de Vías. (Garcia Montes, 2017)

La subbase deberá tener, COMO MÍNIMO, quince (15) centímetros de espesor en todo el ancho de la sección transversal. Si la conformación de la superficie existente no permitió configurar el bombeo en las tangentes (-2%) y el peralte y su transición en las curvas (2%) ésta tarea se deberá efectuar al momento de construir la subbase. (Garcia Montes, 2017). Las funciones de la subbase son:

- ❖ Constituir una superficie de trabajo limpia para construir sobre ella los elementos restantes que conforman el pavimento con Placa-huella e Incrementar la rigidez de la superficie de apoyo de las placas-huellas, de la piedra pegada y de las berma-cunetas.

- ❖ Controlar el eventual bombeo que se pudiese presentar por las juntas de construcción que se requieren. (Garcia Montes, 2017)

6.12 Placa-Huella

La placa-huella es una losa de concreto reforzado fundida sobre la subbase en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la riostra y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente.

- ❖ La longitud máxima de la placa-huella es de dos metros con ochenta centímetros (2,80 m). Como el ancho de la riostra siempre es de veinte centímetros (0,20 m) la longitud máxima de un módulo es de tres metros (3,0 m) y corresponde a la longitud del módulo en tangente.

- ❖ El ancho de la placa-huella en tangente es de noventa centímetros (0,90 m).

- ❖ El espesor de la placas-huella es de quince centímetros (0,15 m).

Las funciones de la placa-huella son:

- ❖ Soportar los esfuerzos que se producen por el paso de los ejes de los vehículos.

- ❖ Canalizar la circulación vehicular relativamente costosa como es el concreto simple por uno más económico como lo es la piedra pegada (concreto ciclópeo). Lo anterior se traduce en una menor inversión. (Garcia Montes, 2017)

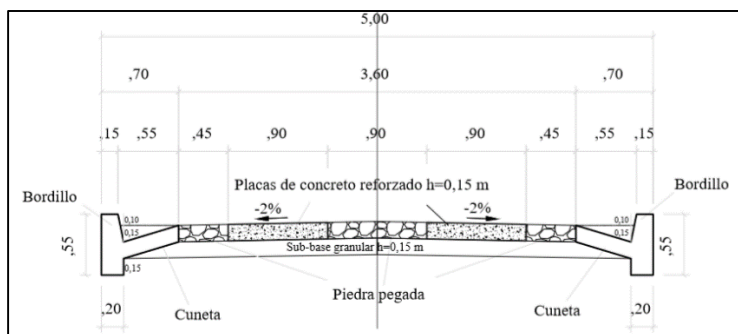


Figura 7. Placa Huella Sección transversal.

Fuente. Guía de diseño de pavimento tipo Placa-Huella 2017.

6.12.1 Placa huella diseño estructural.

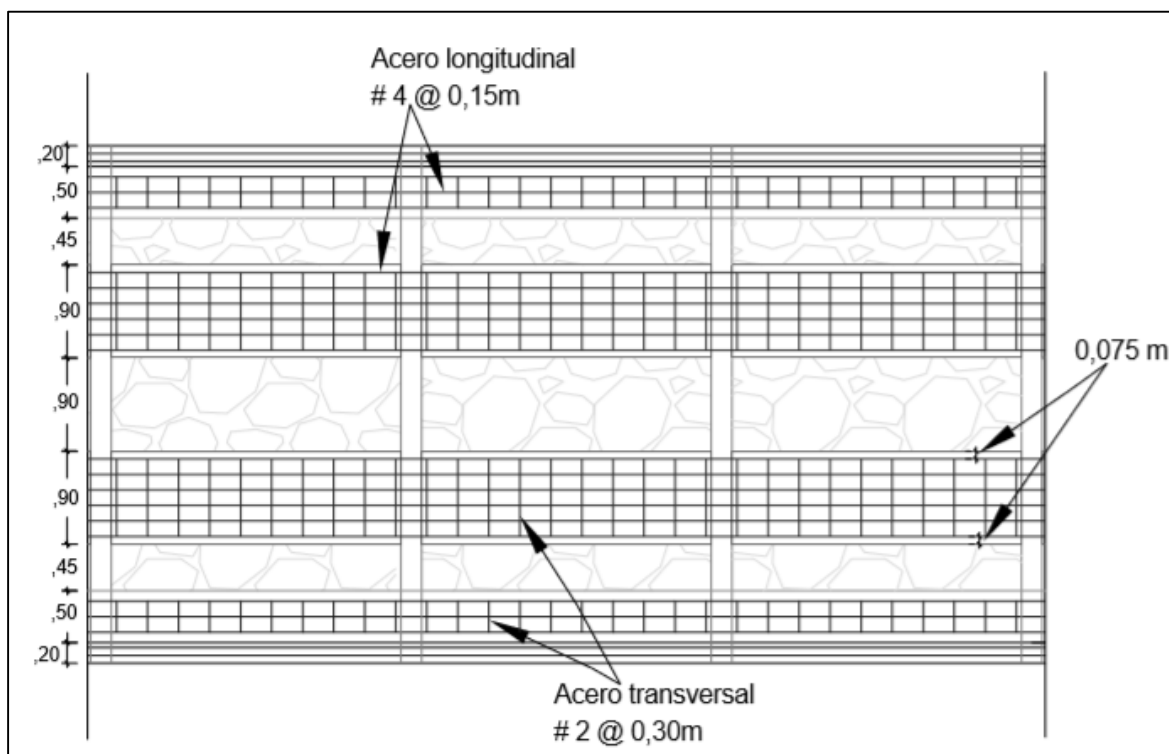


Figura 8. Esquema en planta.

Fuente. Guía de diseño de pavimento con placa huella.

6.13 Riostra

La riostra es una viga transversal de concreto reforzado en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo anterior y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente. (Garcia Montes, 2017)

- ❖ El ancho de la riostra es de veinte centímetros (0,20 m).

- ❖ El peralte de la riostra es de treinta centímetros (0,30 m). Dicha riostra se apoya totalmente sobre la superficie existente, es decir en la superficie sobre la que se construye la subbase, previa la colocación de un solado de limpieza de tres centímetros (0,03 m) de espesor. (Garcia Montes, 2017)

Lo anterior implica:

- ❖ Excavar, en la subbase, una zanja transversal de veinte centímetros (0,20 m) de ancho y dieciocho centímetros (0,18 m) de profundidad en la sección donde se debe construir la riostra.

- ❖ Lo anterior se requiere para compensar la diferencia entre el peralte de la riostra + el solado de limpieza y el espesor de la placa-huella $(0,33 \text{ m} - 0,15 \text{ m}) = 0,18 \text{ m}$.

❖ Se aclara que la subbase se extiende, se conforma y se compacta en toda su longitud y ancho y posteriormente se procede a construir las zanjas transversales para alojar las riostras.

(Garcia Montes, 2017)

❖ Refuerzo Longitudinal: Cuatro varillas número 4 (4#4).

❖ Estribos: Una varilla número 2 cada 15 centímetros (1#2@0,15).

❖ La longitud de traslape de las varillas longitudinales #4 es de mínimo sesenta (60,0 cms) centímetros.

❖ El recubrimiento de las varillas longitudinales #4 es de siete coma cinco (0,075 m) centímetros en la parte inferior y de cuatro (0,04 m) centímetros en la parte superior. (Garcia Montes, 2017)

6.13.1 Esquema en planta, perfil y detalles.

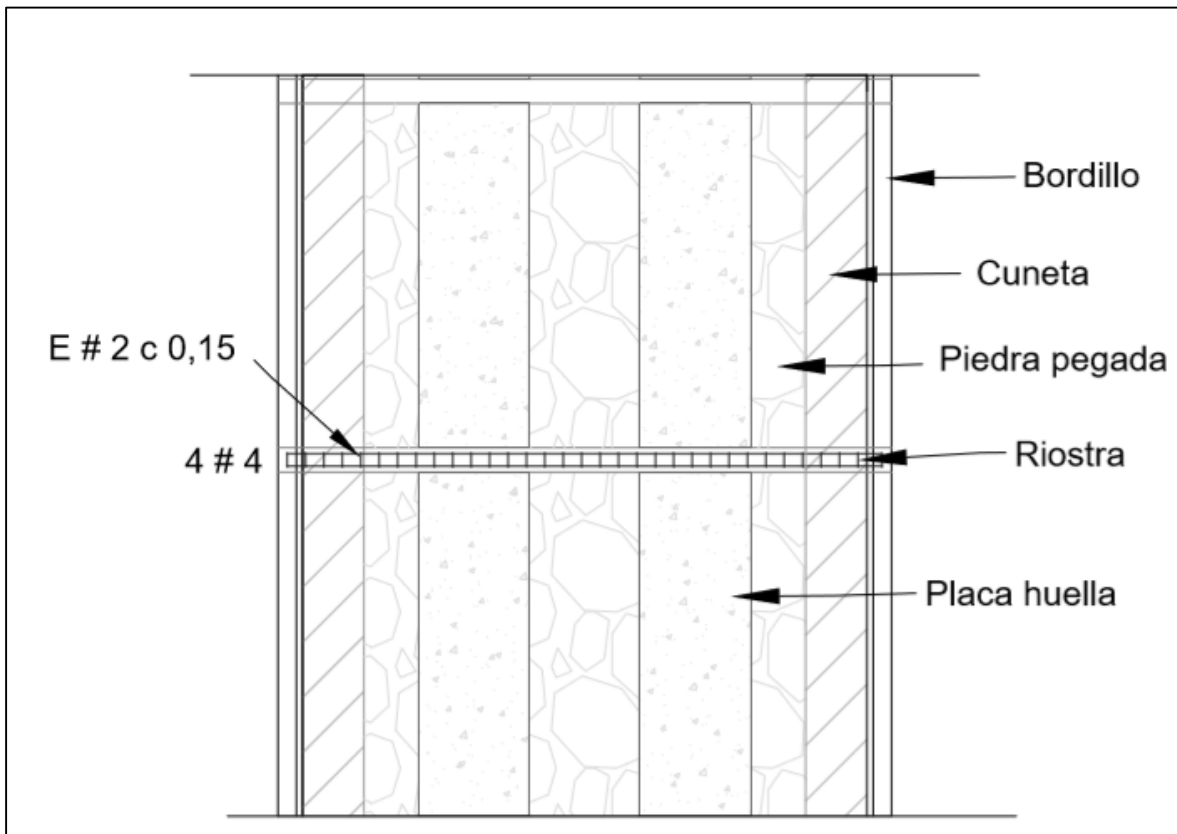


Figura 11. Planta.

Fuente. Guía de diseño de pavimento tipo Placa-Huella 2017.

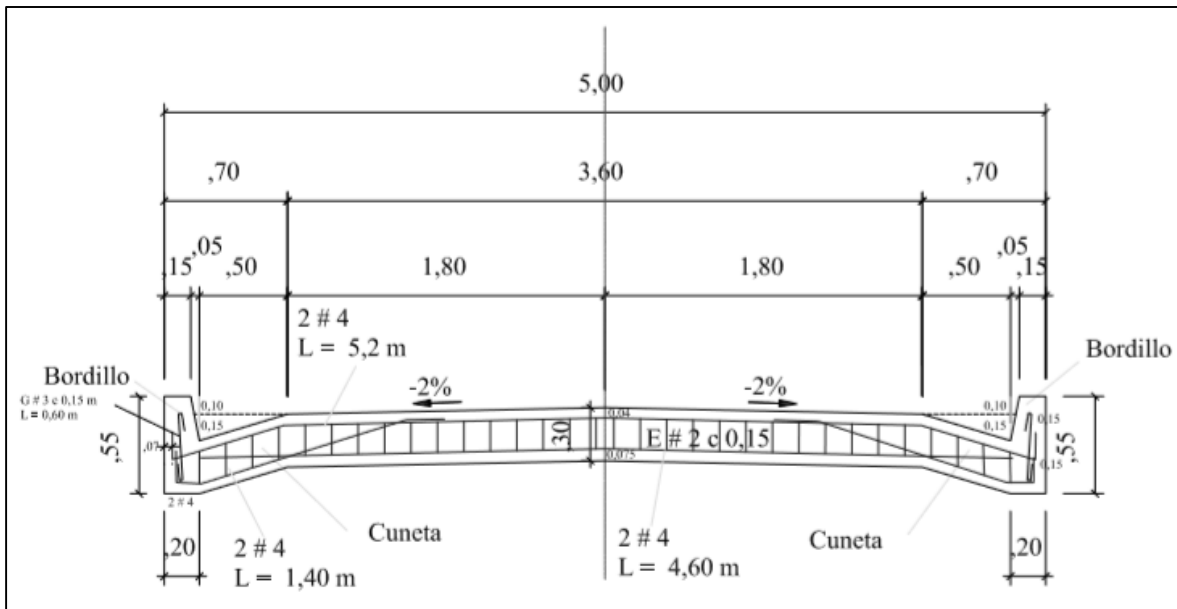


Figura 12. Corte longitudinal.

Fuente. Guía de diseño de pavimento tipo Placa-Huella 2017.

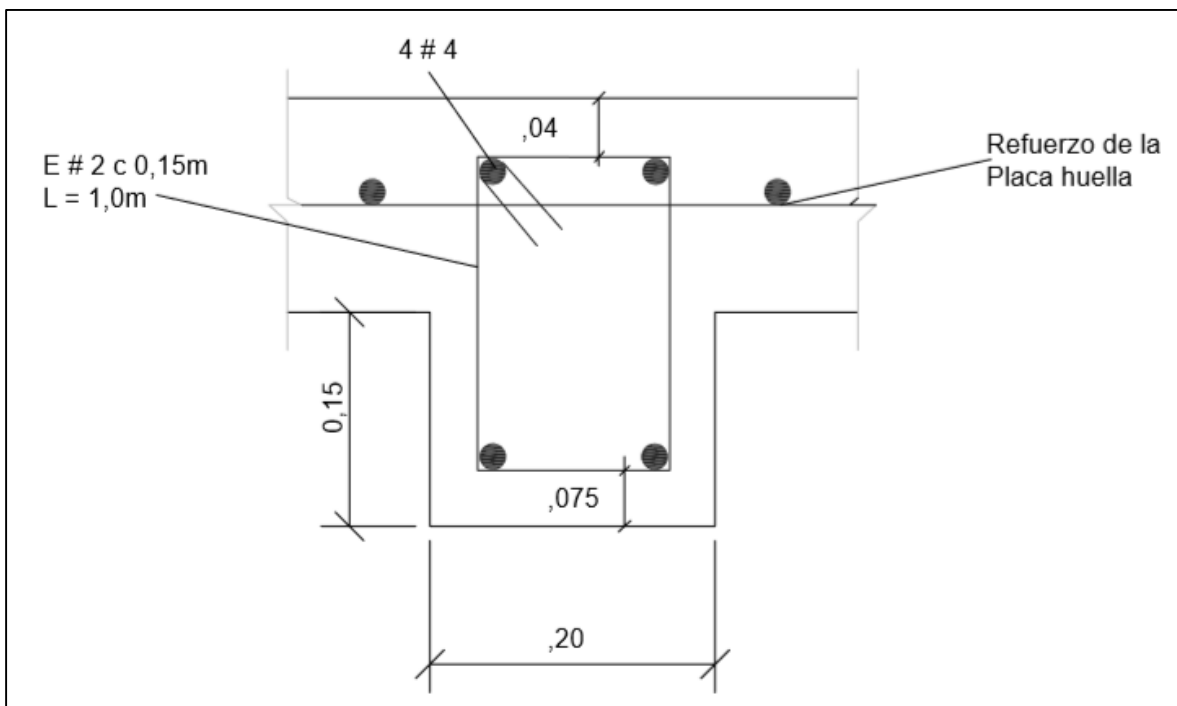


Figura 13. Corte transversal.

Fuente. Guía de diseño de pavimento tipo Placa-Huella 2017.

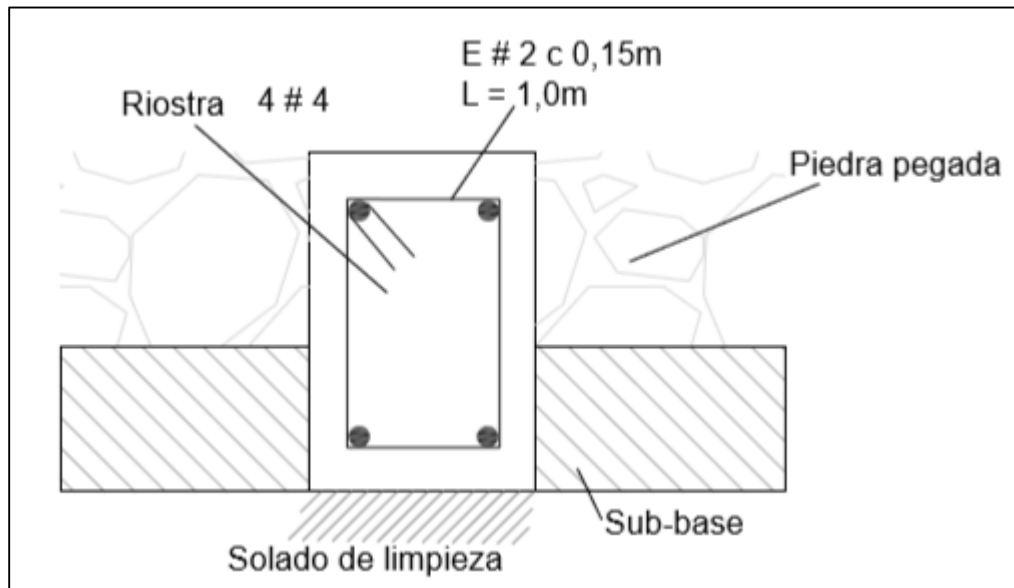


Figura 14. Corte transversal sección en piedra pegada.

Fuente. Guía de diseño de pavimento tipo Placa-Huella 2017.

6.14 Piedra pegada

La piedra pegada es una capa de concreto ciclópeo con espesor de quince centímetros (0,15 m). (García Montes, 2017)

Las funciones de la piedra pegada son:

- ❖ Disminuir los costos de construcción del pavimento ya que es un material menos costoso que el concreto simple.

- ❖ Propiciar la canalización del tránsito dado que la alta rugosidad que presenta la piedra pegada desestimula a los conductores a circular por fuera de las placas-huella que son los elementos diseñados para soportar los esfuerzos producidos por el paso de los vehículos.

- ❖ Contribuir a la estética del camino. (Garcia Montes, 2017)

6.15 Peralte

Tomando en consideración que en las vías pavimentadas con Placa-huella la velocidad de los vehículos es baja y que además los tramos rectos entre una curva y la siguiente (entretangencia) con frecuencia las curvas horizontales, independientemente del valor de su radio, el valor único de dos por ciento es muy corto, situación que dificulta la transición del bombeo al peralte, se ha adoptado para todas (2%). (Garcia Montes, 2017).

7. ANÁLISIS DE SUBRASANTE

7.1 Ubicación de la vía

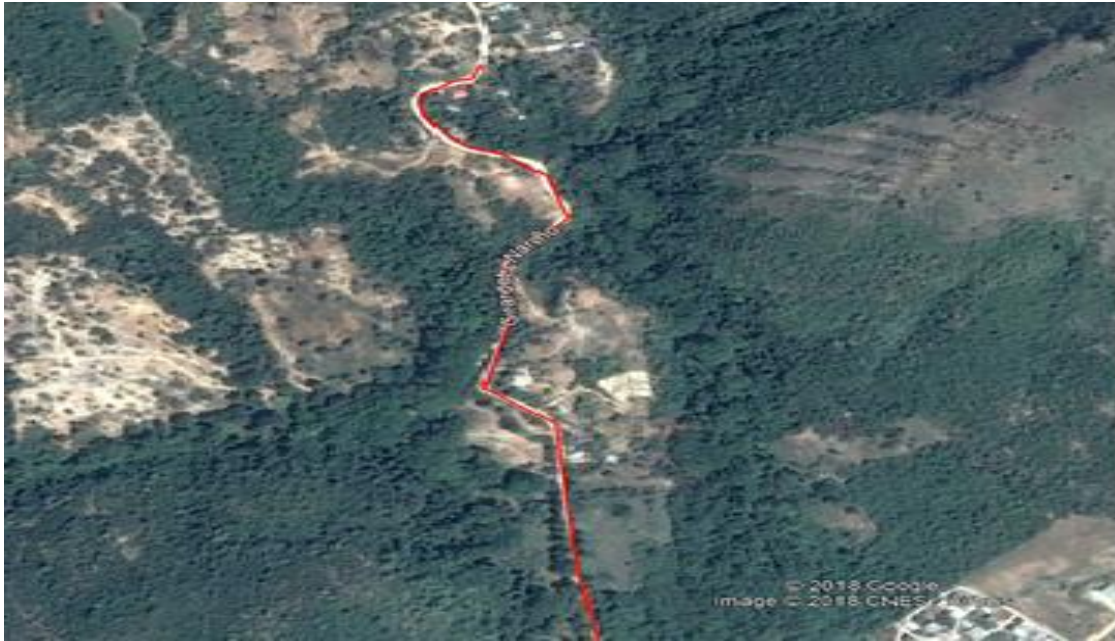


Figura 15. Vía de 1 km a la cual se le realizaron los apiques para el estudio de suelos.

Fuente. Google maps

Vía terciaria ubicada en el municipio de Girardot, en las inmediaciones de la vereda de agua blanca, esta vía también conduce al municipio de Nariño es muy transitada por la población que vive en la vereda de agua blanca, población que se beneficiara del presente proyecto.

7.2 Apiques

Objetivo. Conocer el perfil estratigráfico del sub-suelo con base en el estudio de tres (3) apiques a cielo abierto. Tomar uno en el principio en la abscisa K2+150 otro en la mitad del kilómetro en la abscisa K2+650 y por último en el final del kilómetro en la abscisa K3+150.

Determinar mediante pruebas de campo y ensayos de laboratorio, las propiedades físicas mecánicas del suelo, tales como: Granulometría, límites de Atterberg, humedad natural y determinar el CBR de la subrasante.



Figura 16. Excavación de los Apiques.

Fuente Autores.

7.3 Determinación de límites de Atterberg

El límite líquido. Es el contenido de humedad expresado en porcentaje del peso seco, hay un límite entre el estado plástico y el estado líquido del suelo, el límite existente entre el estado plástico y el líquido es definido arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm fluyan y se unan en una longitud de 12 mm. aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo. (Ing. Arturo Borfitz, 2008)

Límite Plástico. Es el contenido de humedad expresado en porcentaje del peso seco, hay un límite entre el estado plástico y el estado líquido del suelo, el límite existente entre el estado plástico y el líquido es definido arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm. de diámetro. (Ing. Arturo Borfitz, 2008).

7.4 Ensayo De Laboratorio Limite Liquido

Para realizar este ensayo de laboratorio se utilizó el método A de (determinación del límite líquido de los suelos INVIAS E – 125 – 07), en donde nos dan paso a paso lo que se debe hacer para obtener el límite líquido del suelo. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ Se toma una muestra de material aproximadamente de 100 gr que pase por el tamiz No. 40 de acuerdo con el método descrito en las normas INV E – 106 e INV E – 107. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ Se procede a mezclar el material con 15 a 20 ml de agua destilada, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ Habiendo realizado lo anterior obtendremos una pasta uniforme de consistencia dura. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ Con la ayuda de la espátula colocaremos el material en la cazuela de la máquina de casa grande. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ Se levanta y golpea la cazuela girando la manija F, a una velocidad de dos (2) revoluciones por segundo, hasta observar que las dos caras de la muestra se pongan en contacto, se anota el número de golpes requerido para cerrar la ranura. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ Se toma la muestra en donde se cerró la ranura, aproximadamente del ancho de la espátula, luego se pesa y se anota el valor. Se coloca la muestra con el recipiente dentro del horno

a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$) hasta obtener una masa constante. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)



Figura 17. Máquina de casa grande con el respectivo material para analizar.

Fuente Autores.



Figura 18. Extracción del material en donde se presentó el cierre con los golpes de la máquina de casa grande.

Fuente Autores.



Figura 19. Proceso de secado del material.

Fuente Autores.

En este procedimiento se debe verificar cada 30 minutos el peso del material hasta que se encuentre totalmente seco como se puede apreciar en la figura 19.



Figura 20. Toma de pesos secos del material.

Fuente Autores.

7.4.1 Muestra 1 Limite Liquido.

- ❖ Peso de la muestra 100 gr
- ❖ peso de la tara 12 gr
- ❖ Peso de la tara más material 25 gr

7.4.1.1 Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 10 a 20.

Cuadro 1. Numero de golpes de 10-20.

Limite Liquido (10-20)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	15
Peso de tara	12,0 gr
Peso de la muestra + Tara	25,0 gr
Peso de la muestra	13,0

Fuente Autores.

7.4.1.2 Datos obtenidos durante el secado del material.

Cuadro 2. Datos obtenidos durante el secado.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
9:02	9:32	24,8 gr	12,80 gr
9:32	10:02	23,5 gr	11,50 gr
10:02	10:32	21,8 gr	9,80 gr
10:32	11:32	21,8 gr	9,80 gr

Fuente Autores.

7.4.1.3 Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 20 a 30.

Cuadro 3. Numero de golpes de 20-30.

Limite Liquido (20-30)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	26
Peso de tara	13,0 gr
Peso de la muestra + Tara	28,9 gr
Peso de la muestra	15,90

Fuente Autores.

7.4.1.4 Datos obtenidos durante el secado del material.

Cuadro 4. Datos obtenidos durante el secado.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
9:30	10:00	27,8 gr	14,8 gr
10:00	10:30	27,5 gr	14,5 gr
10:30	11:00	26,8 gr	13,8 gr
11:00	11:30	26,8 gr	13,8 gr

Fuente Autores.

7.4.1.5 Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 30 a 40.

Cuadro 5. Numero de golpes de 30-40.

Limite Liquido (30-40)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	33
Peso de tara	13,2 gr
Peso de la muestra + Tara	27,0 gr
Peso de la muestra	13,8 gr

Fuente Autores

7.4.1.6 Datos obtenidos durante el secado del material.

Cuadro 6. Datos obtenidos durante el secado.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
10:00	10:30	26,5 gr	13,3 gr
10:30	11:00	26,0 gr	12,8 gr
11:00	11:30	25,8 gr	12,6 gr
11:30	12:00	25,8 gr	12,6 gr

Fuente Autores

Para calcular el % de humedad del material utilizamos la siguiente formula:

$\frac{\text{peso de la muestra} - \text{el peso de la tara}}{\text{peso seco de la muestra} - \text{el peso de la tara}} * 100$ (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE

LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

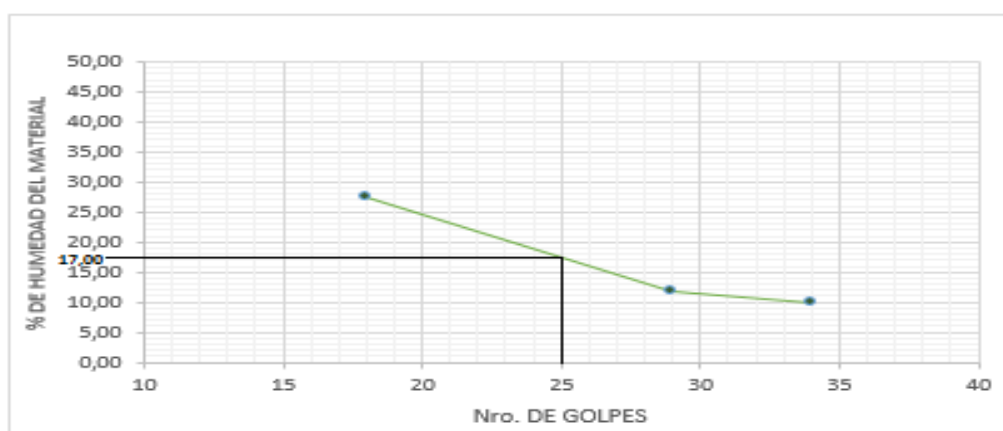
Cuadro 7. Porcentaje de humedad del material muestra # 1

Nº de Golpes	% De humedad del material
15	32,65 %
26	15,22 %
33	9,52 %

Fuente Autores

Ahora procederemos a graficar la curva de fluidez en donde se graficará el % de humedad de la muestra y los números de golpes para así poder hallar el límite líquido del material.

(INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)



Gráfica 1. Curva de fluidez Muestra 1. Fuente Autores.

Se tomará el contenido de húmeda correspondiente a la intersección presentada en la curva de flujo presentada en los 25 golpes como límite líquido del suelo. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

Según la intersección de presentada en los 25 golpes el limite liquido es de **17 %**.

7.4.1.7 Ensayo De Laboratorio Limite Plástico.

7.4.1.7.1 Límite De Plasticidad.

Si solo se quiere obtener el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g. De la porción de suelo humedecida y amasada. La muestra debe ser tomada en el proceso de amasado en donde se pueda formar fácilmente una esfera, sin que se pegue a los dedos o al ni al vidrio, si el ensayo se realiza después del límite líquido y la muestra se seca solo se debe volver a humedecer para poder hacer los rollitos. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

Procedimiento.

- ❖ Se toma una muestra de material aproximadamente de 100 gr que pase por el tamiz No. 40 de acuerdo con el método descrito en las normas INV E – 106 e INV E – 107. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ Se procede a humedecer con agua destilada el material, para después tomar entre 1.5 y 2 gr de la muestra para formar una masa elipsoidal. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ Procedemos a formar rollos de 3 mm de diámetro para obtener un peso mínimo de 20 gr. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

- ❖ procederemos a tomar el peso húmedo y meter el material al horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$) hasta obtener una masa constante. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)



Figura 21. Elaboración de rollos.

Fuente Autores



Figura 22. Medida de 3mm de rollito.

Fuente. Autores.



Figura 23. Peso de la muestra.

Fuente Autores.



Figura 24. Total, peso rollitos 20.8 gr.

Fuente Autores.

Límite De Plasticidad

- ❖ Peso de la tara 12 gr
- ❖ Peso de la tara más material 25.4 gr
- ❖ Peso de la muestra 13.4 gr

Cuadro 8. Limite plástico muestra #1. Datos obtenidos durante el secado.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
10:00	10:30	25,2 gr	13,2 gr
10:30	11:00	24,9 gr	12,90 gr
11:00	11:30	24,70 gr	12,70 gr
11:30	12:00	24,70 gr	12,70 gr

Fuente Autores.

Ya obtenido el peso seco del material se procede a realizar la siguiente fórmula para calcular el límite de plasticidad del suelo.

$$\frac{PESO DE LA MUESTRA HUMEDO - PESO DE LA MUESTRA SECO}{PESO DE LA MUESTRA SECO} * 100$$

(INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

El límite plástico de la muestra #1 es de **5.51%**

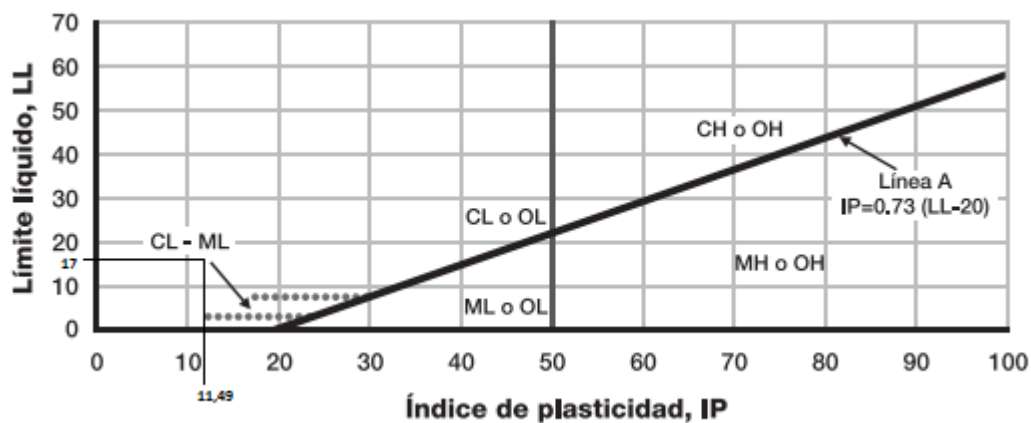
Índice de plasticidad. Teniendo nuestro límite líquido y nuestro límite plástico podemos calcular el índice de plasticidad del suelo con la siguiente fórmula:

$I_p = L_l - L_p$ (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

Cuadro 9. Índice de plasticidad.

LP%	LL%	IP%
5,51	17	11,49

Fuente Autores



Gráfica 2. Carta de plasticidad de casa grande.

Fuente INVIAS 2017.

Cuadro 10. Símbolos usados en el sistema unificado de clasificación de suelos.

Descripción	Símbolo
Gravas	G
Arenas	S
Limos	M
Arcillas	C
Limos y arcillas orgánicas	O
Turba y suelos orgánicos	Pt
Alta plasticidad o alta compresibilidad	H
Baja Plasticidad o baja compresibilidad	L
Bien gradado	W
Pobremente gradado	P

Fuente, Invias.

Cuadro 11. Sistema de clasificación de suelos.

Clasificación General	Materiales limosos y arcillosos (Más del 35% del total de la muestra pasa el tamiz No 200)				
	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo de clasificación				A-7-5 ¹	A-7-5 ²
Análisis de tamizado % que pasa					
Tamiz No 10					
Tamiz No 40					
Tamiz No 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Para fracciones que pasan el tamiz No 40					
Límite Líquido (LL)	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Límite Plástico (LP)	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.
Tipo de material	suelos limosos		suelos arcillosos		
Clase de subrasante	de buena a pobre				

Fuente. AASHTO.

Teniendo en cuenta el límite líquido y el límite plástico de nuestra primera muestra y gracias al sistema de clasificación de suelos según la AASHTO decimos que tenemos un suelo tipo A-4 limoso y según la gráfica de la carta de casa grande tenemos un suelo arcilloso de baja plasticidad lo cual concluiría con un suelo **arcillo limoso de baja plasticidad**. Ahora procederemos a definir el tipo de CBR según la Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K.

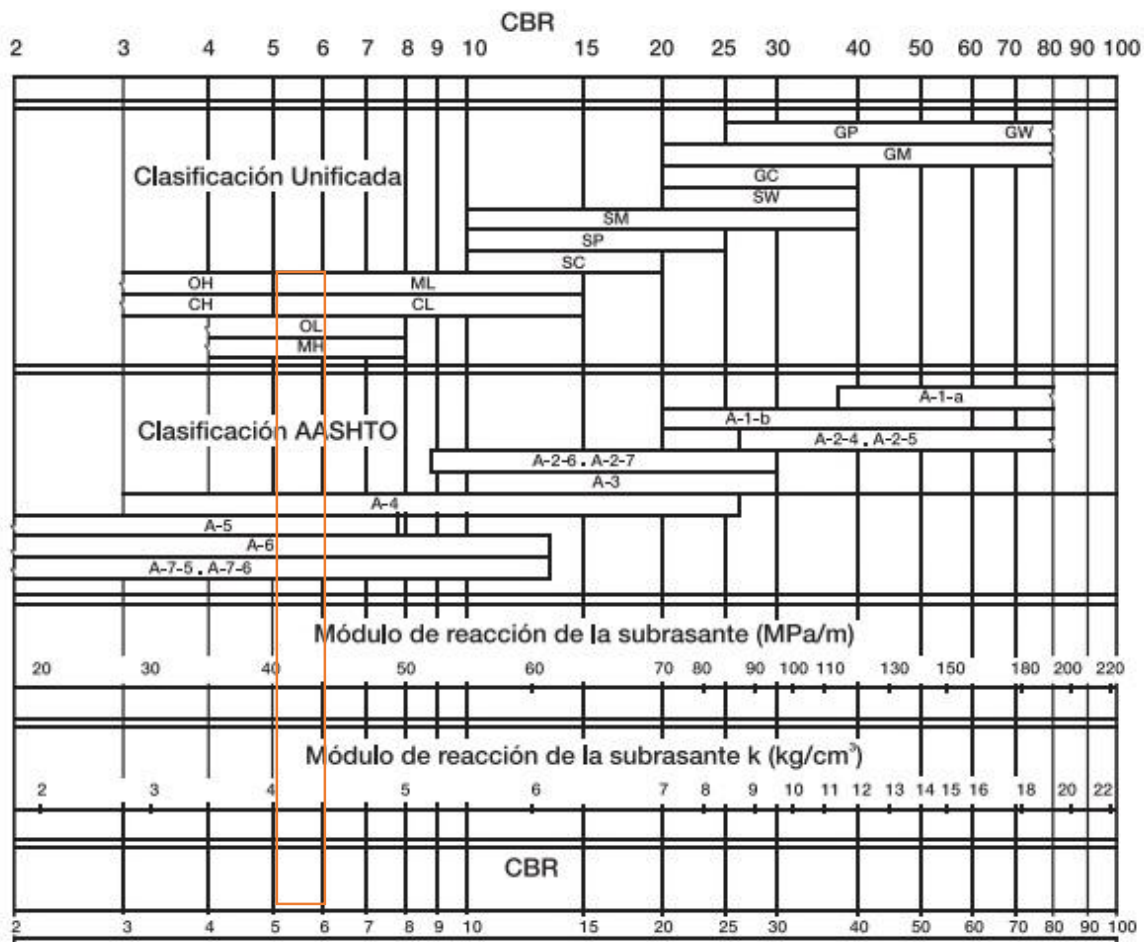


Figura 25. Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K INIVAS.

Fuente. Guía de diseño de pavimento tipo Placa-Huella 2017.

Gracias al grafico que nos facilita el INVIAS de la Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K, y según nuestro tipo de suelo que en nuestro caso fue el A-4 podemos tomar un CBR de 53% a 26%. Decidimos trabajar con un **CBR del 5%** por que trabajar con un CBR tan alto es muy riesgoso, es preferible trabajar con el CBR de menor porcentaje

según este rango. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

7.4.2 Muestra # 2 Limite Liquido

- ❖ Peso de la muestra 100 gr
- ❖ peso de la tara 13 gr
- ❖ Peso de la tara más material **28.9 gr**

Cuadro 12. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 10 a 20.

Limite Liquido (10-20)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	13
Peso de tara	13,5 gr
Peso de la muestra + Tara	22,2 gr
Peso de la muestra	8,7 gr

Fuente Autores

Cuadro 13. Datos obtenidos durante el secado del material.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
9:02	9:32	21,8 gr	8,30 gr
9:32	10:02	21,2 gr	7,70 gr
10:02	10:32	19,8 gr	6,30 gr
10:32	11:32	19,8 gr	6,30 gr

Fuente Autores

Cuadro 14. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 20 a 30.

Limite Liquido (20-30)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	27
Peso de tara	12,5 gr
Peso de la muestra + Tara	27,5 gr
Peso de la muestra	15,00

Fuente Autores

Cuadro 15. Datos obtenidos durante el secado del material.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
9:30	10:00	26,8 gr	14,3 gr
10:00	10:30	26,2 gr	13,7 gr
10:30	11:00	25,8 gr	13,3 gr

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
11:00	11:30	25,8 gr	13,3 gr

Fuente Autores

Cuadro 16. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 30 a 40.

Limite Liquido (30-40)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	35
Peso de tara	12,0 gr
Peso de la muestra + Tara	26,5 gr
Peso de la muestra	14,5 gr

Fuente Autores

Cuadro 17. Datos obtenidos durante el secado del material.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
10:00	10:30	26,2 gr	14,2 gr
10:30	11:00	25,8 gr	13,8 gr
11:00	11:30	25,2 gr	13,2 gr
11:30	12:00	25,2 gr	13,2 gr

Fuente Autores

Para calcular el % de humedad del material utilizamos la siguiente formula:

$\frac{\text{peso de la muestra} - \text{el peso de la tara}}{\text{peso seco de la muestra} - \text{el peso de la tara}} * 100$ (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE

LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

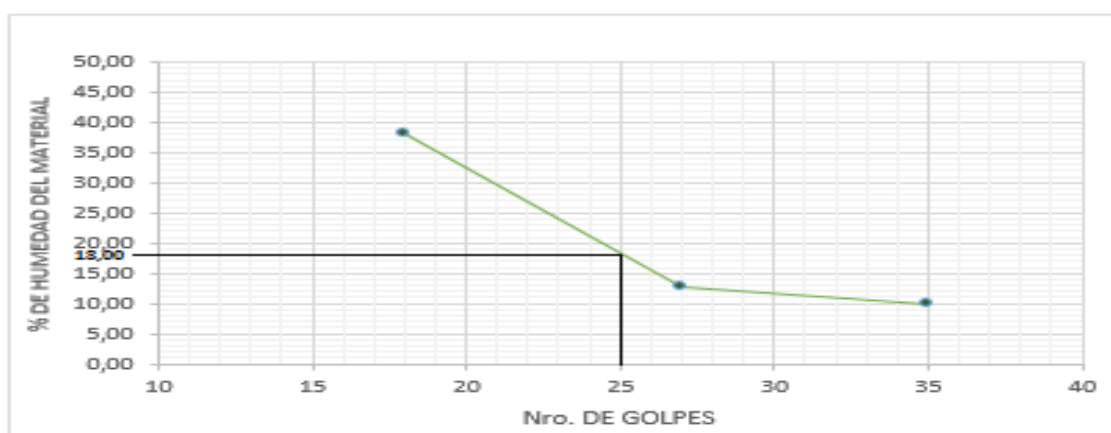
Cuadro 18. Porcentaje de humedad del material muestra # 2

Nº de Golpes	% De humedad del material
15	38,10 %
26	12,78 %
33	9,85 %

Fuente Autores

Ahora procederemos a graficar la curva de fluidez en donde se graficará el % de humedad de la muestra y los números de golpes para así poder hallar el límite líquido del material.

(INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)



Gráfica 3. Curva de fluidez Muestra 1.

Fuente Autores

Se tomará el contenido de húmeda correspondiente a la intersección presentada en la curva de flujo presentada en los 25 golpes como límite líquido del suelo. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

Según la intersección de presentada en los 25 golpes el limite liquido es de **18 %**.

7.4.2.1 Límite De Plasticidad Muestra #2

- ❖ Peso de la tara 12 gr
- ❖ Peso de la tara más material **27.8 gr**
- ❖ Peso de la muestra 15.8 gr

Cuadro 19. Limite plástico muestra #2. Datos obtenidos durante el secado.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
10:00	10:30	27,5 gr	15,5 gr
10:30	11:00	26,8 gr	14,80 gr
11:00	11:30	26,50 gr	14,50 gr
11:30	12:00	26,50 gr	14,50 gr

Fuente Autores

Ya obtenido el peso seco del material se procede a realizar la siguiente fórmula para calcular el límite de plasticidad del suelo.

$$\frac{PESO DE LA MUESTRA HUMEDO - PESO DE LA MUESTRA SECO}{PESO DE LA MUESTRA SECO} * 100$$

(INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

El límite plástico de la muestra #2 es de **8,97%**

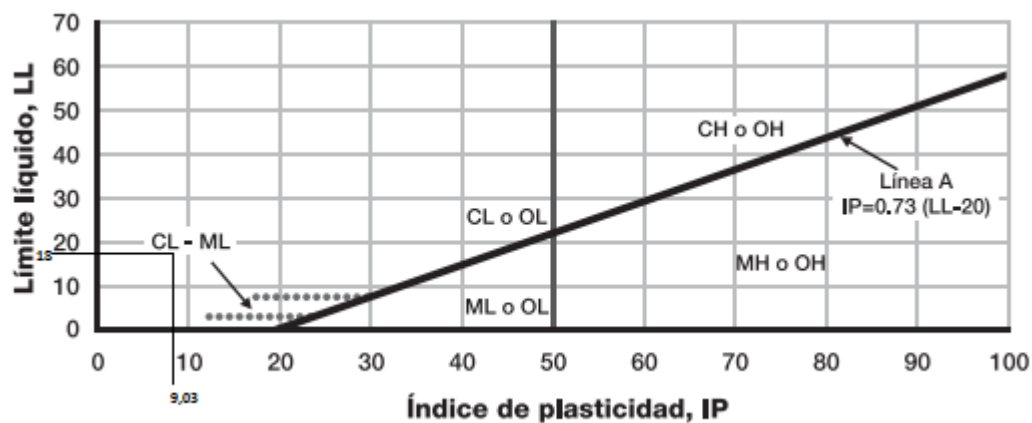
Índice de plasticidad. Teniendo nuestro límite líquido y nuestro límite plástico podemos calcular el índice de plasticidad del suelo con la siguiente fórmula:

$I_p = Ll - Lp$ (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

Cuadro 20. Índice de plasticidad.

LP%	LL%	IP%
8,97	18	9,03

Fuente. Autores.



Gráfica 4. Carta de plasticidad de casa grande.

Fuente INVIAS 2017.

Cuadro 21. Símbolos usados en el sistema unificado de clasificación de suelos.

Descripción	Símbolo
Gravas	G
Arenas	S
Limos	M
Arcillas	C
Limos y arcillas orgánicas	O
Turba y suelos orgánicos	Pt
Alta plasticidad o alta compresibilidad	H
Baja Plasticidad o baja compresibilidad	L
Bien gradado	W
Pobremente gradado	P

Fuente, invias.

Cuadro 22. Sistema de clasificación de suelos.

Clasificación General	Materiales limosos y arcillosos (Más del 35% del total de la muestra pasa el tamiz No 200)				
	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo de clasificación				A-7-5 ^a	A-7-5 ^b
Análisis de tamizado % que pasa					Si IP ≤ LL-30, entonces es A-7-5 ^a Si IP > LL-30, entonces es A-7-5 ^b
Tamiz No 10					
Tamiz No 40					
Tamiz No 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Para fracciones que pasan el tamiz No 40					
Límite Líquido (LL)	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Límite Plástico (LP)	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.
Tipo de material	suelos limosos		suelos arcillosos		
Clase de subrasante	de buena a pobre				

Fuente. AASHTO.

Teniendo en cuenta el límite líquido y el límite plástico de nuestra segunda muestra y gracias al sistema de clasificación de suelos según la AASHTO decimos que tenemos un suelo tipo A-4 limoso y según la gráfica de la carta de casa grande tenemos un suelo arcilloso de baja plasticidad lo cual concluiría con un suelo **arcillo limoso de baja plasticidad**. Ahora procederemos a definir el tipo de CBR según la Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K.

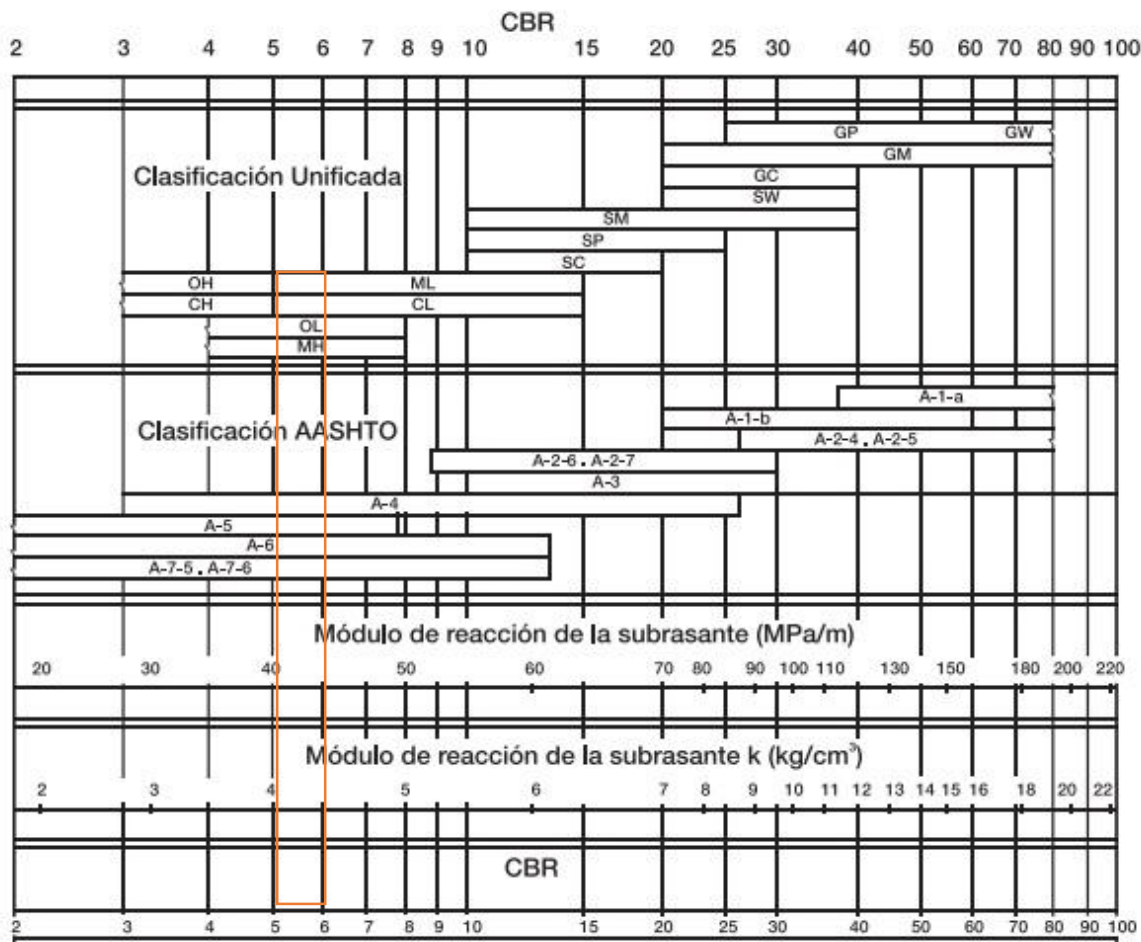


Figura 26. Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K INVIAS.

Fuente. Invias.

Gracias al grafico que nos facilita el INVIAS de la Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K, y según nuestro tipo de suelo que en nuestro caso fue el A-4 podemos tomar un CBR de 53% a 26%. Decidimos trabajar con un **CBR del 5%** por que trabajar con un CBR tan alto es muy riesgoso, es preferible trabajar con el CBR de menor porcentaje

según este rango. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

7.4.3 Muestra # 3 Limite Liquido.

- ❖ Peso de la muestra 100 gr
- ❖ peso de la tara 13.2 gr
- ❖ Peso de la tara más material 27 gr

Cuadro 23. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 10 a 20.

Limite Liquido (10-20)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	15
Peso de tara	12,8 gr
Peso de la muestra + Tara	28,6 gr
Peso de la muestra	15,8

Fuente Autores

Cuadro 24. Datos obtenidos durante el secado del material.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
9:02	9:32	27,6 gr	14,80 gr
9:32	10:02	26,5 gr	13,70 gr
10:02	10:32	25,2 gr	12,40 gr
10:32	11:32	25,2 gr	12,40 gr

Fuente Autores

Cuadro 25. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 20 a 30.

Limite Liquido (20-30)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	26
Peso de tara	12,0 gr
Peso de la muestra + Tara	27,2 gr
Peso de la muestra	15,20

Fuente Autores

Cuadro 26. Datos obtenidos durante el secado del material.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
9:30	10:00	26,6 gr	14,6 gr
10:00	10:30	26,0 gr	14,0 gr
10:30	11:00	25,6 gr	13,6 gr

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
11:00	11:30	25,6 gr	13,6 gr

Fuente Autores

Cuadro 27. Datos obtenidos en el laboratorio # de golpes de 30 a 40.

Limite Liquido (30-40)	
Peso de la muestra	100 gr
# de golpes	33
Peso de tara	12,8 gr
Peso de la muestra + Tara	26,0 gr
Peso de la muestra	13,2 gr

Fuente Autores

Cuadro 28. Datos obtenidos durante el secado del material.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
10:00	10:30	25,7 gr	12,9 gr
10:30	11:00	25,2 gr	12,4 gr
11:00	11:30	24,8 gr	12,0 gr
11:30	12:00	24,8 gr	12,0 gr

Fuente Autores

Para calcular el % de humedad del material utilizamos la siguiente formula:

$\frac{\text{peso de la muestra} - \text{el peso de la tara}}{\text{peso seco de la muestra} - \text{el peso de la tara}} * 100$ (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE

LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

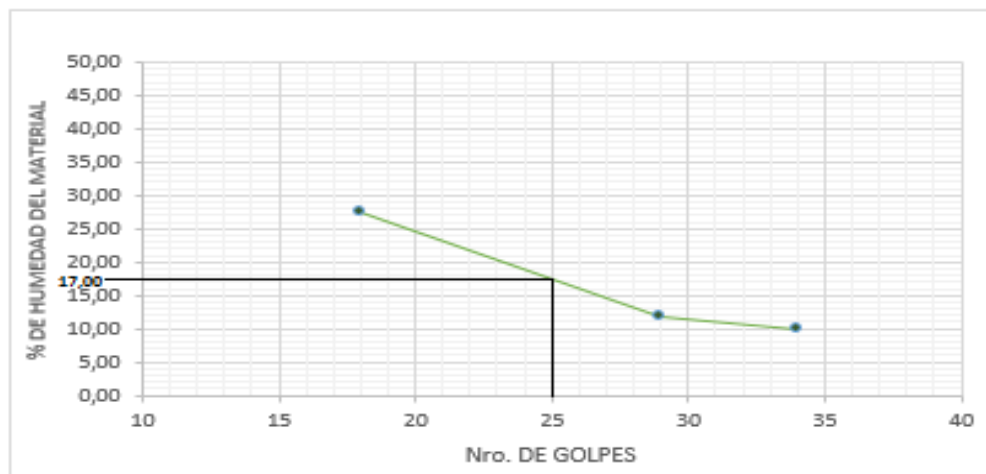
Cuadro 29. Porcentaje de humedad del material muestra # 3

Nº de Golpes	% De humedad del material
15	27,42 %
26	11,76 %
33	10,00 %

Fuente Autores

Ahora procederemos a graficar la curva de fluidez en donde se graficará el % de humedad de la muestra y los números de golpes para así poder hallar el límite líquido del material.

(INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)



Gráfica 5. Curva de fluidez Muestra 1.

Fuente Autores

Se tomará el contenido de húmeda correspondiente a la intersección presentada en la curva de flujo presentada en los 25 golpes como límite líquido del suelo. (INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

Según la intersección de presentada en los 25 golpes el limite liquido es de **17 %**.

7.4.3.1 Límite De Plasticidad Muestra #3.

- ❖ Peso de la tara 12 gr
- ❖ Peso de la tara más material 27.8 gr
- ❖ Peso de la muestra 15.8 gr

Cuadro 30. Limite plástico muestra #1. Datos obtenidos durante el secado.

Hora de Inicio	Hora final	Peso seco + Tara	Peso seco
10:00	10:30	26,8 gr	14,8 gr
10:30	11:00	26,5 gr	14,50 gr
11:00	11:30	26,20 gr	14,20 gr
11:30	12:00	26,20 gr	14,20 gr

Fuente Autores.

Ya obtenido el peso seco del material se procede a realizar la siguiente fórmula para calcular el límite de plasticidad del suelo.

$$\frac{PESO DE LA MUESTRA HUMEDO - PESO DE LA MUESTRA SECO}{PESO DE LA MUESTRA SECO} * 100$$

(INVIAS, INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA)

El limite plástico de la muestra #2 es de **5,63%**

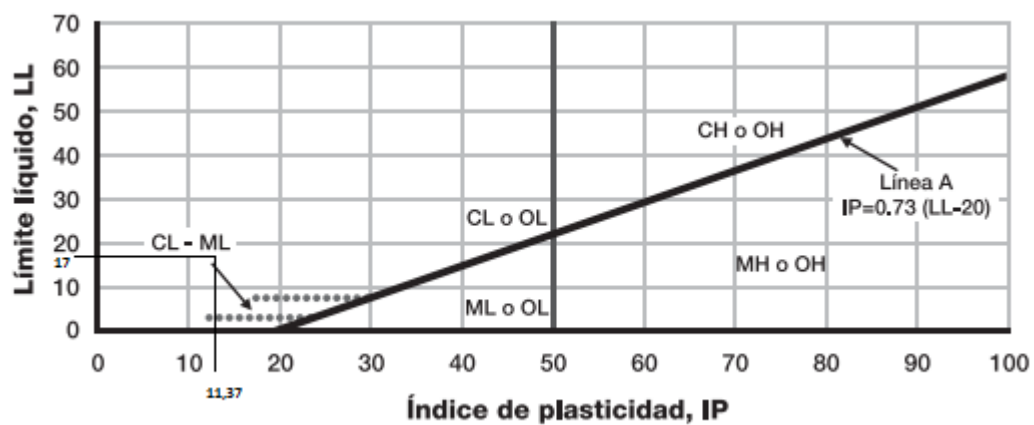
Índice de plasticidad. Teniendo nuestro limite líquido y nuestro limite plástico podemos calcular el índice de plasticidad del suelo con la siguiente formula:

$I_p = Ll - Lp$ (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

Cuadro 31. Índice de plasticidad.

LP%	LL%	IP%
5,63	17	11,37

Fuente Autores

*Gráfica 6. Carta de plasticidad de casa grande.*

Fuente INVIAS 2017.

Cuadro 32. Símbolos usados en el sistema unificado de clasificación de suelos.

Descripción	Símbolo
Gravas	G
Arenas	S
Limos	M
Arcillas	C
Limos y arcillas orgánicas	O
Turba y suelos orgánicos	Pt
Alta plasticidad o alta compresibilidad	H
Baja Plasticidad o baja compresibilidad	L
Bien gradado	W
Pobremente gradado	P

Fuente, Invias.

Cuadro 33. Sistema de clasificación de suelos.

Clasificación General	Materiales limosos y arcillosos (Más del 35% del total de la muestra pasa el tamiz No 200)				
	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo de clasificación				A-7-5 ¹	A-7-5 ²
Análisis de tamizado % que pasa					
Tamiz No 10					
Tamiz No 40					
Tamiz No 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Para fracciones que pasan el tamiz No 40					
Límite Líquido (LL)	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Límite Plástico (LP)	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.
Tipo de material	suelos limosos		suelos arcillosos		
Clase de subrasante	de buena a pobre				

Fuente. AASHTO.

Teniendo en cuenta el límite líquido y el límite plástico de nuestra tercera muestra y gracias al sistema de clasificación de suelos según la AASHTO decimos que tenemos un suelo tipo A-4 limoso y según la gráfica de la carta de casa grande tenemos un suelo arcilloso de baja plasticidad lo cual concluiría con un suelo **arcillo limoso de baja plasticidad**. Ahora procederemos a definir el tipo de CBR según la Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K.

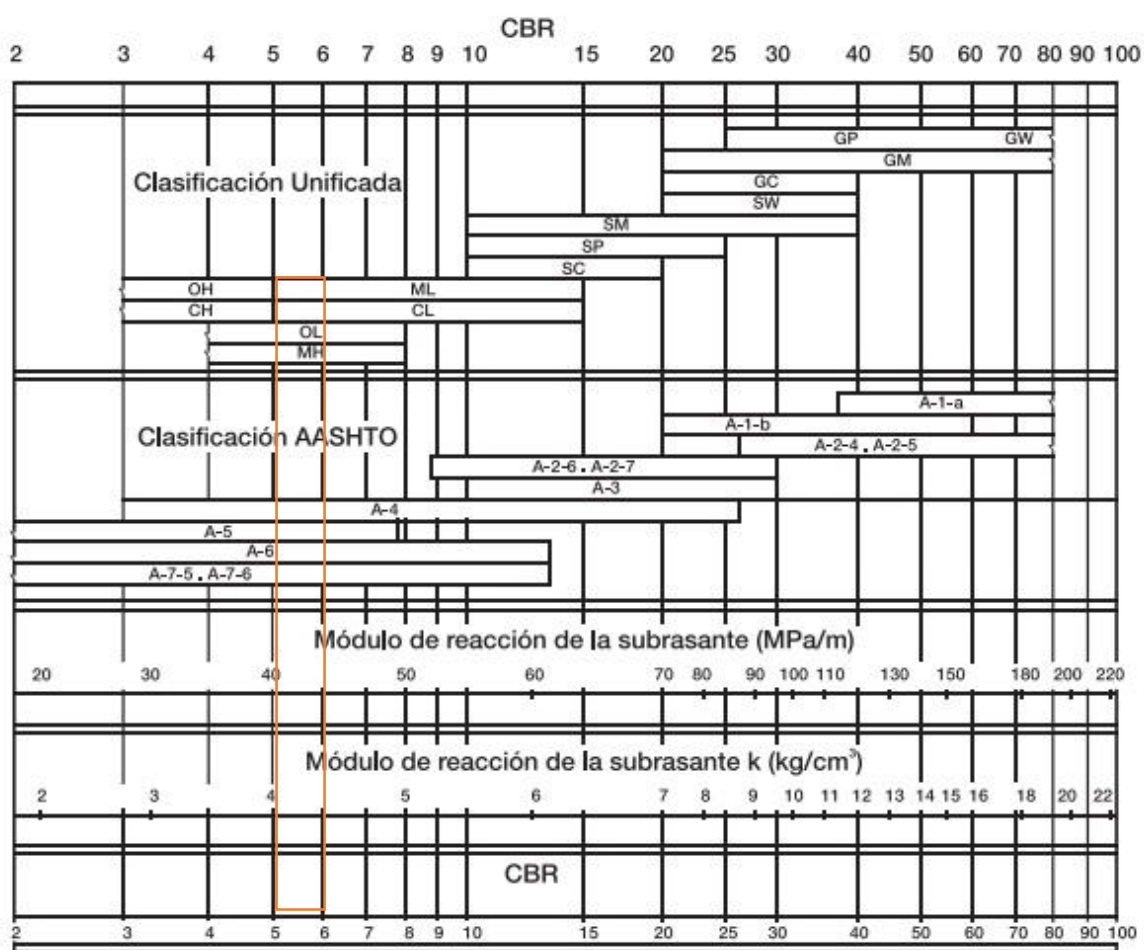


Figura 27. Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K INIVAS.

Fuente. Invias.

Gracias al grafico que nos facilita el INVIAS de la Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K, y según nuestro tipo de suelo que en nuestro caso fue el A-4 podemos tomar un CBR de 53% a 26%. Decidimos trabajar con un **CBR del 5%** por que trabajar con un CBR tan alto es muy riesgoso, es preferible trabajar con el CBR de menor porcentaje según este rango. (INVIAS, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, 2017)

Teniendo en cuenta el limite líquido y el limite plástico de todas muestras y según al sistema de clasificación de suelos de la AASHTO tenemos un suelo tipo A-4 limoso y según la gráfica de la carta de casa grande tenemos un suelo arcilloso de baja plasticidad lo cual concluiría con un suelo **arcillo limoso de baja plasticidad**.

En el grafico según el Instituto Nacional De Vías (INVIAS) la Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K, y según el tipo de suelo que en nuestro caso fue el A-4 podemos tomar un CBR entre 3% a 26%.

Decidimos trabajar con un **CBR del 5%** porque nuestro suelo es arcillo limoso de baja plasticidad (CML) y según la **Figura 33** (Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR). El CBR de este tipo de suelo está en un rango de 5% a 15%

Decidimos trabajar con un **CBR del 5%** por que trabajar con un CBR del 15% es muy riesgoso, es preferible trabajar con el CBR de menor porcentaje según este rango.

Según la Guía de diseño de pavimentos con pavimentos tipo placa huella INVIAS, una subrasante con CBR menor a 3% son suelos de comportamiento complejo que requieren del concurso de un especialista para establecer los procedimientos de mejoramiento.

Este suelo no tiene procedimientos de mejoramiento porque se determinó mediante análisis de laboratorios y el Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO que tiene un CBR del **5%**.

8. DISEÑO GEOMÉTRICO

8.1 Conceptos del diseño geométrico

El diseño geométrico es una de las partes más importantes de un proyecto de carreteras y a partir de diferentes elementos y factores, internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la seguridad, la comodidad, la funcionalidad, el entorno, la economía, la estética y la elasticidad. (Agudelo Ospina, 2002)

Seguridad: La seguridad de una carretera debe ser la premisa más importante en el diseño geométrico. Se debe obtener un diseño simple y uniforme, exento de sorpresas, fácil de entender para el usuario y que no genere dudas en este. Cuanto más uniforme sea la curvatura de una vía será mucho más segura. Se debe dotar a la vía de la suficiente visibilidad, principalmente la de parada y de una buena y apropiada señalización, la cual debe ser ubicada antes de darse al servicio la vía. (Agudelo Ospina, 2002)

Comodidad. De igual manera que la seguridad, la comodidad se incrementa al obtener diseños simples y uniformes ya que esto disminuye los cambios de velocidad, aceleraciones y desaceleraciones. Cuando no se pueda lograr una buena uniformidad, se debe dotar la vía de una curvatura con transiciones adecuadas de modo que permita a los conductores adaptarse de la mejor manera a las velocidades de operación que esta brinda a lo largo de su recorrido. (Agudelo Ospina, 2002).

Funcionalidad. Se debe garantizar que los vehículos que transitan una vía circulen a velocidades adecuadas permitiendo una buena movilidad. La funcionalidad la determina el tipo de vía, sus características físicas, como la capacidad, y las propiedades del tránsito como son el volumen y su composición vehicular. (Agudelo Ospina, 2002)

Entorno. Se debe procurar minimizar al máximo el impacto ambiental que genera la construcción de una carretera, teniendo en cuenta el uso y valores de la tierra en la zona de influencia y buscando la mayor adaptación física posible de esta al entorno o topografía existente. (Agudelo Ospina, 2002)

Economía. Hay que tener en cuenta tanto el costo de construcción como el costo del mantenimiento. Se debe buscar el menor costo posible, pero sin entrar en detrimento de los demás objetivos o criterios, es decir buscar un equilibrio entre los aspectos económicos, técnicos y ambientales del proyecto. (Agudelo Ospina, 2002)

Estética. Se debe buscar una armonía de la obra con respecto a dos puntos de vista, el exterior o estático y el interior o dinámico. El estático se refiere a la adaptación de la obra con el paisaje, mientras que el dinámico se refiere a lo agradable que sea la vía para el conductor. El diseño debe de ser de tal forma que no produzca fatiga o distracción al conductor con el fin de evitar posibles accidentes.

Elasticidad. Procurar la elasticidad suficiente de la solución definitiva para prever posibles ampliaciones en el futuro y facilitar la comunicación e integración con otras vías. Además, se debe pensar en la posibilidad de interactuar con otros medios de transporte (fluvial, aéreo, férreo) de modo que haya una transferencia, tanto de carga como de pasajeros, de una forma rápida, segura y económica.

8.2 Estado actual de la vía

Está constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable. La recomendación general es NO DESESTABILIZAR la superficie existente efectuando cajeros o excavaciones.

El paso a seguir es extender y compactar la capa de subbase con un espesor de 0.15m en todo el ancho de vía y en todo el largo de la vía.



Figura 28. Vía existente con un afirmado de espesor variable.

Fuente Autores

8.3 Verificación del ancho de la vía en toda su longitud

La vía cuenta con un ancho promedio de 6m, en algunos tramos la vía tiene más de 6m, es por esto que no tenemos que ampliar la vía existente ya que nuestro ancho máximo en algunos tramos o curvas es de es de 5.45m.



Figura 29. Verificación del ancho de vía.

Fuente. Autores.



Figura 30. Vía existente con un ancho de vía de 6m.

Fuente Autores

8.4 Cunetas existentes

La vía cuenta en algunos tramos con cunetas que recogen toda el agua lluvia que se genera en las épocas de invierno, las cuales no son óptimas en su funcionamiento, porque cuando llueve en grandes cantidades o por periodos largos de tiempo las cunetas existentes rebosan el agua de esorrentía hacia la vía.



Figura 31. Cunetas existentes en la vía.

Fuente Autores

8.5 Inicio y final de la vía

El diseño de la vía empieza desde la abscisa K2+150 en donde existe un afluente o cuerpo de agua el cual durante la gran mayoría de tiempo del año está seco puesto que en esta zona geográfica hay muy pocas temporadas de lluvia.



Figura 32. Inicio de vía,

Fuente Autores

Por otro lado, al finalizar nuestro kilómetro en la abscisa K3+150 nos encontramos con una placa huella existente de 50 m de longitud, por lo anterior decidimos unir las dos placas huellas la existente con la que vamos a diseñar.



Figura 33. Final de vía,

Fuente Autores

8.6 Cálculo de elementos geométricos de las curvas de la vía

8.6.1 Curva N° 1.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa $k2+475.63$ hasta la $k2+479.02$. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 34. Elementos geométricos de la curva N° 1.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	19.67 m

Angulo de Deflexion (Δ)	61 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	1.06465
Radio (R)	33.39 m
Cuerda larga (cL)	33.90 m
Externa (E)	5.36 m
Longitud de curvatura (Lc)	35.88 m
Grado de curvatura (Gc)	17 °
Ordenada media (M)	4.62 m

Fuente Autores

En el cuadro anterior, se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 1 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAAS.

A continuación, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 1.

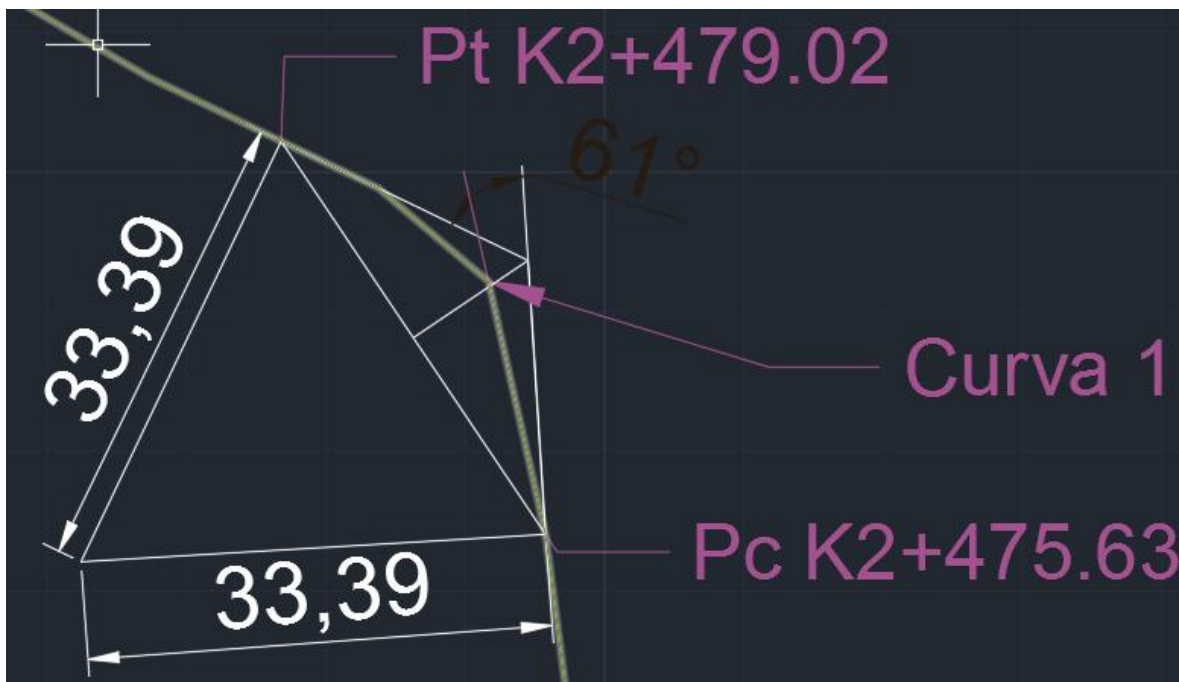


Figura 34. Curva N° 1 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.2 Curva N° 2.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa k2+546.95 hasta la k2+603. 30. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 35. Elementos geométricos de la curva N° 2.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	30.40 m
Angulo de Deflexion (Δ)	52 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	0.908
Radio (R)	62.33 m
Cuerda larga (cL)	54.65 m
Externa (E)	7.02 m
Longitud de curvatura (Lc)	56.52 m
Grado de curvatura (Gc)	9 °
Ordenada media (M)	6.31 m

Fuente Autores

En el cuadro anterior, se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 2 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIA.

A continuación, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 2.

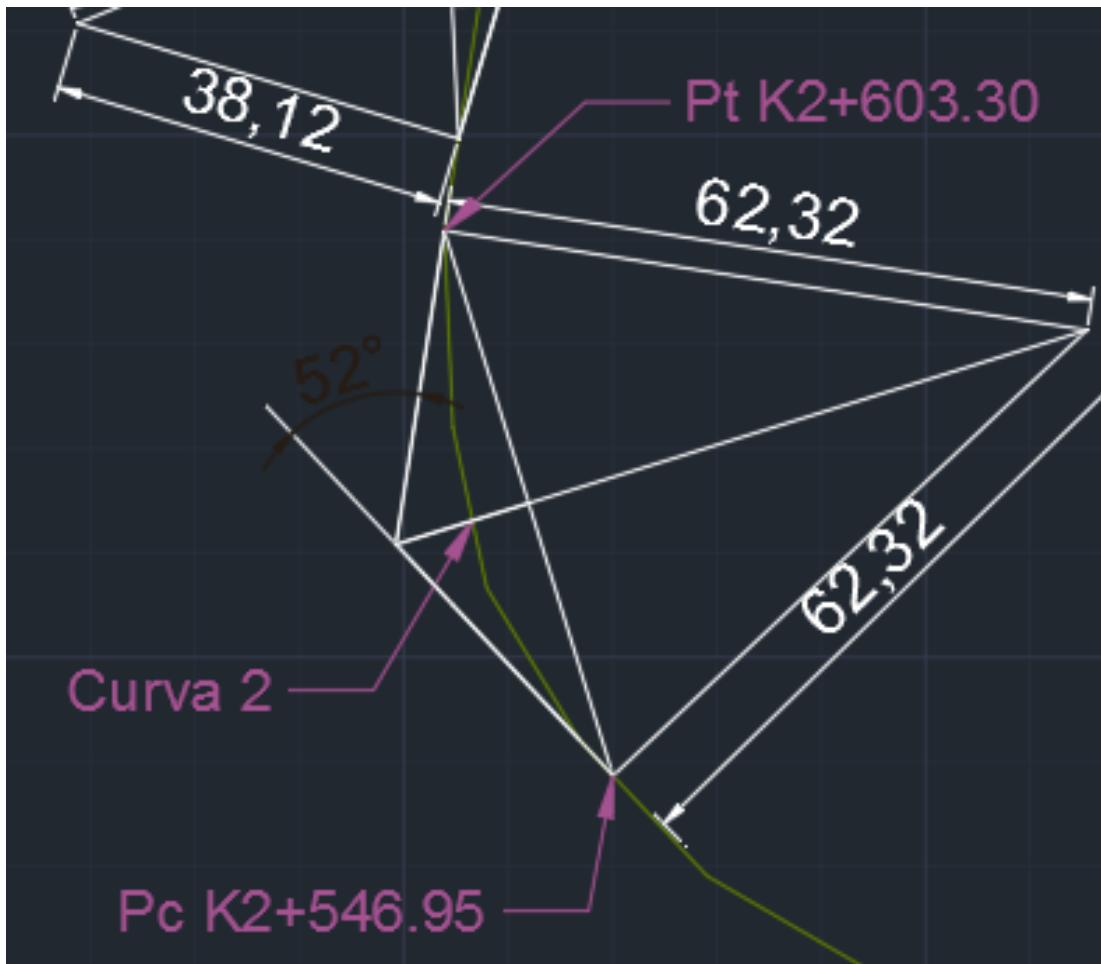


Figura 35. Curva N° 2 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.3 Curva N° 3.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa k2+612.22. hasta la k2+638.23. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 36. Elementos geométricos de la curva N° 3.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	13.50 m
Angulo de Deflexion (Δ)	39 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	0.68068
Radio (R)	38.12 m
Cuerda larga (cL)	25.45 m
Externa (E)	2.32 m
Longitud de curvatura (Lc)	25.83 m
Grado de curvatura (Gc)	15 °
Ordenada media (M)	2.19 m

Fuente Autores

En la Tabla 30, se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 3 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS.

A continuación, en la Figura 42, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 3.

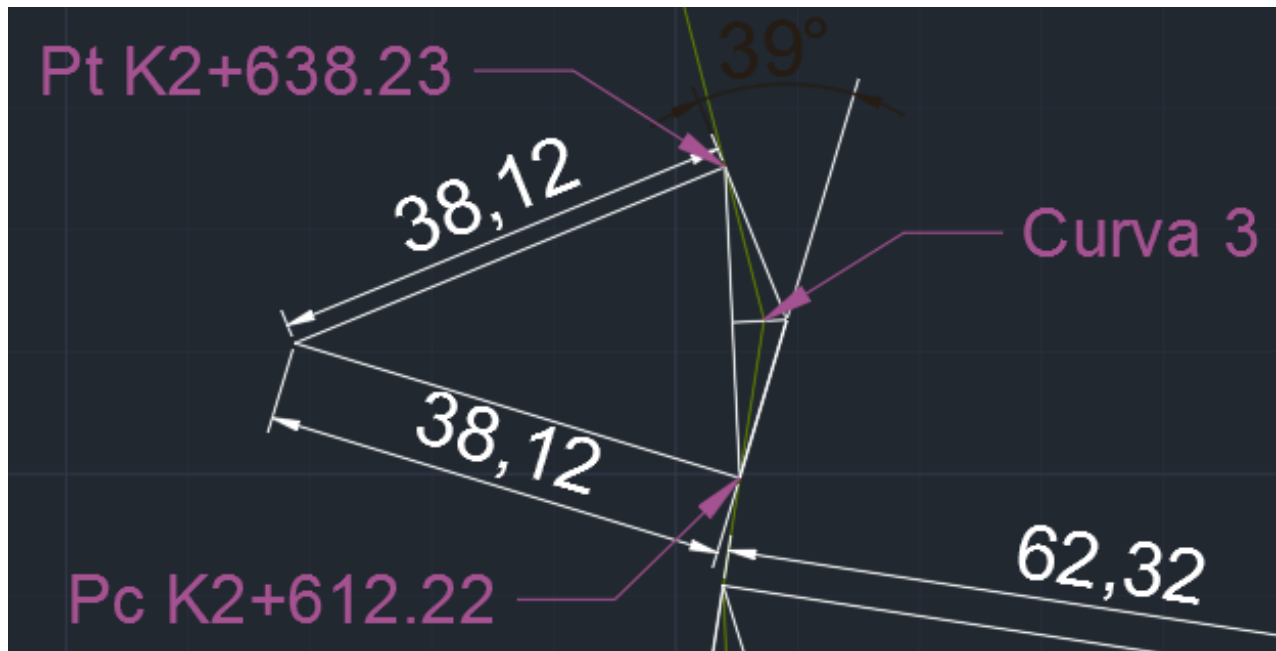


Figura 36. Curva N° 3 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.4 Curva N° 4.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa del $k2+666.99$. hasta la $k2+766.78$. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 37. Elementos geométricos de la curva N° 4.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	50.73 m
Angulo de Deflexion (Δ)	35 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	0.61087
Radio (R)	160.90 m
Cuerda larga (cL)	96.76 m
Externa (E)	7.81 m
Longitud de curvatura (Lc)	98.31 m
Grado de curvatura (Gc)	4 °
Ordenada media (M)	7.45 m

Fuente. Autores

En la Tabla 31 se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 4 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS.

A continuación, en La Figura 43, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 4.

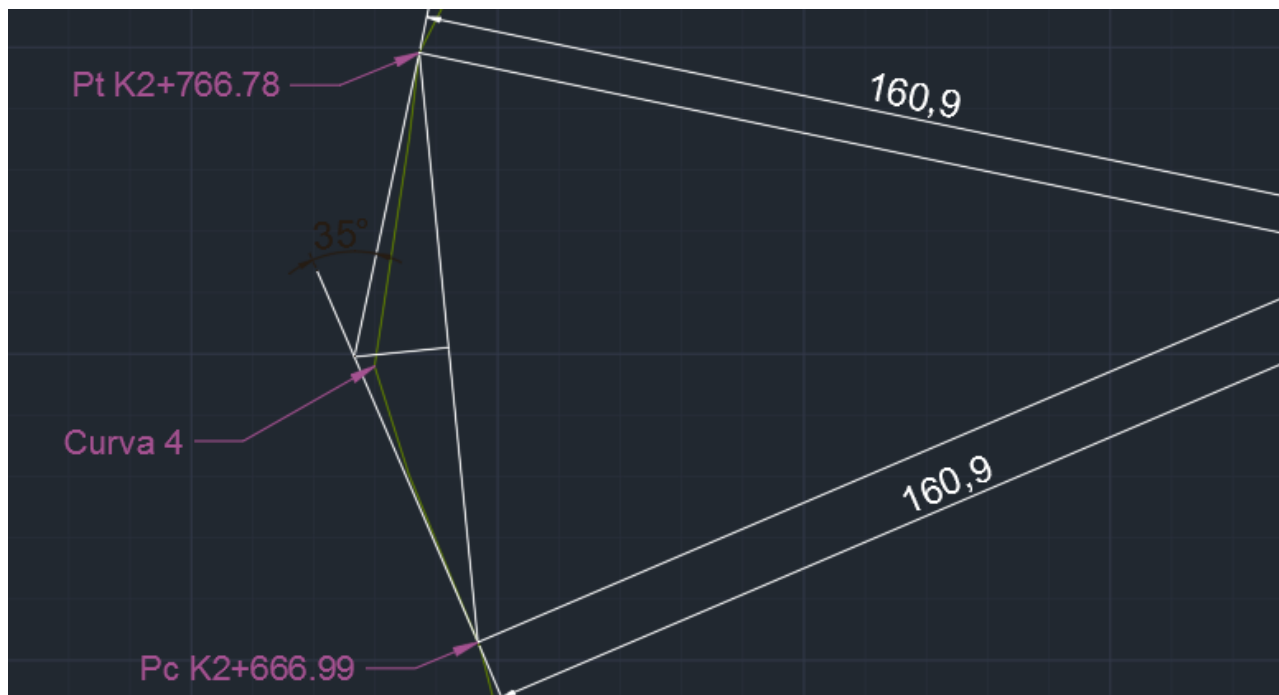


Figura 37. Curva N°4 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.5 Curva N° 5.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa del k2+791.75 hasta la k2+857.60. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 38. Elementos geométricos de la curva N° 5.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	35.36 m
Angulo de Deflexion (Δ)	68 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	1.18682
Radio (R)	52.42 m
Cuerda larga (cL)	58.63 m
Externa (E)	10.81 m
Longitud de curvatura (Lc)	61.82 m
Grado de curvatura (Gc)	11 °
Ordenada media (M)	8.96 m

Fuente Autores

En la TABLA 32 se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 5 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS.

A continuación, en la Figura 44, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 5.

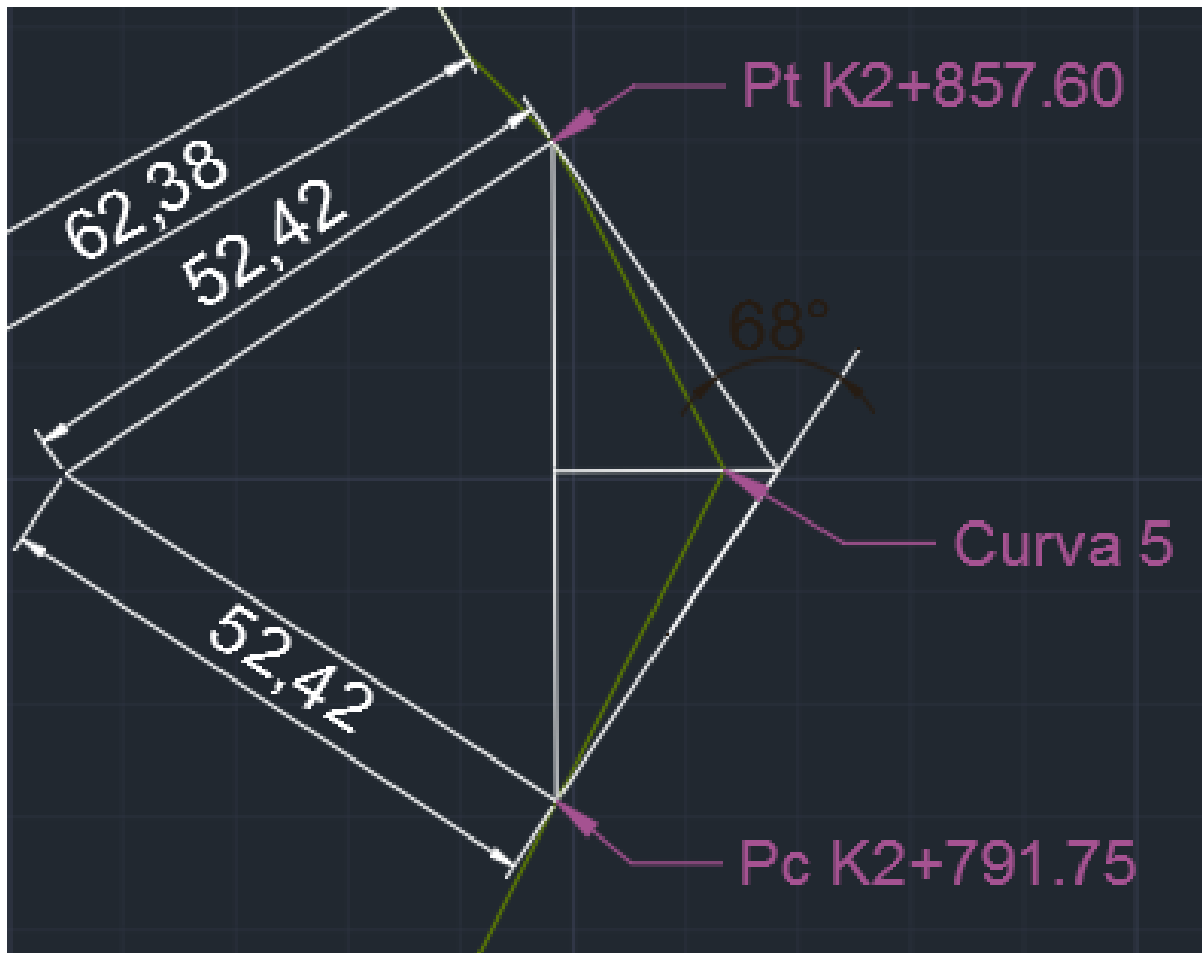


Figura 38. Curva N°5 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.6 Curva N° 6.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa del k2+872.32. hasta la k2+943.11. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 39. Elementos geométricos de la curva N° 6.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	36.02 m
Angulo de Deflexion (Δ)	60 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	1.04720
Radio (R)	62.39 m
Cuerda larga (cL)	62.39 m
Externa (E)	9.65 m
Longitud de curvatura (Lc)	65.22 m
Grado de curvatura (Gc)	9 °
Ordenada media (M)	8.36 m

Fuente Autores

En la Tabla 33 se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 6 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS.

A continuación, en la Figura 45, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 6.

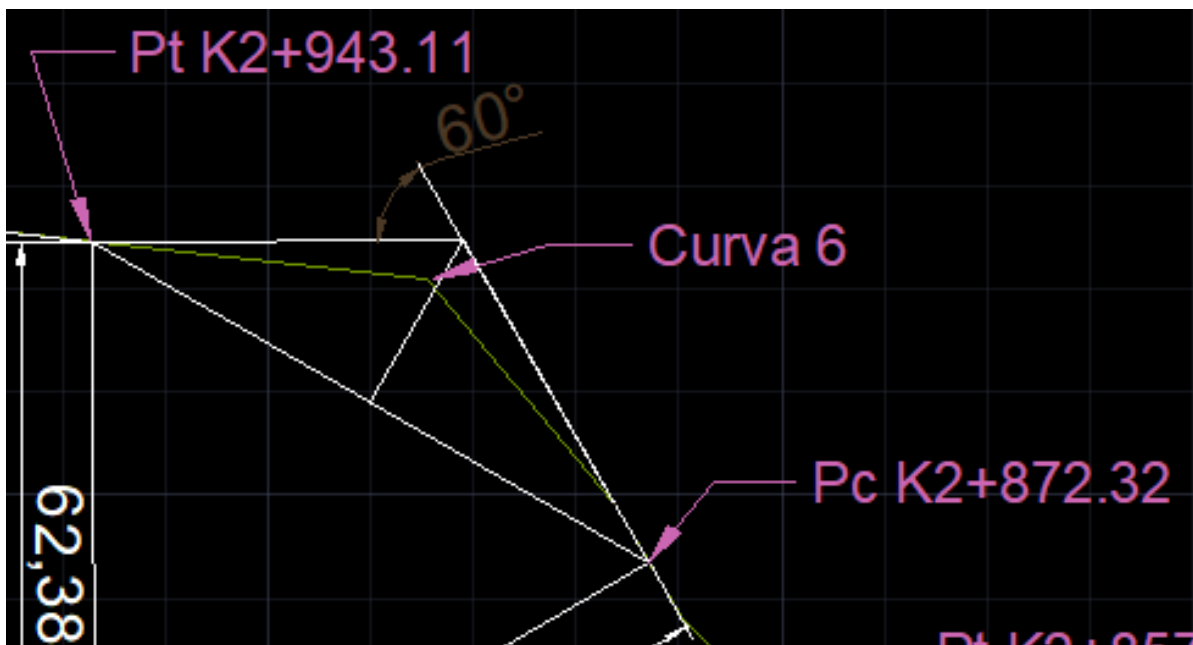


Figura 39. Curva N° 6 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.7 Curva N° 7.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa del k2+959.74. hasta la k2+993.74. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 40. Elementos geométricos de la curva N° 7.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	17.46 m

Angulo de Deflexion (Δ)	40 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	0.69813
Radio (R)	47.97 m
Cuerda larga (cL)	32.81 m
Externa (E)	3.08 m
Longitud de curvatura (Lc)	33.33 m
Grado de curvatura (Gc)	12 °
Ordenada media (M)	2.89 m

Fuente Autores

En la Tabla 34 se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 7 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS.

A continuación, en la Figura 46, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 7.

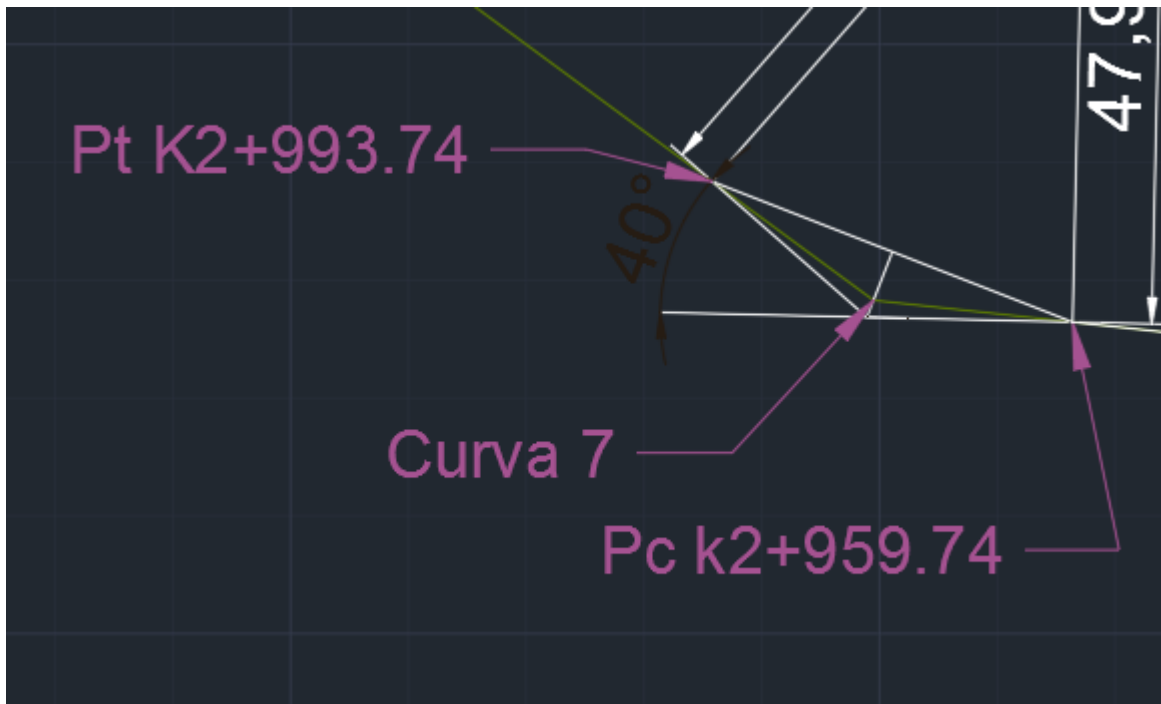


Figura 40. Curva N° 7 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.8 Curva N° 8.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa del k3+042.93. hasta la k3+102.59. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 41. Elementos geométricos de la curva N° 8.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	34.68 m
Angulo de Deflexion (Δ)	88 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	1.53589
Radio (R)	35.91 m
Cuerda larga (cL)	49.89 m
Externa (E)	14.01 m
Longitud de curvatura (Lc)	55.00 m
Grado de curvatura (Gc)	16 °
Ordenada media (M)	10.08 m

Fuente Autores

En la Tabla 35 se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 8 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS.

A continuación, en la Figura 47, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 8.

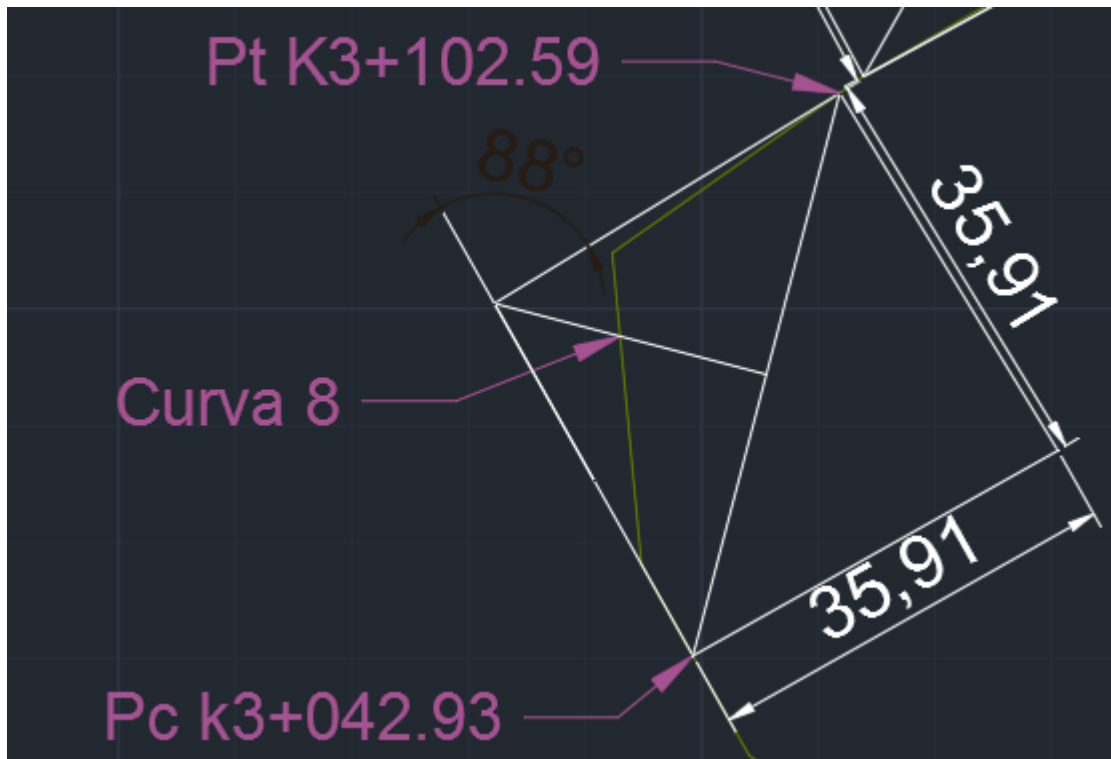


Figura 41. Curva N° 8 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.9 Curva N° 9.

Esta curva se encuentra en desde la abscisa del k3+105.08. hasta la k3+139.39. Sus elementos geométricos son:

Cuadro 42. Elementos geométricos de la curva N° 9.

Cuerda Unitaria (C)	10 m
Tangente (T)	23.88 m
Angulo de Deflexion (Δ)	64 °
Angulo de Deflexion (Δ) En Radianes	1.11701
Radio (R)	38.22 m
Cuerda larga (cL)	40.50 m
Externa (E)	6.85 m
Longitud de curvatura (Lc)	42.67 m
Grado de curvatura (Gc)	15 °
Ordenada media (M)	5.81 m

Fuente Autores

En la Tabla 36 se puede apreciar todos los elementos geométricos de la curva N° 9 los cuales fueron calculados según el manual de diseño geométrico de carreteras de INVIAS.

A continuación, en la Figura 48, se puede apreciar cómo queda dibujada y diseñada la curva N° 9.

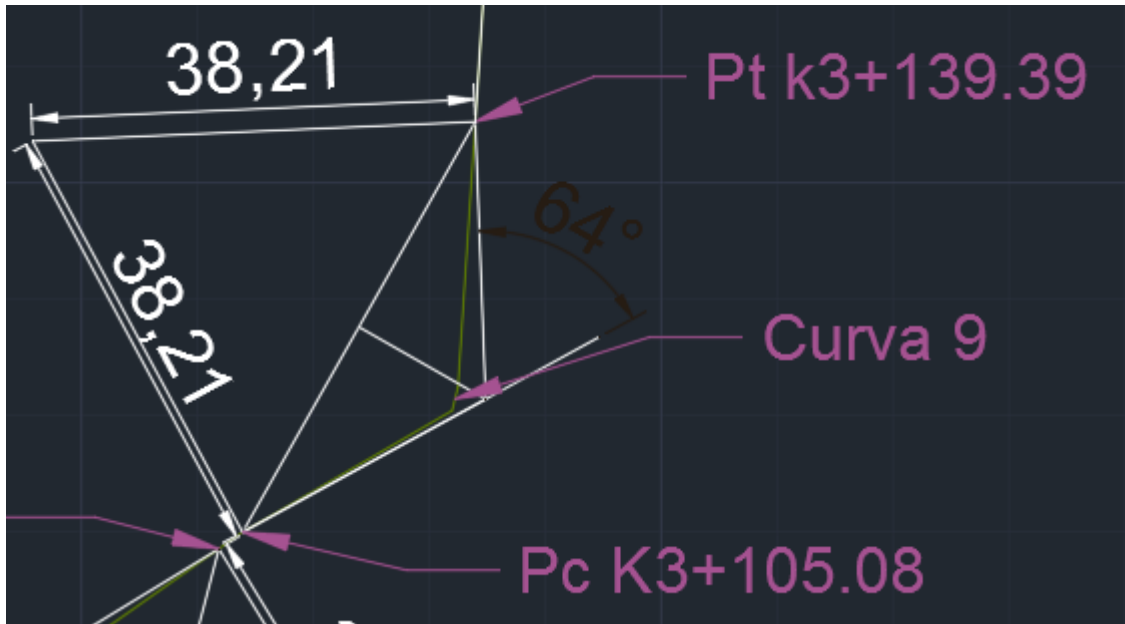


Figura 42. Curva N° 9 diseño geométrico.

Fuente Autores

8.6.10 Perfil de la vía.

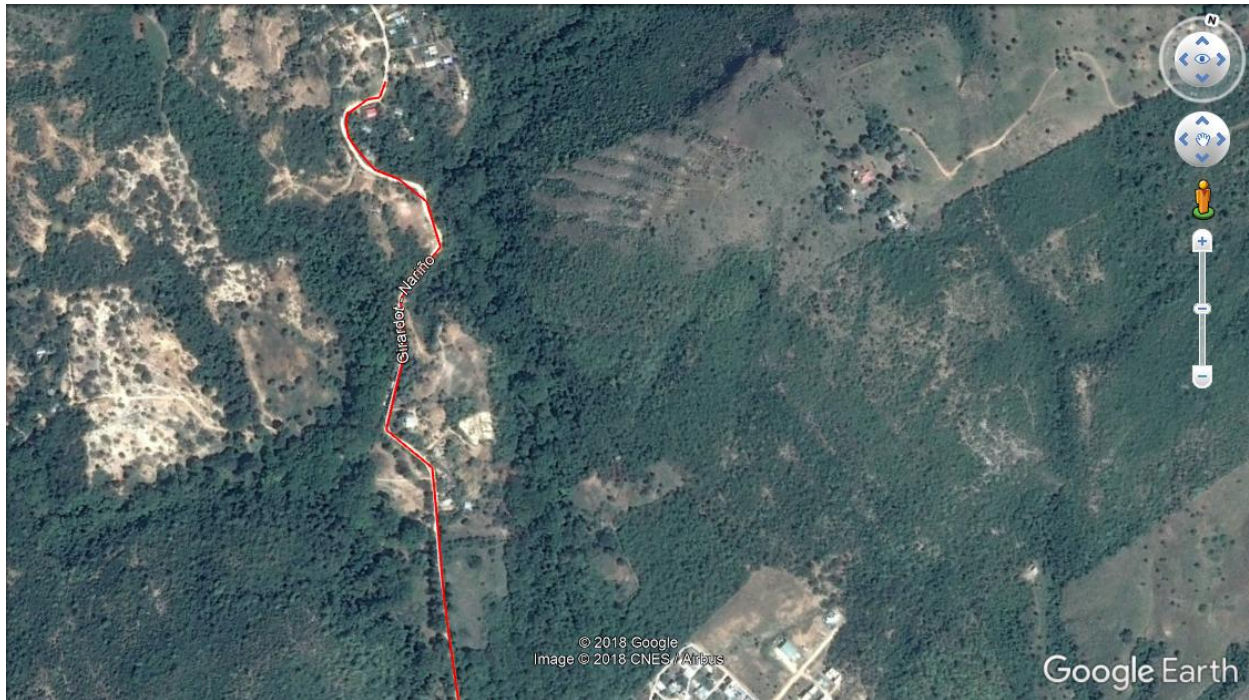


Figura 43. Planta.

Fuente Google Earth.



Figura 44. Perfil de la vía.

Fuente Google Earth.

Cuadro 43. Clases de pendientes y sus características. *Clasificación de pendientes.*

Clases de pendientes (van Zuidam, 1986) y valoración del parámetro de la pendiente (S_p) (Mora et al., 2002)		
Clase	Características	Valor de S_p
Pendiente baja	Pendiente menor a 8°	1
Pendiente moderada	Pendiente entre 8° y 16°	2
Pendiente fuerte	Pendiente entre 16° y 35°	3
Pendiente muy fuerte	Pendiente mayor a 35°	4

Fuente, (Segura , 2011)

En la Figura 43 se puede observar que la pendiente máxima en todo el perfil de la vía es de 11% esto quiere decir que al mirar en la figura 50 la clasificación de la pendiente, es Baja, también podemos observar que la pendiente promedio es del 4%.

Por otro lado, se decide no realizar ningún tipo de corte ni de relleno en la vía ya que por el estado que se encuentra el cual es óptimo, ya que no tiene pendientes fuertes y se puede empezar a trabajar sobre esa capa de afirmado como se muestra en las Figuras 51.



Figura 43. Vía con afirmado.

Fuente Autores

8.7 ++ Diseño geométrico vertical de la vía.

Este diseño tiene en cuenta la velocidad de diseño como se hace referencia en el cuadro 44 con el fin de realizar los respectivos cálculos y generar las curvas verticales de la vía.

8.7.1 Velocidad de diseño

Cuadro 44. Velocidad de diseño.

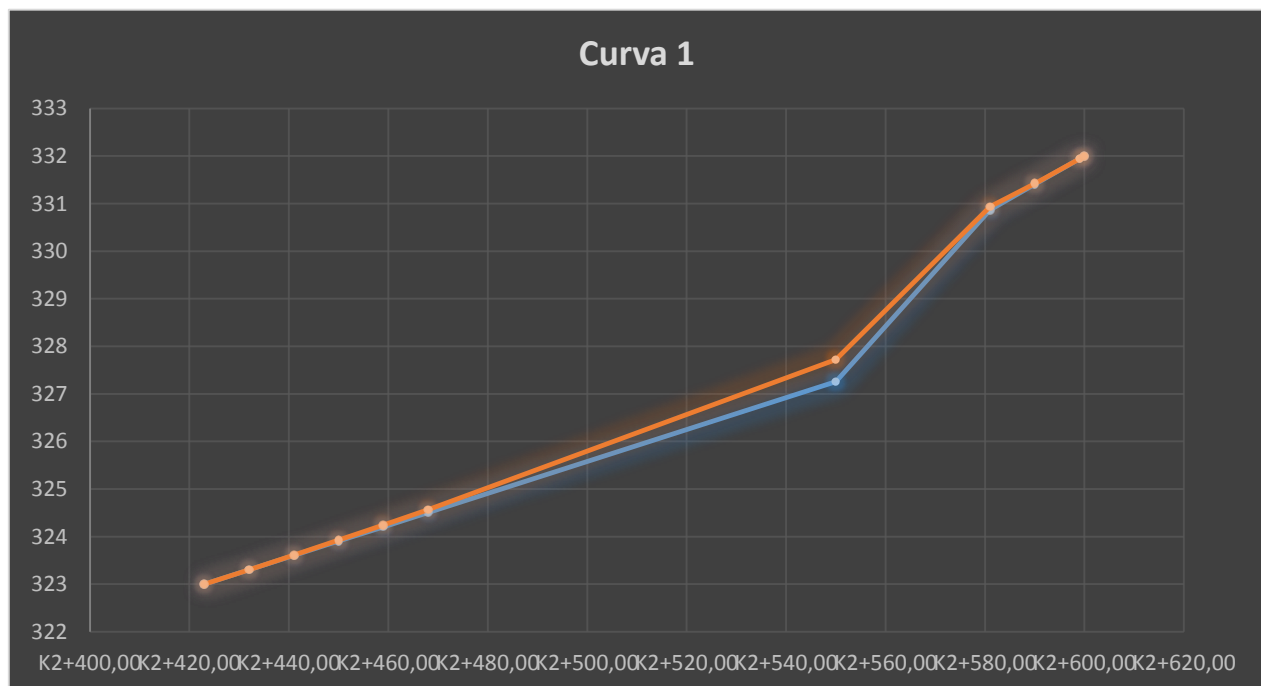
CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano							///	///	///	///	///
	Ondulado							///	///	///	///	///
	Montañoso						///	///	///	///	///	///
	Escarpado						///	///	///	///	///	///
Primaria de una calzada	Plano							///	///	///	///	///
	Ondulado							///	///	///	///	///
	Montañoso						///	///	///	///	///	///
	Escarpado						///	///	///	///	///	///
Secundaria	Plano							///	///	///	///	///
	Ondulado							///	///	///	///	///
	Montañoso						///	///	///	///	///	///
	Escarpado						///	///	///	///	///	///
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso	///	///	///								
	Escarpado	///	///	///								

Fuente Instituto Nacional de Vías INVIAS.

Según el Instituto Nacional De Vías y el manual de diseño geométrico de carreteras la a velocidad de nuestra vía está entre 20 y 30 Km/h.

CARTERA

Puntos	Abscisa	Pendiente	Cota Tangente	Corrección Altura	Cota Roja
PCV	K2+423.00	3.35%	323	0	323
1	K2+432.00		323.3015	0.002342186	323.3038422
2	K2+441.00		323.603	0.009368744	323.6123687
3	K2+450.00		323.9045	0.021079674	323.9255797
4	K2+459.00		324.206	0.037474977	324.243475
5	K2+468.00		324.5075	0.058554651	324.5660547
PIV	K2+550.00	5.95%	327.2545	0.466384181	327.7208842
6	K2+581.00		330.86950	0.067345876	330.9368459
7	K2+590.00		331.40500	0.018655367	331.4236554
8	K2+599.00		331.94050	0.000186554	331.9406866
PTV	K2+600.00		332.00000	0	332.0000000



En la gráfica XX se muestra la modificación que de efectuar en la subrasante donde la línea de color azul es la subrasante y la línea de color naranja es la modificación que se debe realizar. En este caso se debe realizar un relleno en el terreno puesto que la curva es cóncava.

8.7.2.2 Segunda Curva.

Datos de entrada

Cotas	
PCV	336
PIV	338
PTV	345

Abscisas	
PCV	K2+650.00
PIV	K2+720.00
PTV	K2+790.00

Pendientes	
Pend. Entrada "S1"	3.25%
Pend. Salida "S2"	6.52%

Velocidad		
Ve	30	km/h

Datos de Salida

L	
L1	70.00
L2	70.00
L _{total}	140.00

Pendientes Calculadas "Cts/Abs"		A
Pend. Entrada "S1"	2.86%	-
Pend. Salida "S2"	10.00%	7.14%

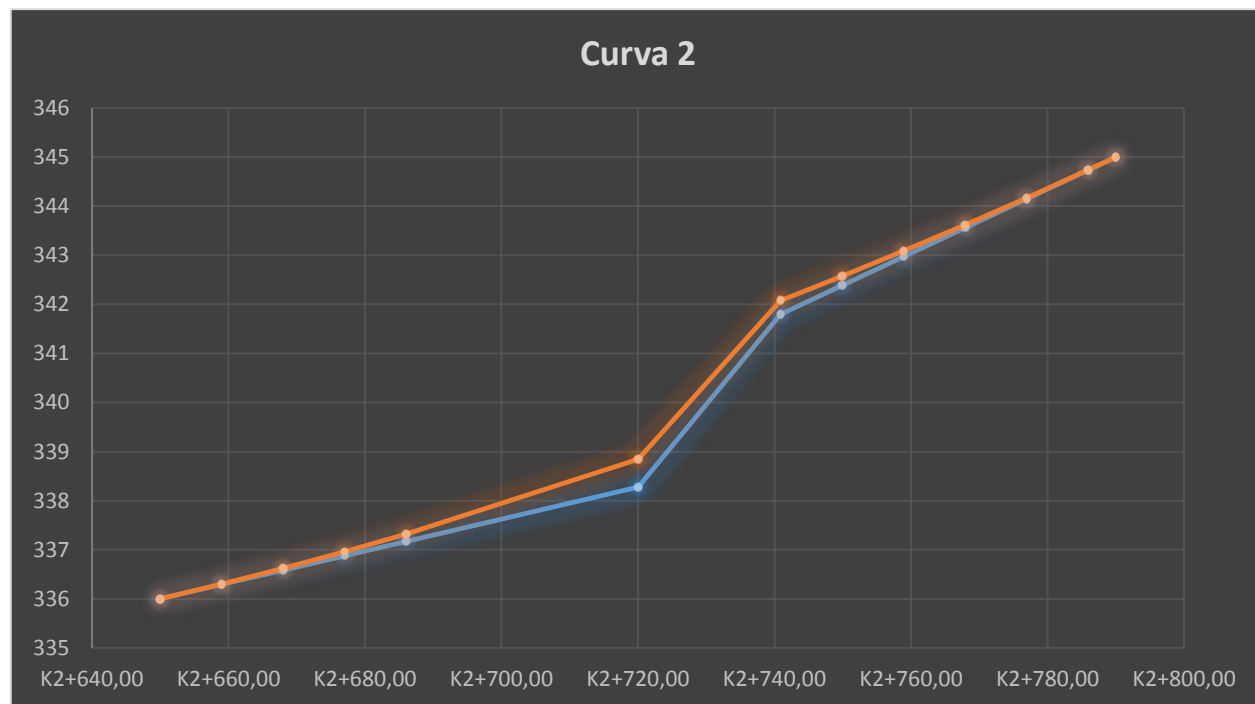
Esta Curva es		
A	- 3.27%	Cóncava

Incremento ABSCISADO
9

Externa
0.57225

CARTERA

Puntos	Abscisa	Pendiente	Cota Tangente	Corrección Altura	Cota Roja
PCV	K2+650.00	3.25%	336	0	336
1	K2+659.00		336.2925	0.009459643	336.3019596
2	K2+668.00		336.585	0.037838571	336.6228386
3	K2+677.00		336.8775	0.085136786	336.9626368
4	K2+686.00		337.17	0.151354286	337.3213543
PIV	K2+720.00	6.52%	338.275	0.57225	338.84725
5	K2+740.90		341.79868	0.281548168	342.0802282
6	K2+749.90		342.38548	0.187792596	342.5732726
7	K2+758.90		342.97228	0.112956311	343.0852363
8	K2+767.90		343.55908	0.057039311	343.6161193
9	K2+776.90		344.14588	0.020041596	344.1659216
10	K2+785.90		344.73268	0.001963168	344.7346432
PTV	K2+790.00		345.00000	0	345.0000000



En la gráfica XX se muestra la modificación que de efectuar en la subrasante donde la línea de color azul es la subrasante y la línea de color naranja es la modificación que se debe realizar. En este caso se debe realizar un relleno en el terreno puesto que la curva es cóncava.

8.7.2.3 Tercera curva.

Datos de entrada

Cotas	
PCV	340
PIV	342.5
PTV	345

Abscisas	
PCV	K2+800.00
PIV	K2+850.00
PTV	K2+925.00

Pendientes	
Pend. Entrada "S1"	4.33%
Pend. Salida "S2"	2.98%

Velocidad.		
Ve	30	km/h

Datos de Salida

L	
L1	50.00
L2	75.00
L _{total}	125.00

Pendientes Calculadas "Cts/Abs"		A
Pend. Entrada "S1"	5.00%	1.67%
Pend. Salida "S2"	3.33%	

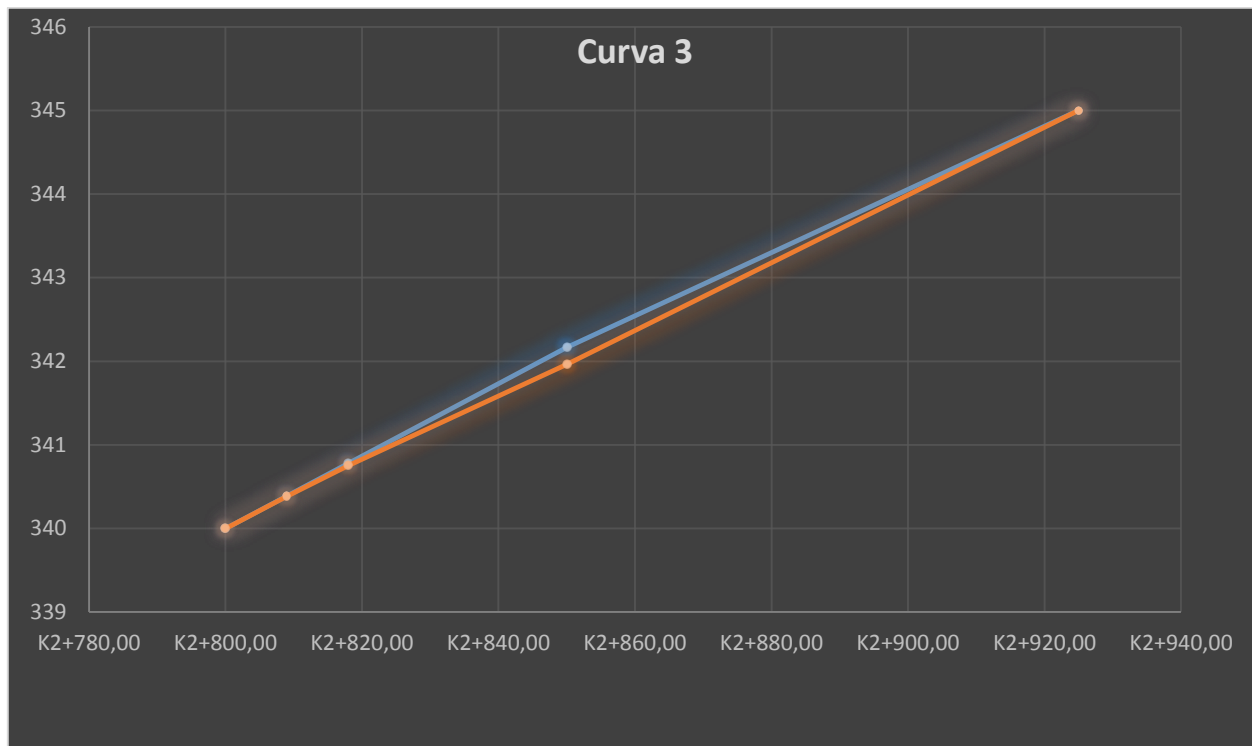
Esta Curva es		
A	1.35%	Convexa

Incremento ABSCISADO
9

Externa
0.2025

CARTERA

Puntos	Abscisa	Pendiente	Cota Tangente	Corrección Altura	Cota Roja
PCV	K2+800.00	4.33%	340	0	340
1	K2+809.00		340.3897	0.006561	340.383139
2	K2+818.00		340.7794	0.026244	340.753156
PIV	K2+850.00		342.165	0.2025	341.9625
PTV	K2+925.00	2.98%	345.00000	0	345.000000



En la gráfica XX se muestra la modificación que se debe efectuar en la subrasante donde la línea de color azul es la subrasante y la línea de color naranja es la modificación que se debe realizar. En este caso se debe realizar un corte en el terreno puesto que la curva es convexa.

8.7.2.4 Cuarta curva.

Datos de entrada

Cotas	
PCV	340
PIV	342.5
PTV	345

Abscisas	
PCV	K2+950.00
PIV	K3+050.00
PTV	K3+125.00

Pendientes	
Pend. Entrada "S1"	1.38%
Pend. Salida "S2"	4.65%

Velocidad		
Ve	30	km/h

Datos de Salida

L	
L1	100.00
L2	75.00
L _{total}	175.00

Pendientes Calculadas "Cts/Abs"		A
Pend. Entrada "S1"	2.50%	-
Pend. Salida "S2"	3.33%	0.83%

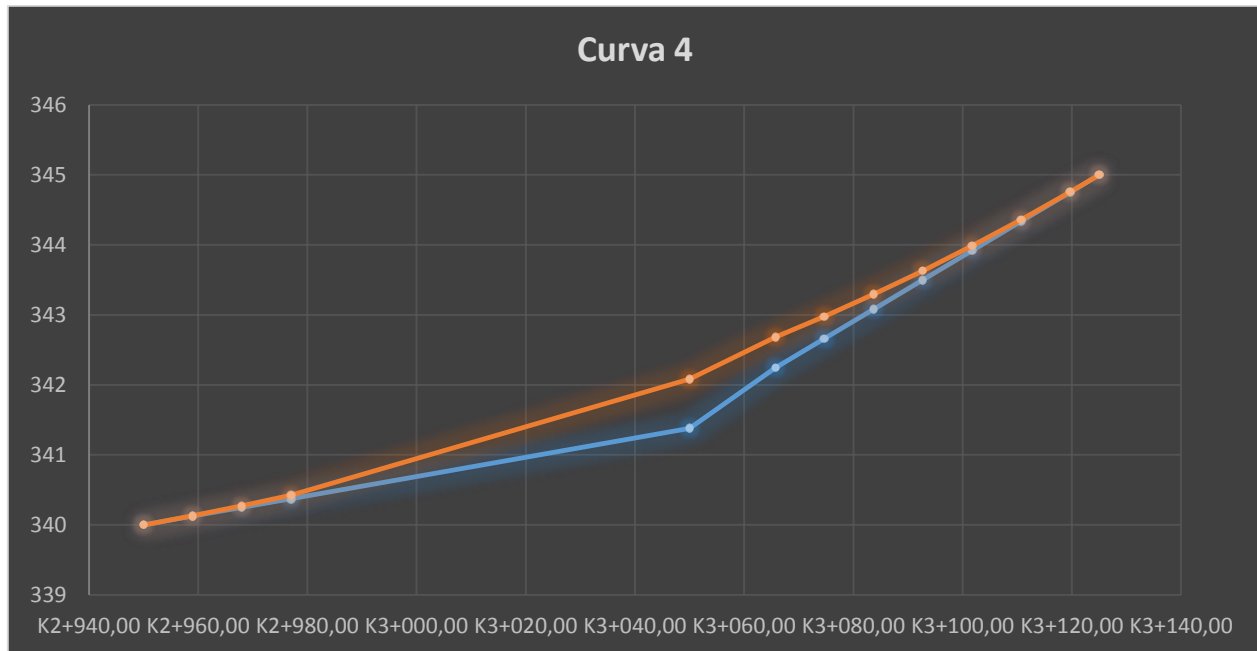
Esta Curva es		
A	3.27%	Cóncava

Incremento ABSCISADO
9

Externa
0.700714286

CARTERA

Puntos	Abscisa	Pendiente	Cota Tangente	Corrección Altura	Cota Roja
PCV	K2+950.00	1.38%	340	0	340
1	K2+959.00		340.1242	0.005675786	340.1298758
2	K2+968.00		340.2484	0.022703143	340.2711031
3	K2+977.00		340.3726	0.051082071	340.4236821
PIV	K3+050.00	4.65%	341.38	0.700714286	342.0807143
4	K3+065.70		342.24255	0.438054183	342.6806042
5	K3+074.70		342.66105	0.315176926	342.9762269
6	K3+083.70		343.07955	0.21248024	343.2920302
7	K3+092.70		343.49805	0.129964126	343.6280141
8	K3+101.70		343.91655	0.067628583	343.9841786
9	K3+110.70		344.33505	0.025473611	344.3605236
10	K3+119.70		344.75355	0.003499211	344.7570492
PTV	K3+125.00		345.00000	0	345.0000000



En la gráfica XX se muestra la modificación que se debe efectuar en la subrasante donde la línea de color azul es la subrasante y la línea de color naranja es la modificación que se debe realizar. En este caso se debe realizar un relleno en el terreno puesto que la curva es cóncava.

9. DISEÑO DE LA VÍA

Este diseño está ligado a la guía de pavimentos con placa huella, donde se mostrarán por tramos el dibujo y la implementación de las curvas tipo y los tramos rectos para su debido proceso constructivo en todo el kilómetro de la vía el arbolito.

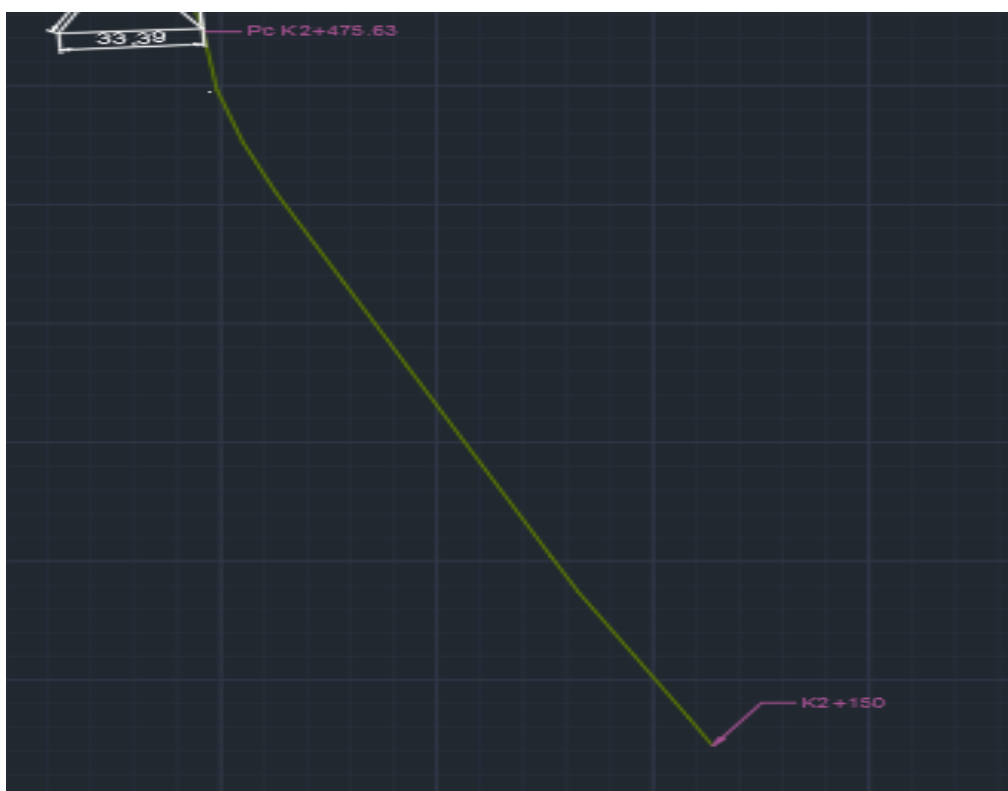


Figura 46. Diseño del tramo 1 desde la abscisa k2+150 hasta k2+475.63

Fuente Autores

En este primer tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+150 a k2+475.63, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

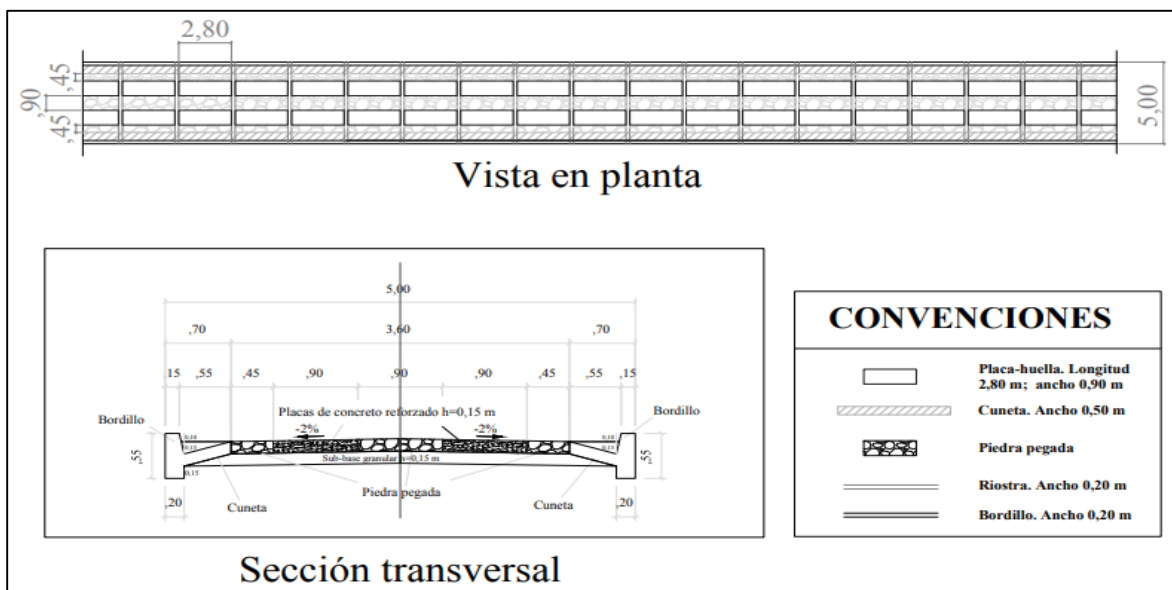


Figura 47. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el primer tramo.

Diseño del tramo 1.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como está especificado en la Figura 47. (INVIAS, 2017)

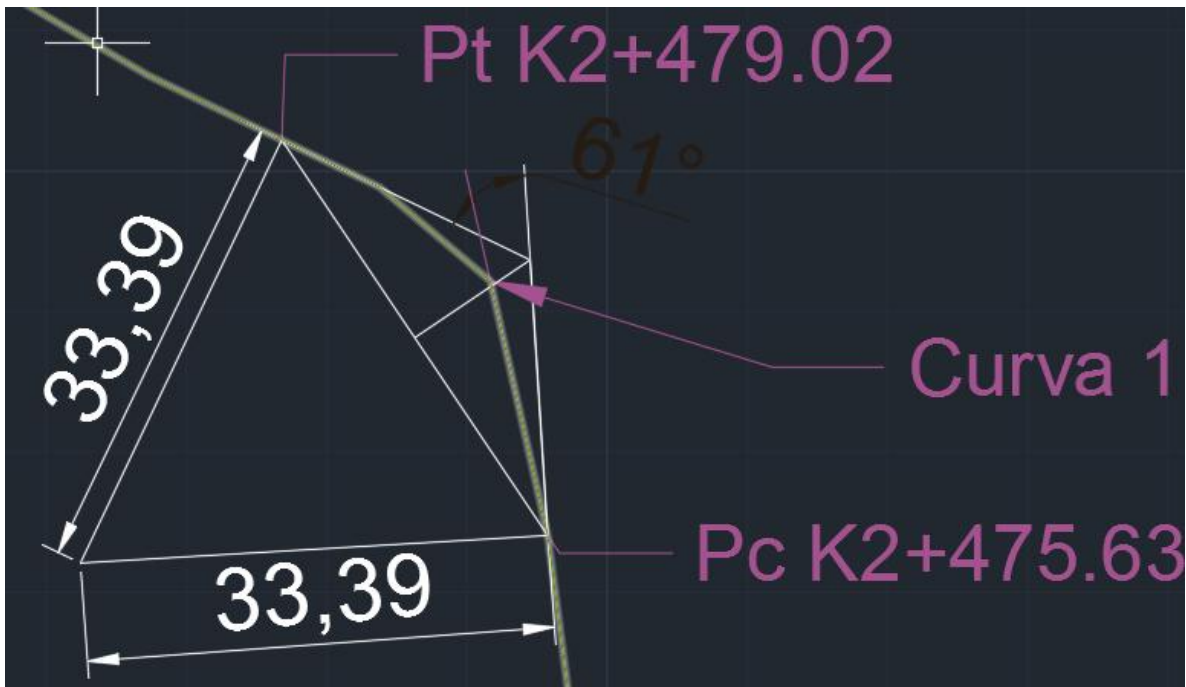


Figura 48. Diseño del tramo 2 Curva 1 desde la abscisa k2+475.63 hasta la k2+479.02.

Fuente Autores

En este segundo tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+475.63 a k2+479.02, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 1 se calculó un Angulo de deflexión de 61° y un radio de 33.39 m, siguiendo las especificaciones que nos da la guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 5 con las siguientes especificaciones.

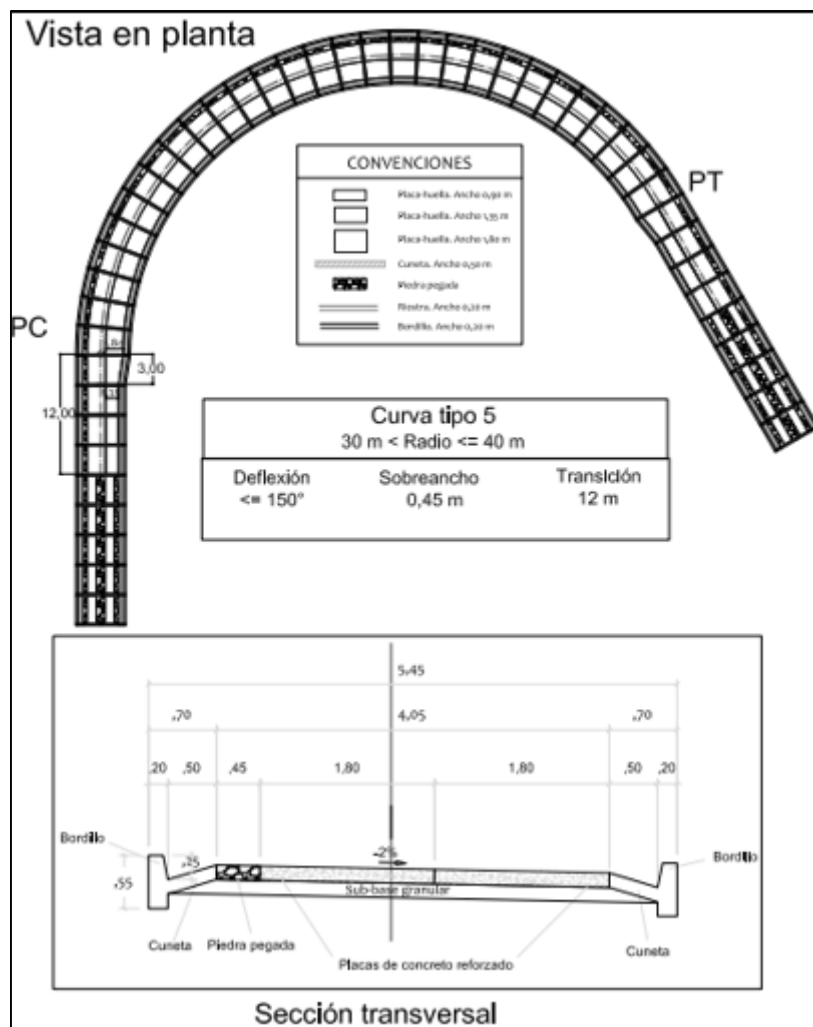


Figura 49. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el segundo tramo curva 1.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio entre 30 y 40 m se debe diseñar y construir como esta especificado en la Figura 49.

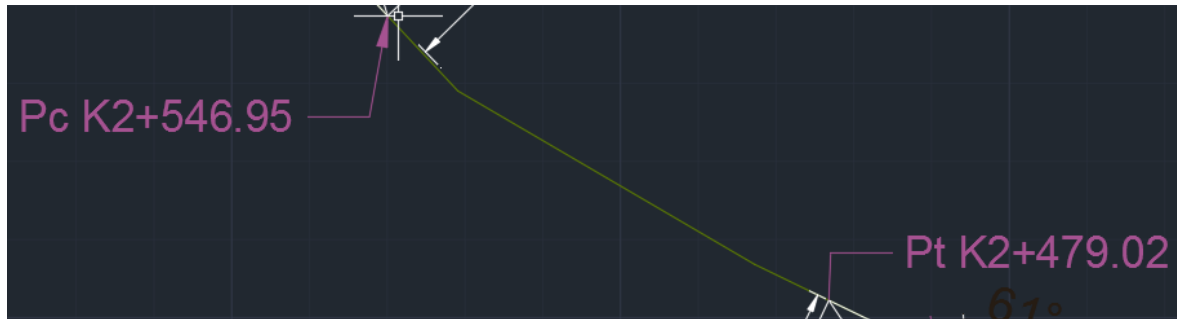


Figura 50. Diseño del tramo 3 desde la abscisa k2+479.02. hasta k2+546.95.

Fuente Autores

En este tercer tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+479.02. a k2+546.95, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

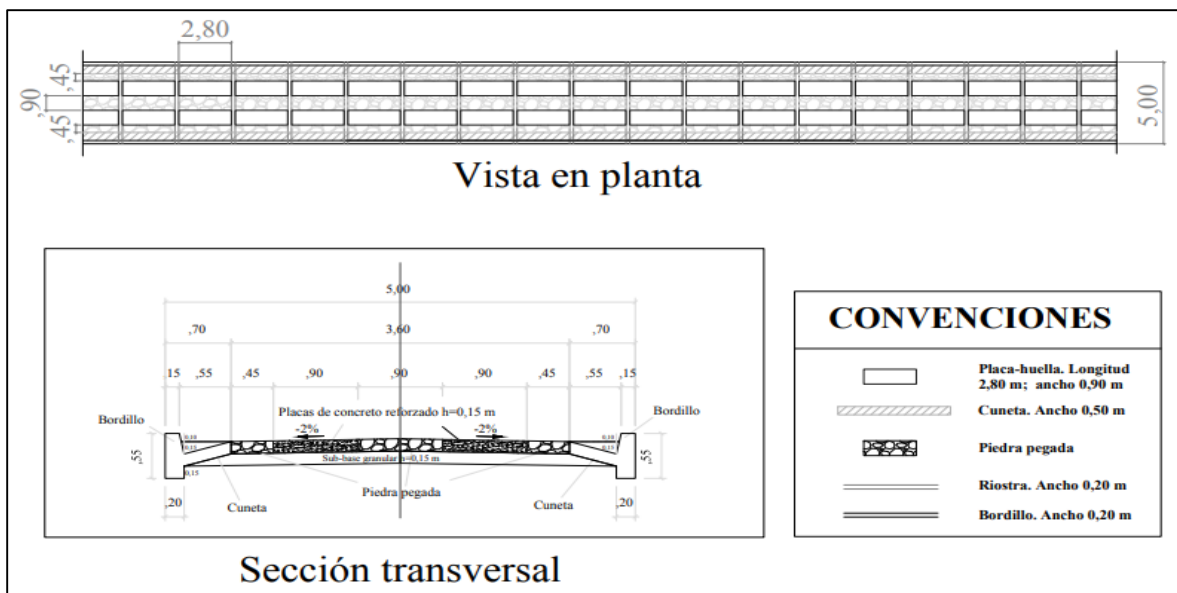


Figura 51. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el tercer tramo.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como esta especificado en la **Figura 51** (INVIAS, 2017)

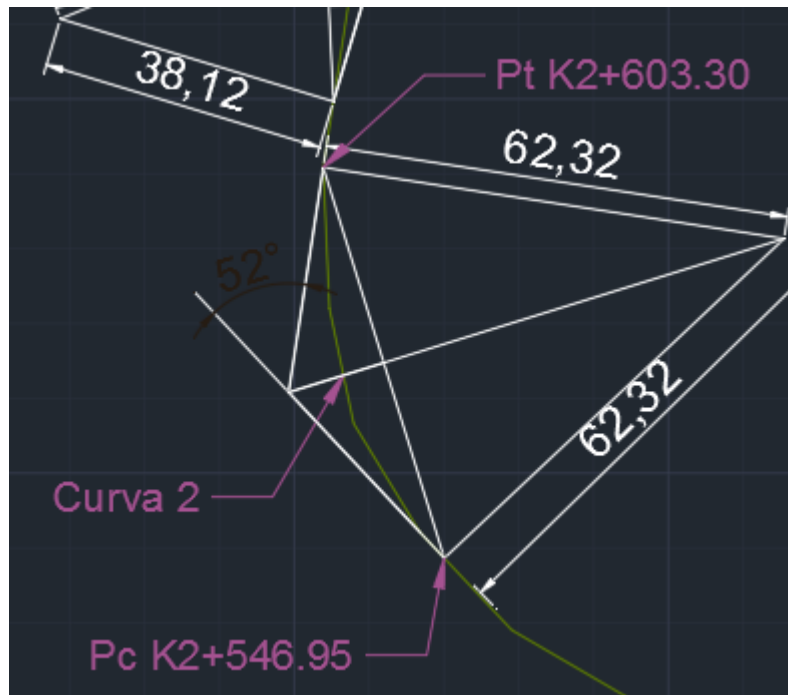


Figura 52. Diseño del tramo 4, Curva 2 desde la abscisa del k2+546.95 hasta la k2+603.30.

Fuente Autores

En este cuarto tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+475.63 a k2+479.02, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 2 se calculó un Angulo de deflexión de 52° y un radio de 62.33 m, siguiendo las especificaciones que nos da la

guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 3 con las siguientes especificaciones.

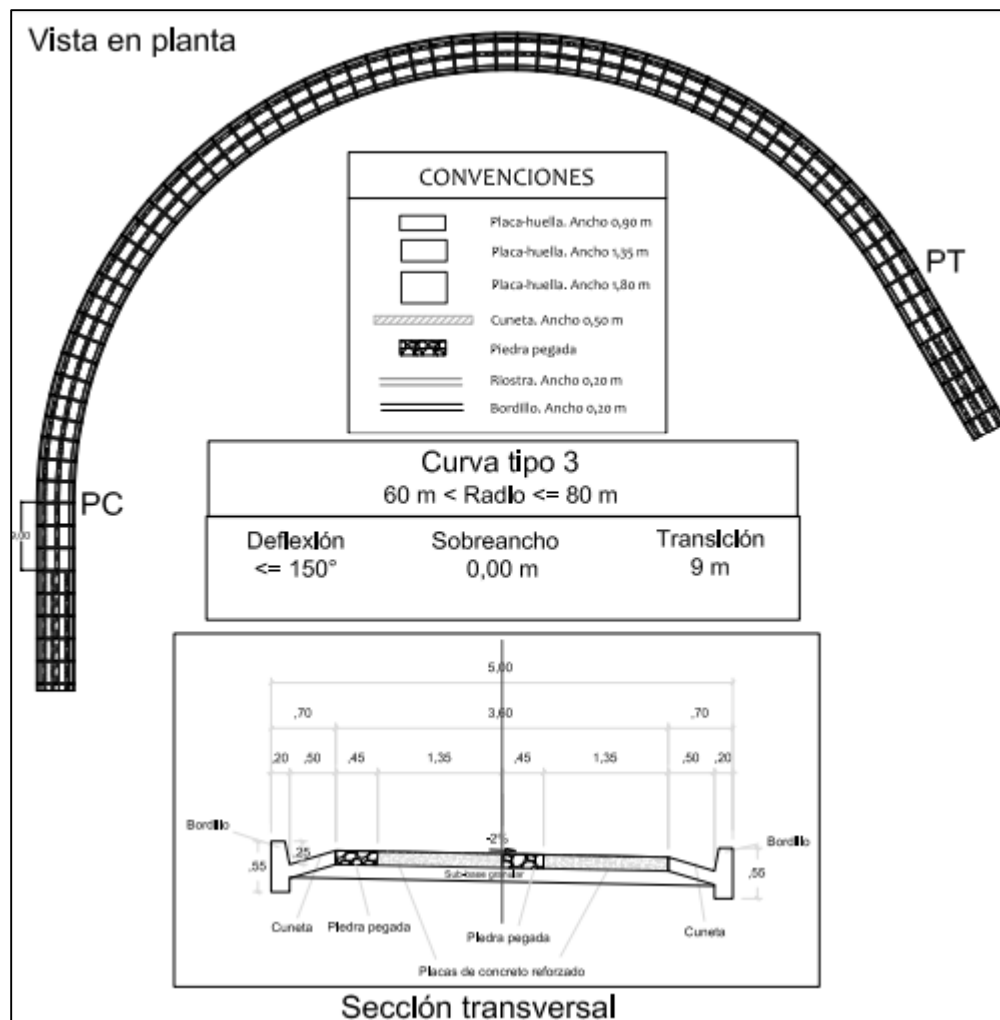


Figura 53. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el cuarto tramo, curva 2.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio mayor a 60 m y menor o igual a 80 m se debe diseñar y construir como esta especificado en la **Figura 53**.



Figura 54. Diseño del tramo 5 del k2+603.30. a k2+612.22.

Fuente Autores

En este quinto tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+603.30. a k2+612.22, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

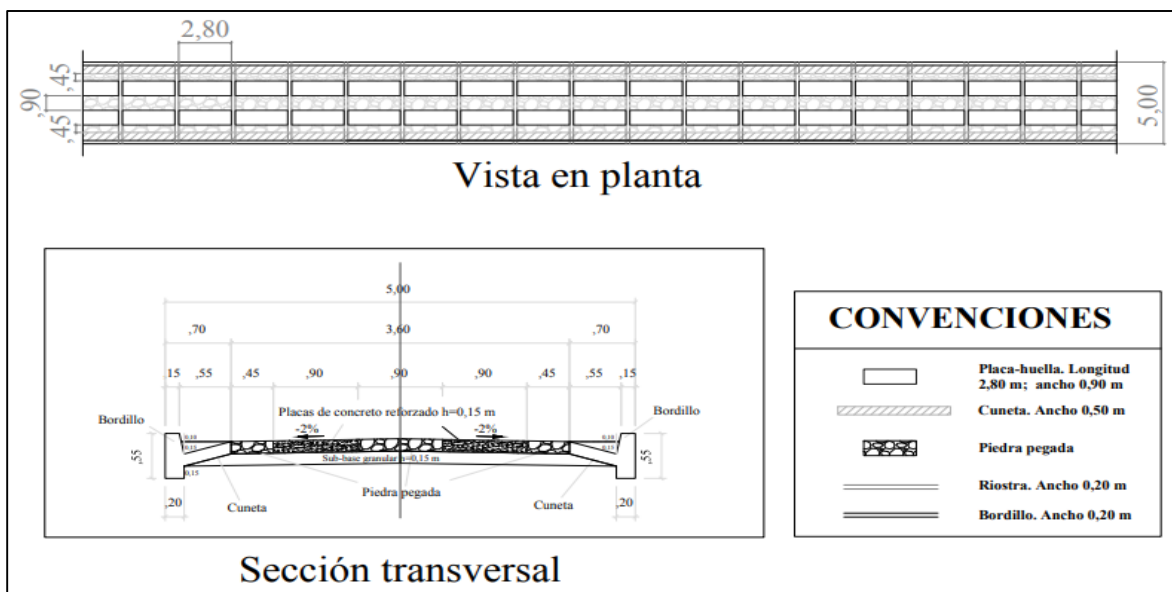


Figura 55. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el quinto tramo

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como está especificado en la Figura 55. (INVIAS, 2017)

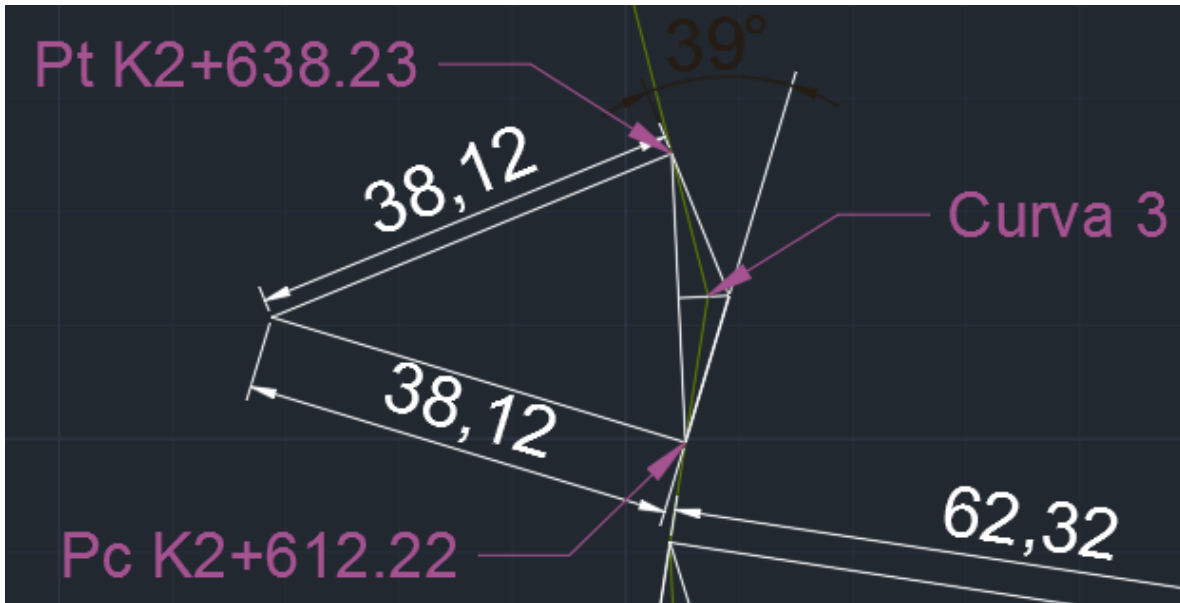


Figura 56. Diseño del tramo 6 curva 3 desde la abscisa k2+612.22. hasta la k2+638.23

Fuente Autores

En este sexto tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+612.22. a k2+638.23., se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 3 se calculó un Angulo de deflexión de 39° y un radio de 38.12 m, siguiendo las especificaciones que nos da la guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 5 con las siguientes especificaciones.

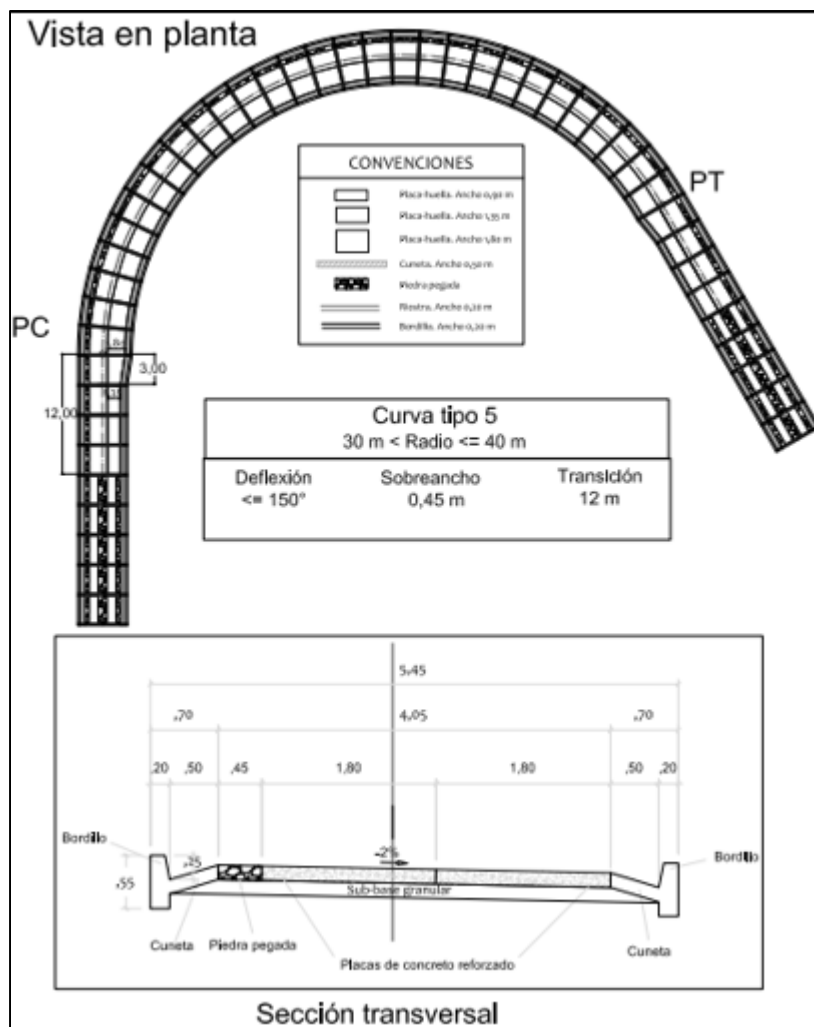


Figura 57. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el sexto tramo curva 3.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio menor o igual a 40 m se debe diseñar y construir como esta especificado en la **Figura 57**.



Figura 58. Diseño del tramo 7 del k2+638.23. a k2+666.99.

Fuente Autores

En este séptimo tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+638.23. a k2+666.99, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

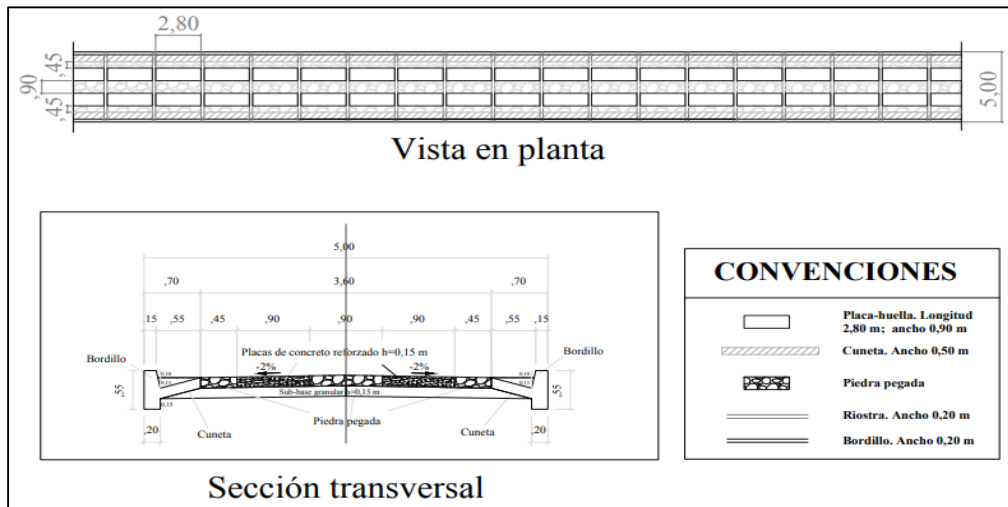


Figura 59. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el séptimo tramo.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como esta especificado en la **Figura 59**. (INVIAS, 2017)

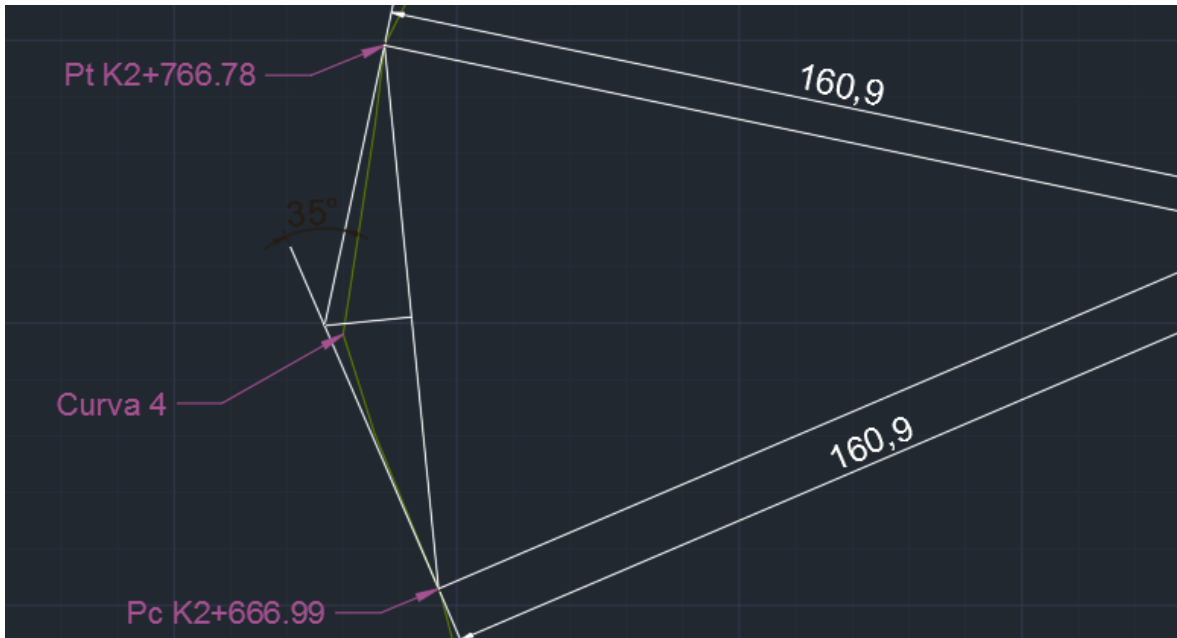


Figura 60. Diseño del tramo 8, curva 4 desde la abscisa del k2+666.99. hasta la k2+766.78.

Fuente Autores

En este octavo tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+666.99. a k2+766.78, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 4 se calculó un Angulo de deflexión de 35° y un radio de 160.90, siguiendo las especificaciones que nos da la

guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 1 con las siguientes especificaciones.

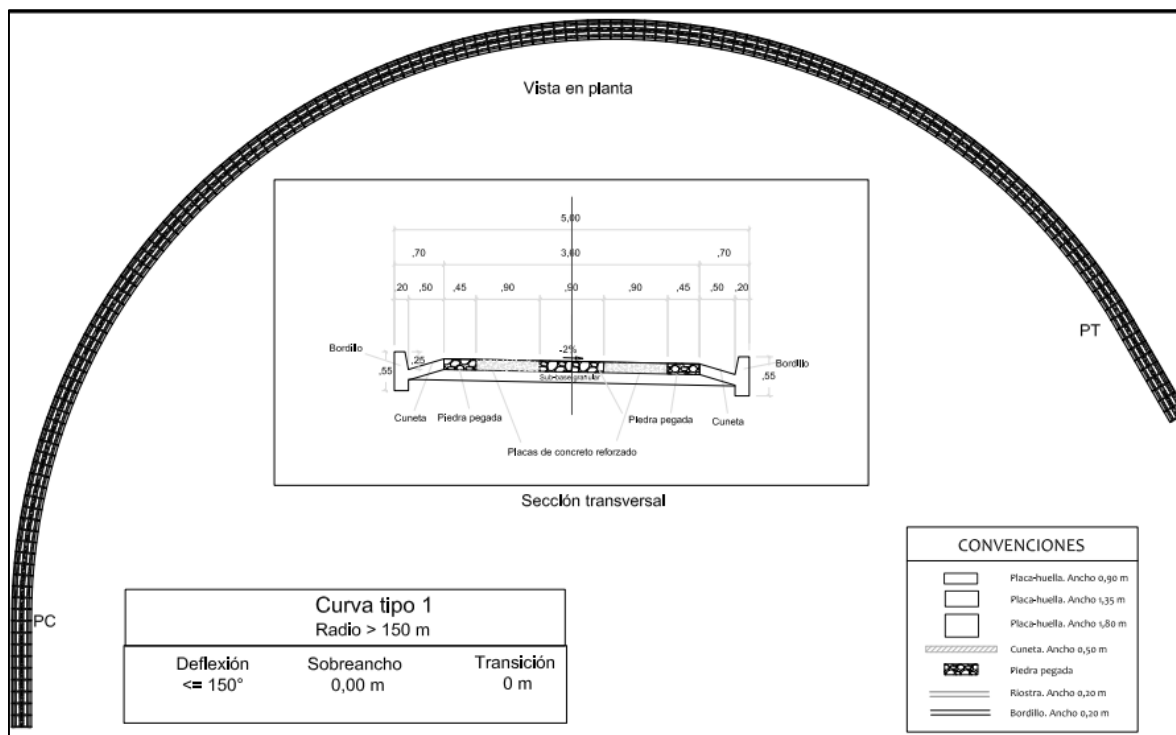


Figura 61. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el octavo tramo curva 4.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio mayor a 150 m se debe diseñar y construir como esta especificado en la **Figura 61**.

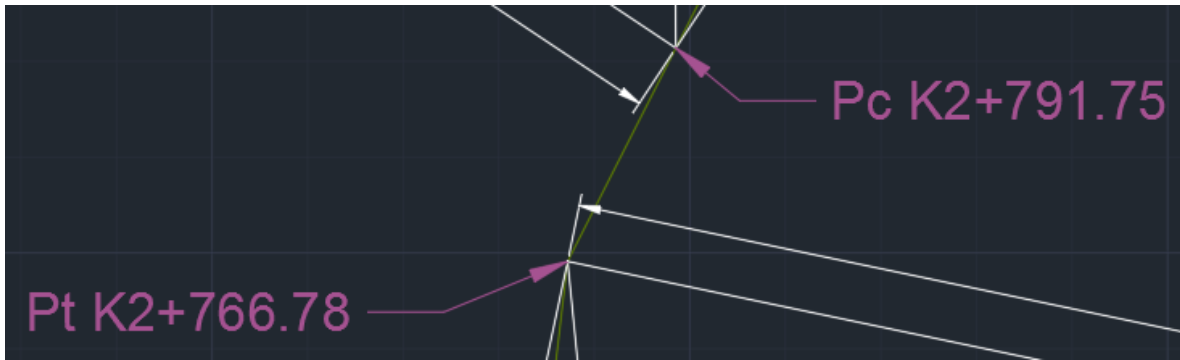


Figura 62. Diseño del tramo 9 del k2+766.78. a k2+791.75.

Fuente Autores

En este noveno tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+766.78. a k2+791.75, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

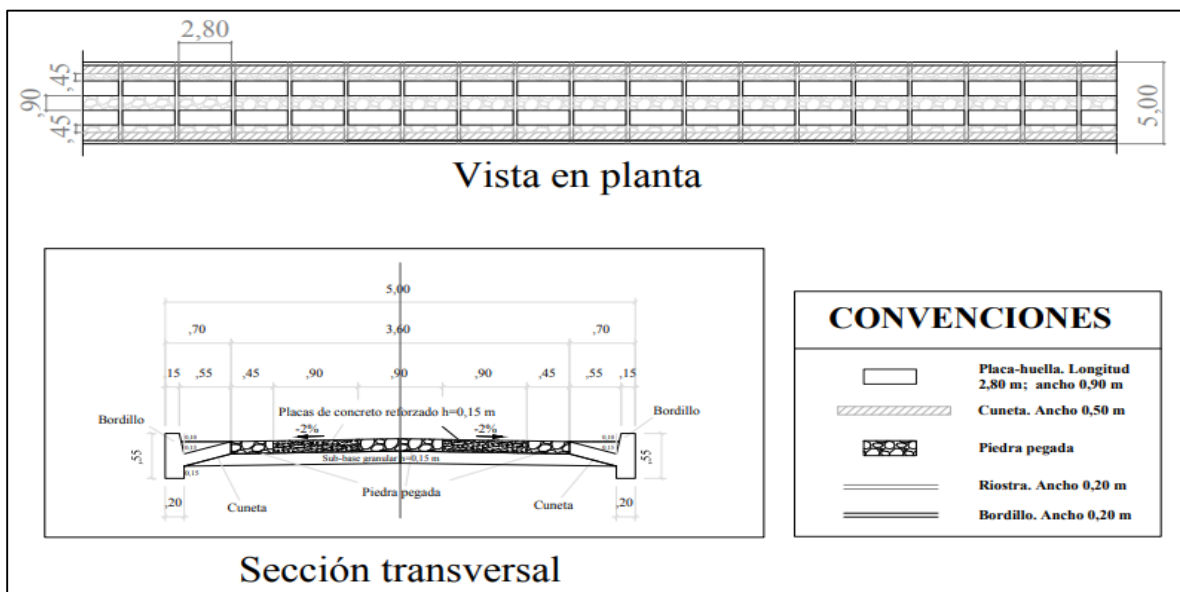


Figura 63. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el noveno tramo.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como esta especificado en la **Figura 63**. (INVIAS, 2017)

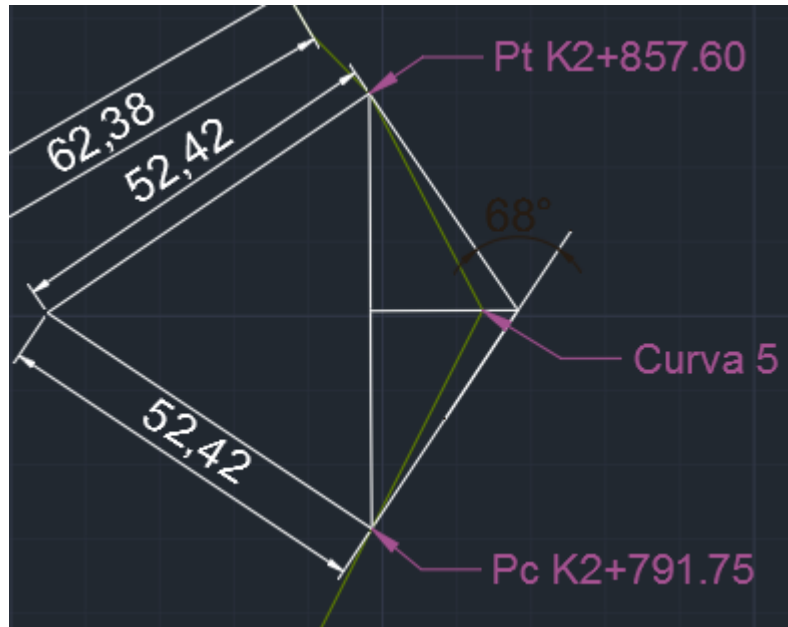


Figura 64. Diseño del tramo 10, curva 5 desde la abscisa del k2+791.75 hasta la k2+857.60.

Fuente Autores

En este decimo tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+791.75. a k2+857.60, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 5 se calculó un Angulo de deflexión de 68° y un radio de 52.42 m, siguiendo las especificaciones que nos da la

guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 4 con las siguientes especificaciones.

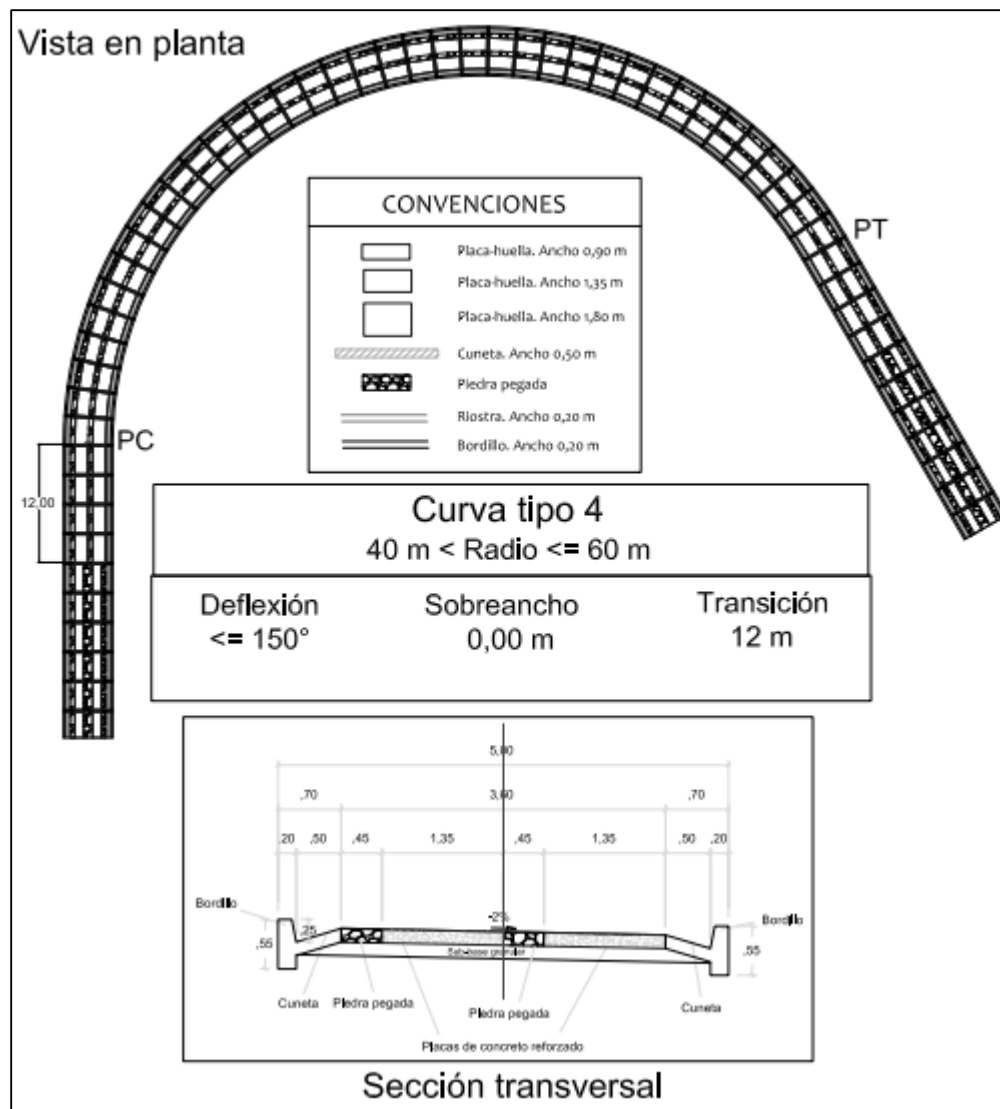


Figura 65. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el décimo tramo, curva 5.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio mayor a 40 m y menor o igual a 60m, se debe diseñar y construir como esta especificado en la *Figura 65*.



Figura 66. Diseño del tramo 11 del k2+827.60. a k2+872.32.

Fuente Autores

En este undécimo tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+827.60. a k2+872.32, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

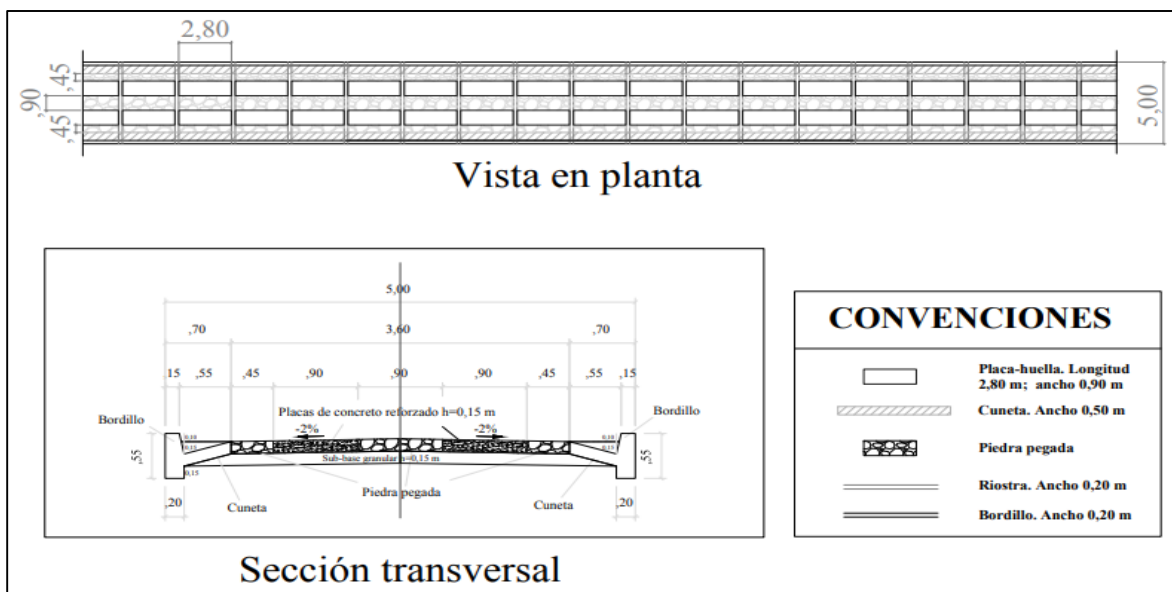


Figura 67. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el undécimo tramo.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como esta especificado en la **Figura 67**. (INVIAS, 2017)

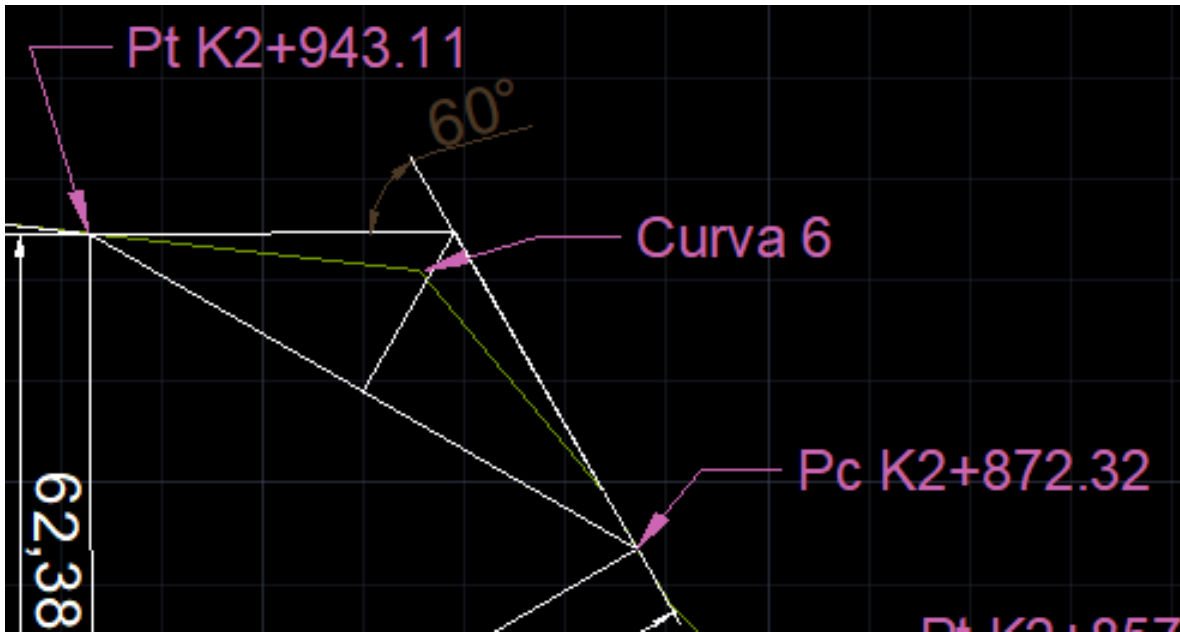


Figura 68. Diseño del tramo 12, curva 6 desde la abscisa del k2+872.32. hasta la k2+943.11

Fuente Autores

En este duodécimo tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+872.32. a k2+943.11, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 6 se calculó un Angulo de deflexión de 60° y un radio de 62.39 m, siguiendo las especificaciones que nos da la guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 3 con las siguientes especificaciones.

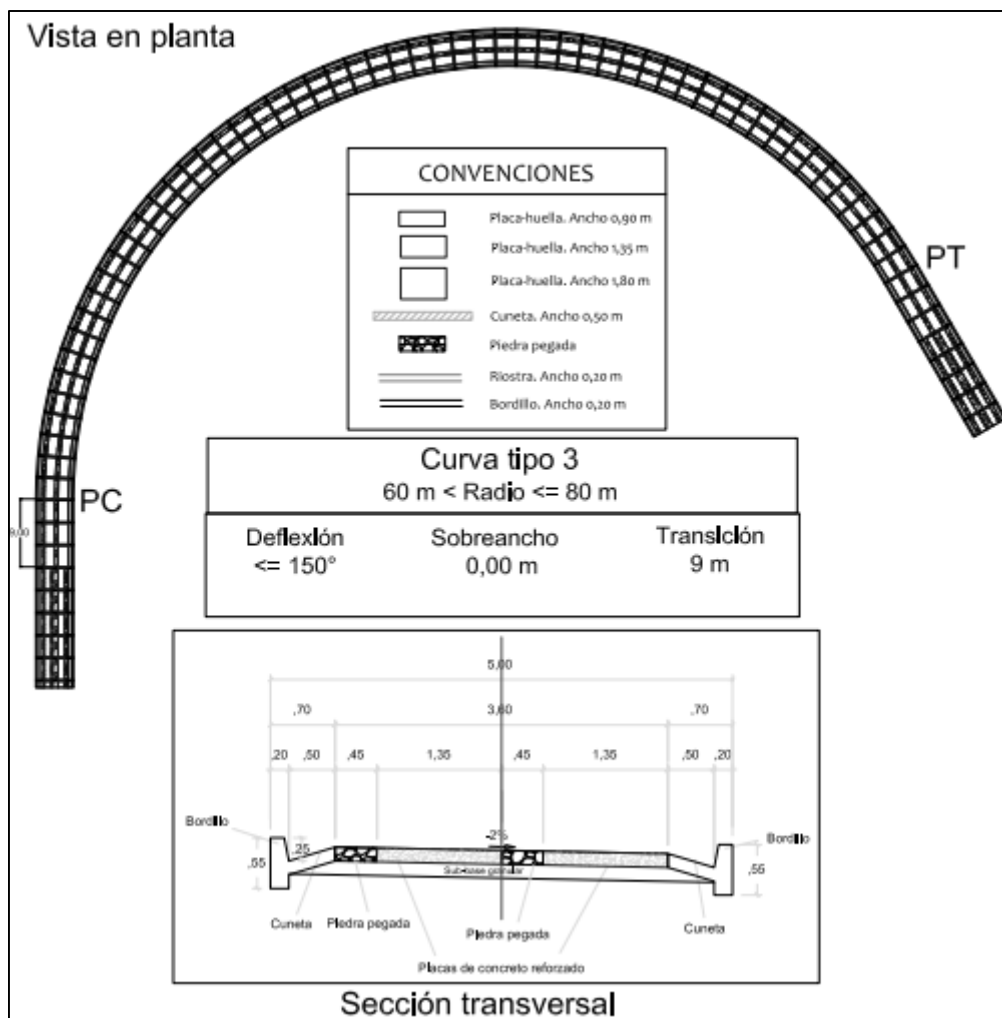


Figura 69. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el duodécimo tramo, curva 6.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio mayor a 60 m y menor o igual a 80 m, se debe diseñar y construir con las especificaciones de la **Figura 69**.



Figura 70. Diseño del tramo 13 del k2+943.11. a k2+959.74.

Fuente Autores

En este decimotercer tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+943.11. a k2+959.74, se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

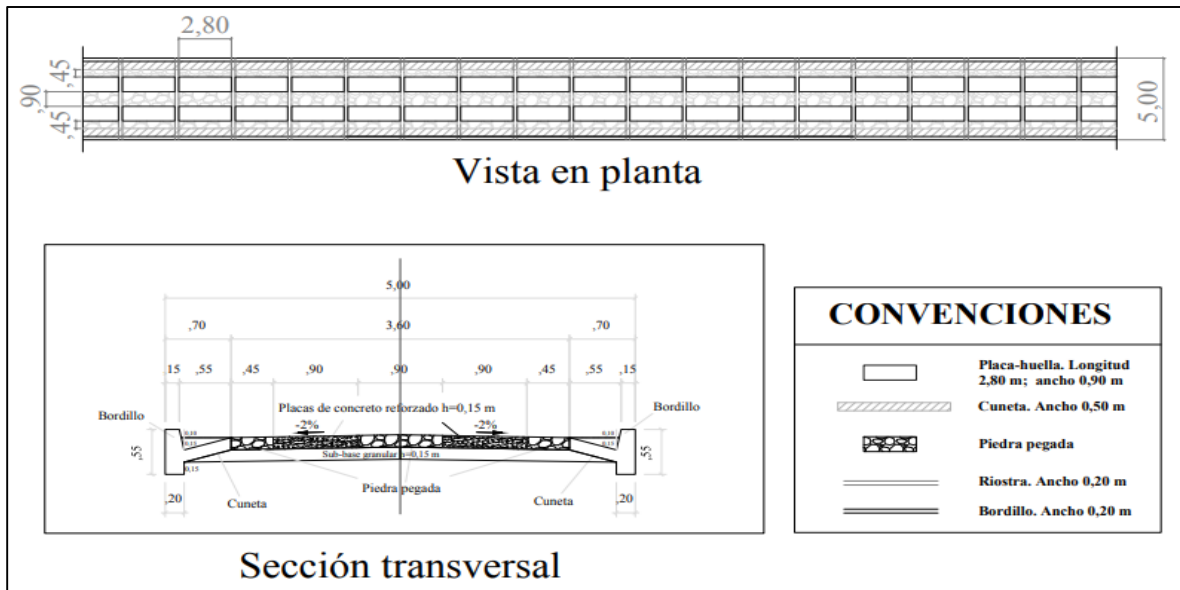


Figura 71. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el decimotercer tramo.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como esta especificado en la **Figura 71**. (INVIAS, 2017)

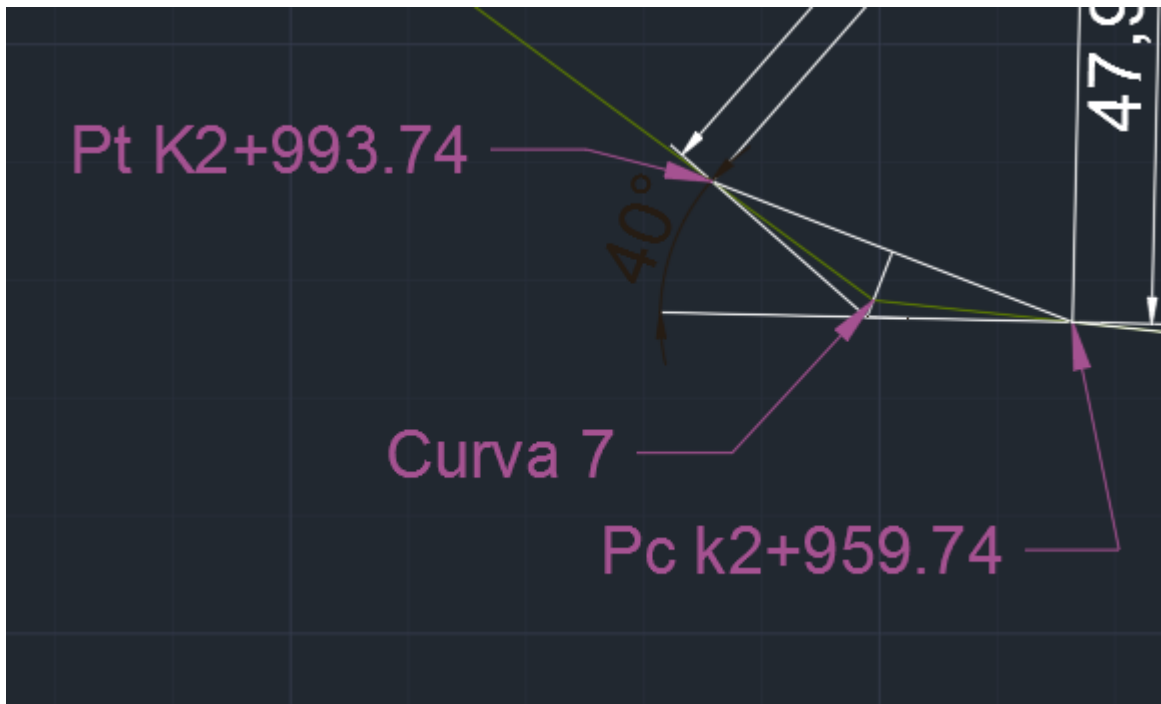


Figura 72. Diseño del tramo 14 curva 7 desde la abscisa del k2+959.74. hasta la k2+993.74.

Fuente Autores

En este decimocuarto tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+959.74. a k2+993.74., se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 7 se calculó un Angulo de deflexión de 40° y un radio de 47.97 m, siguiendo las especificaciones que nos da la guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 3 con las siguientes especificaciones.

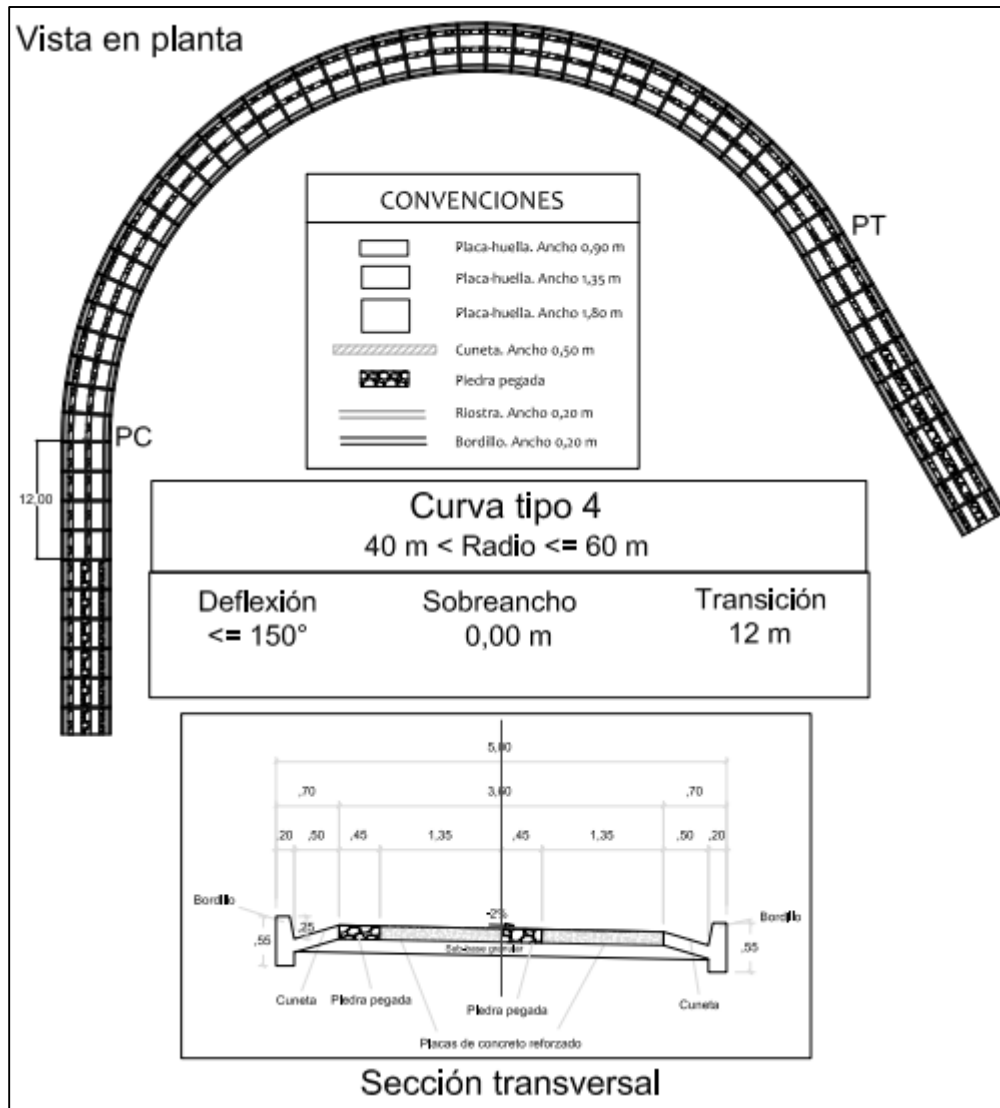


Figura 73. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el decimocuarto tramo, curva 7.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio mayor a 40 m y menor o igual a 60 m, se debe diseñar y construir con las especificaciones de la **Figura 73**.



Figura 74. Diseño del tramo 15 del k2+993.74. a k3+042.93.

Fuente Autores.

En este decimoquinto tramo de la vía Girardot-Nariño del k2+993.74. a k3+042.93., se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

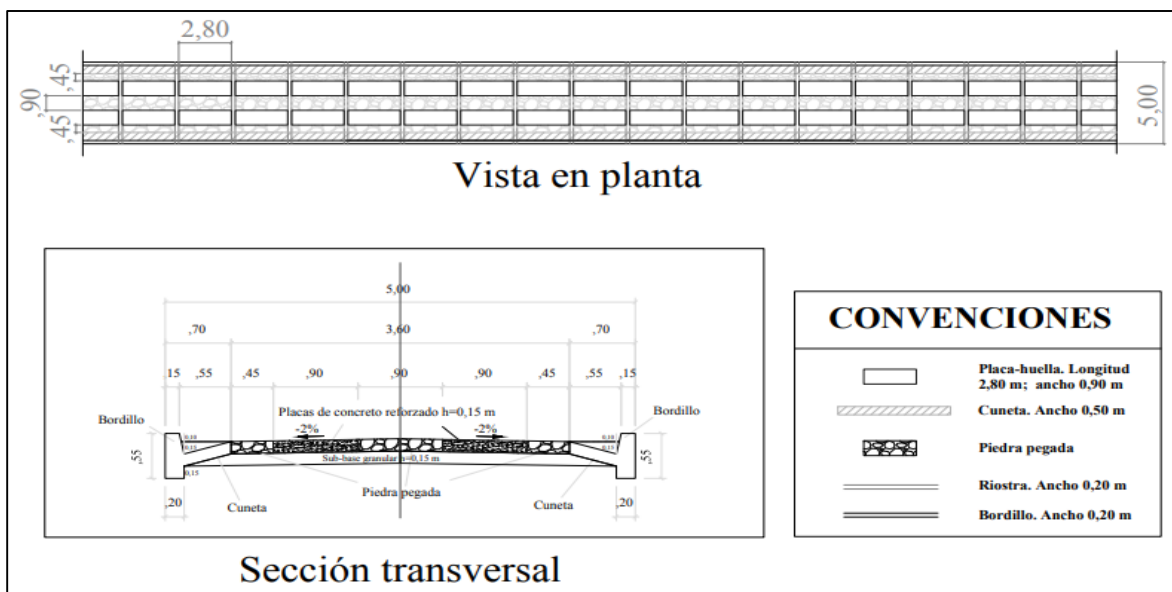


Figura 75. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimoquinto tramo.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como esta especificado en la **Figura 75**. (INVIAS, 2017)

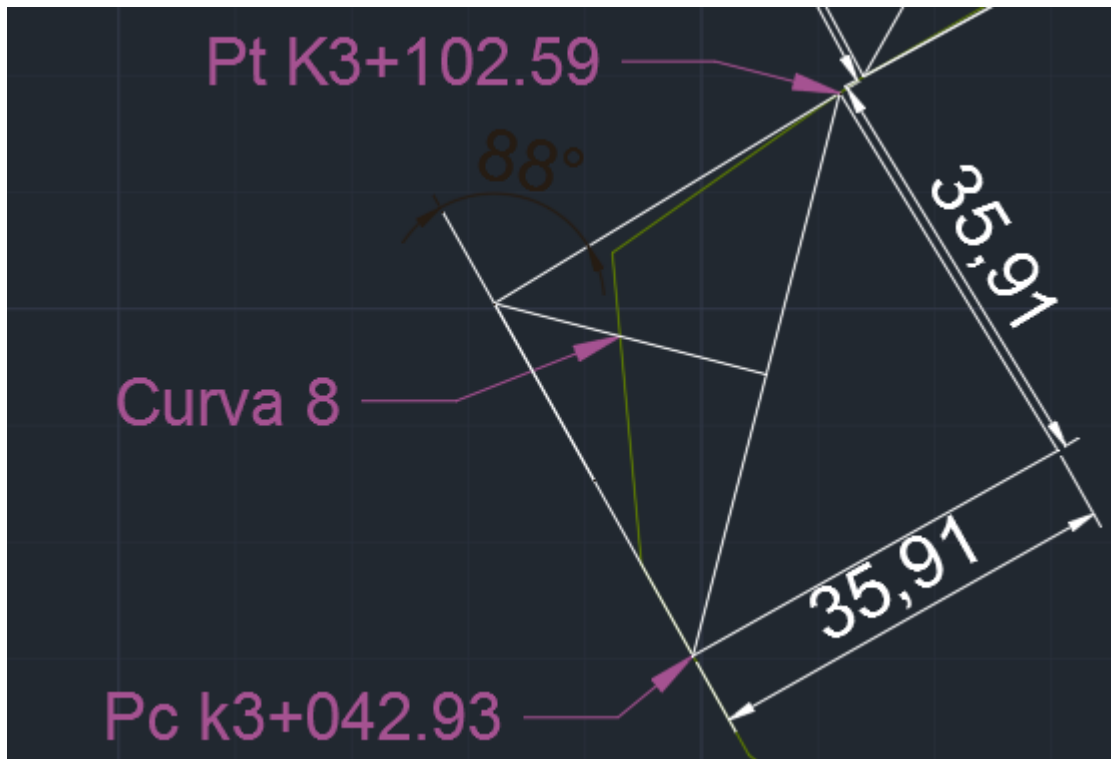


Figura 76. Diseño del tramo 16 curva 8 desde la abscisa del k3+042.93. hasta la k3+102.59

Fuente Autores.

En este decimosexto tramo de la vía Girardot-Nariño del k3+042.93. a k3+102.59., se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 8 se calculó un Angulo de deflexión de 88° y un radio de 35.91 m, siguiendo las especificaciones que nos da la

guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 5 con las siguientes especificaciones.

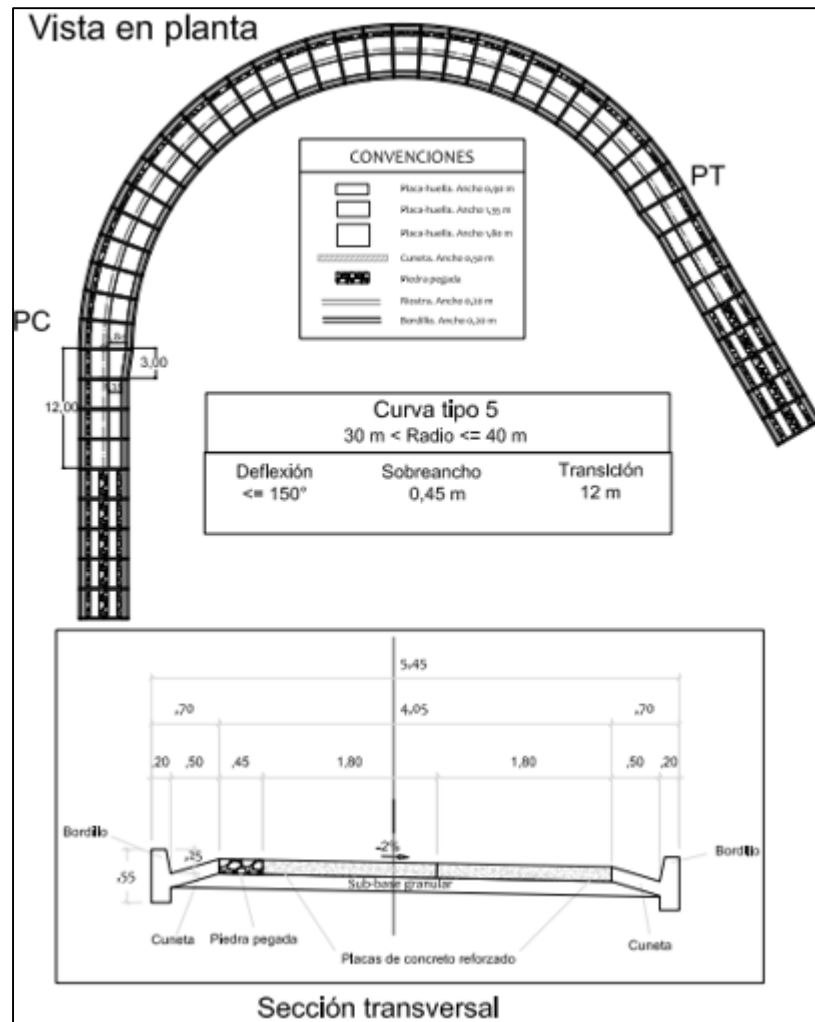


Figura 77. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el decimosexto tramo curva 8

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio entre 30 m y 40 m se debe diseñar y construir con las especificaciones de la **Figura 77**.



Figura 78. Diseño del tramo 17 del k3+102.59. a k3+105.08.

Fuente Autores.

En este decimoséptimo tramo de la vía Girardot-Nariño del k3+102.59. a k3+105.08., se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

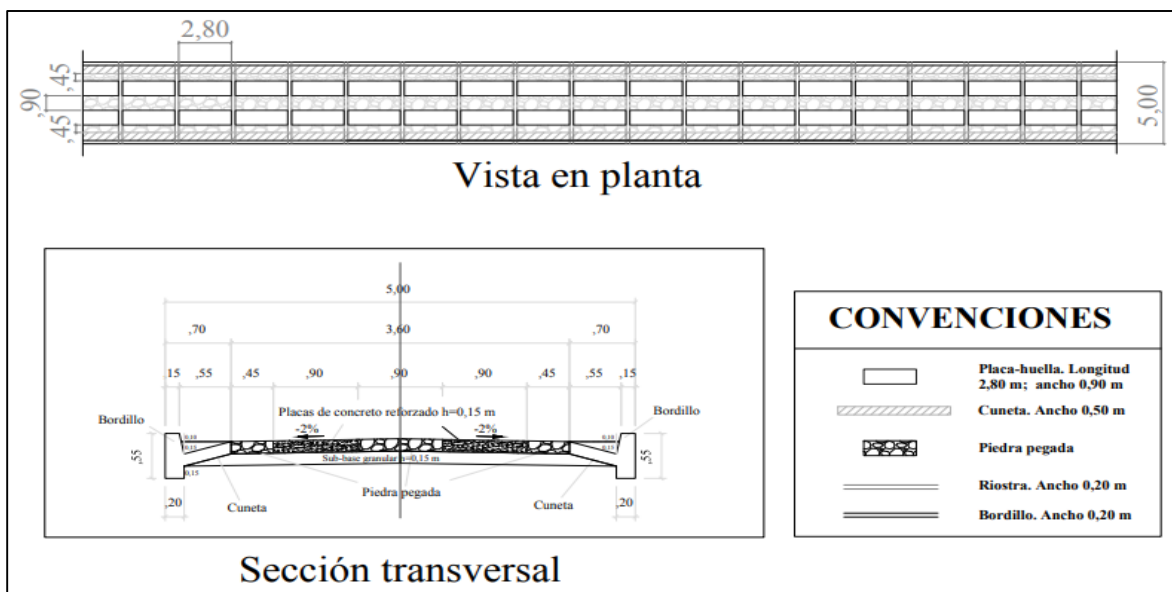


Figura 79. Diseño estructural con corte trasversal y vista en planta para el decimoséptimo tramo.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como está especificado en la **Figura 79**. (INVIAS, 2017)

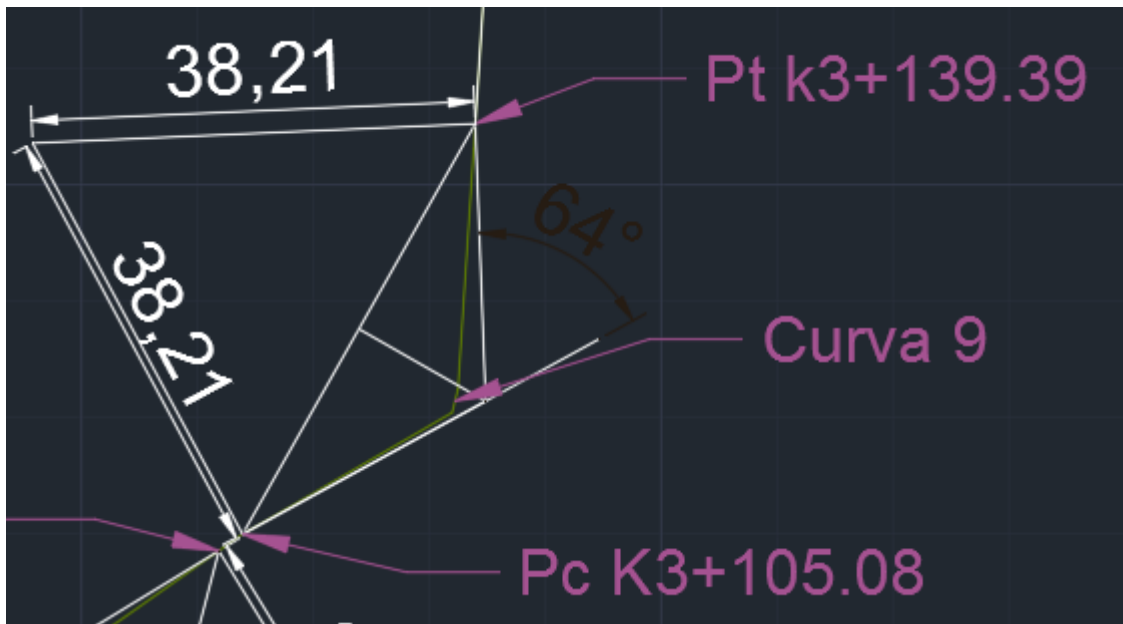


Figura 80. Diseño del tramo 18, curva 9 desde la abscisa del k3+105.08. hasta la k3+139.39.

Fuente Autores.

En este decimotavo tramo de la vía Girardot-Nariño del k3+105.08. a k3+139.39., se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones para el tipo de curva que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIA 2017

En el capítulo anterior del diseño geométrico de la vía para la curva 9 se calculó un Angulo de deflexión de 64° y un radio de 38.22 m, siguiendo las especificaciones que nos da la guía de diseño de pavimentos con placa huella obtuvimos una curva tipo 5 con las siguientes especificaciones.

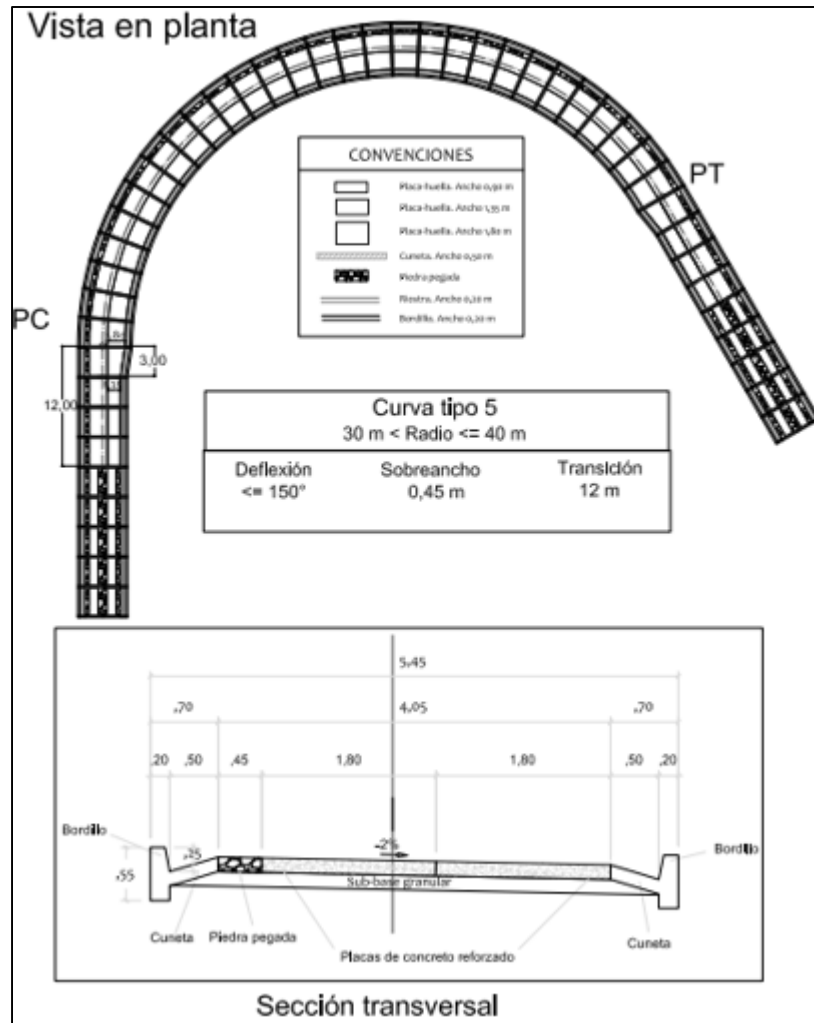


Figura 81. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimoctavo tramo curva 9.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para curvas con un ángulo de deflexión menores o iguales a 150° y con un radio menor o igual a 40 m se debe diseñar y construir con las especificado de la **Figura 81**.

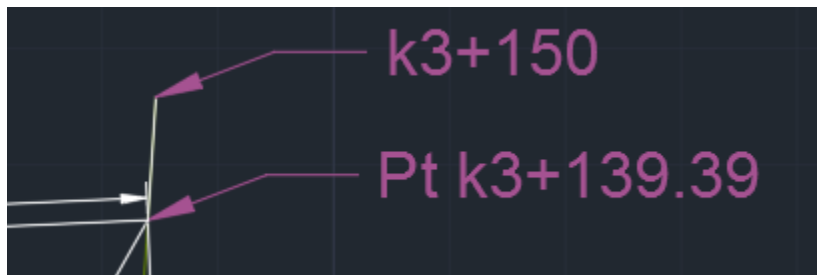


Figura 82. Diseño del tramo 19 desde la abscisa $k3+139.39$. Hasta la $k3+150$.

Fuente Autores.

En este decimonoveno tramo de la vía Girardot-Nariño del $k3+139.39$. a $k3+150$., se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

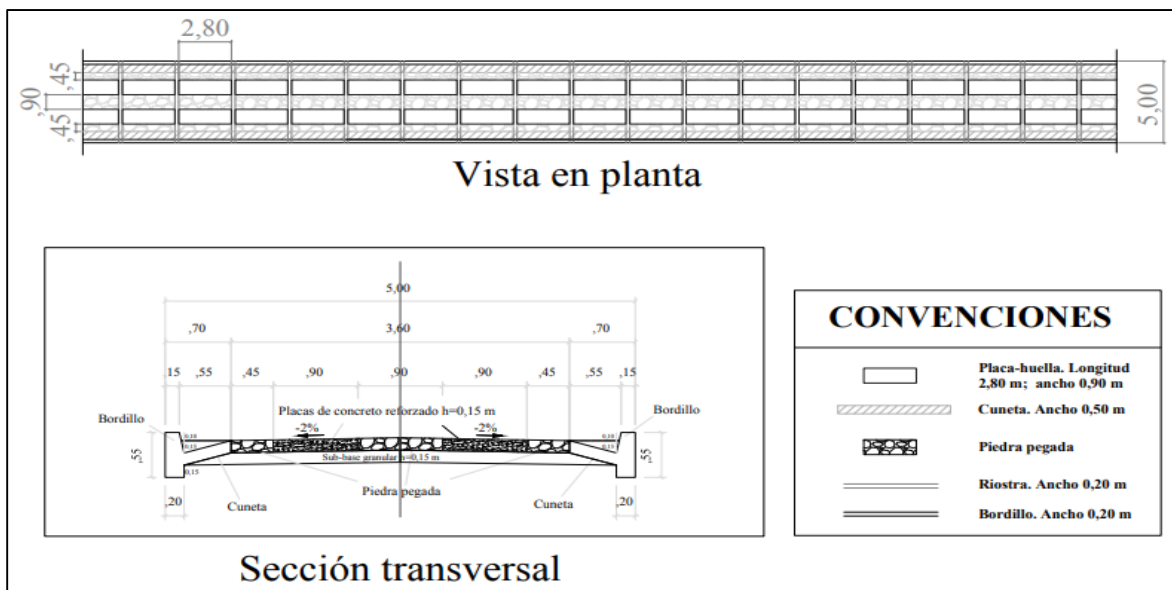


Figura 83. Diseño estructural con corte transversal y vista en planta para el decimonoveno tramo.

Fuente Guía de diseño de pavimento con Placa-Huella.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, para tramos rectos se diseña y se debe construir como está especificado en la **Figura 83**. (INVIAS, 2017)

10. OBRAS DE DRENAJE



Figura 84. Ubicación del primer box coulvert de 1 km de vía Girardot-Nariño vereda arbolito.

Fuente Autores.

El primer box coulvert de la vía se localiza en el k2+393. se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAAS 2017.

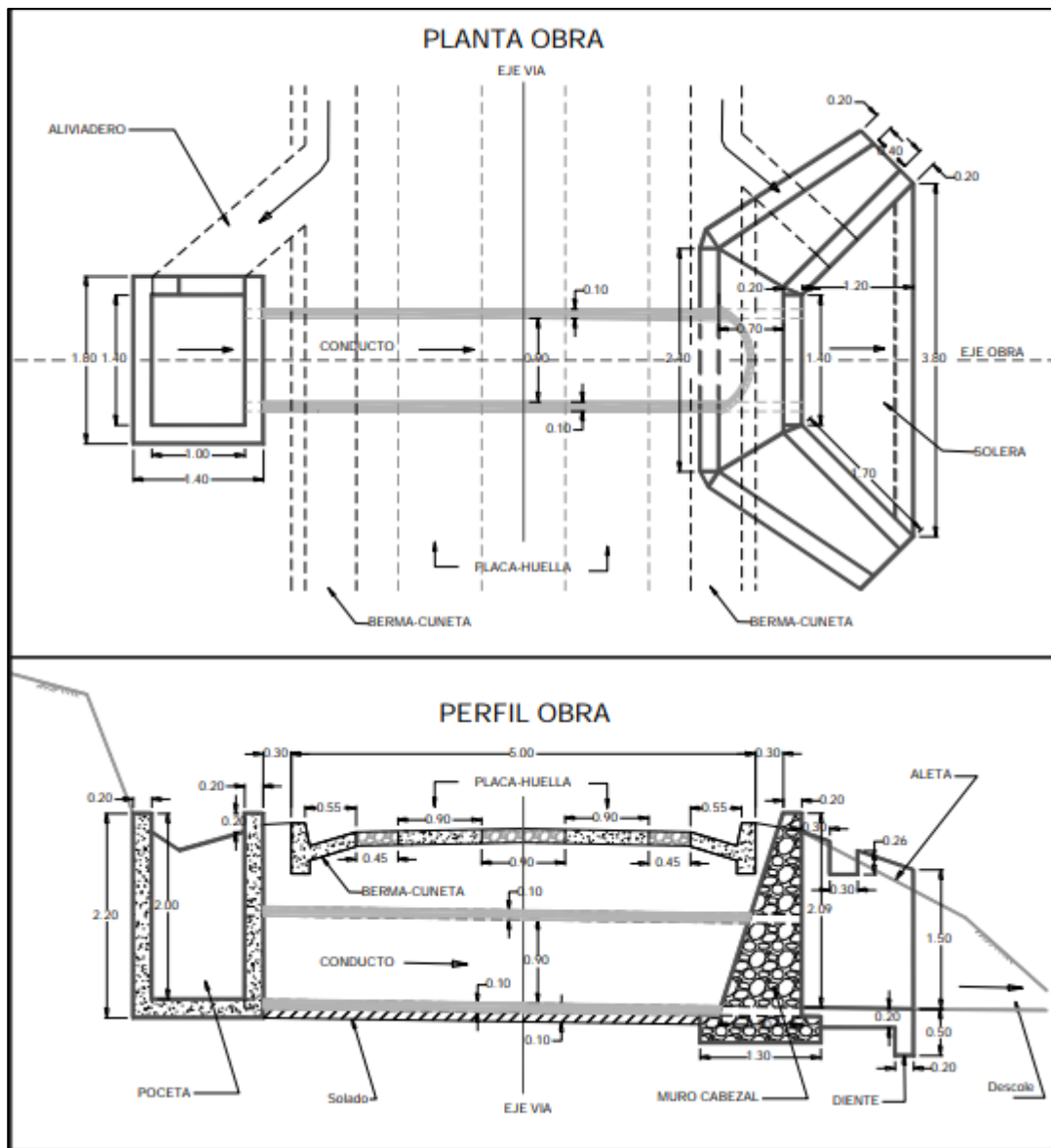


Figura 85. Diseño estructural en planta y perfil del box culvert.

Fuente Autores.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, el box culvert se debe diseñar y construir como esta especificado en la Figura 85. (INVIAS, 2017)

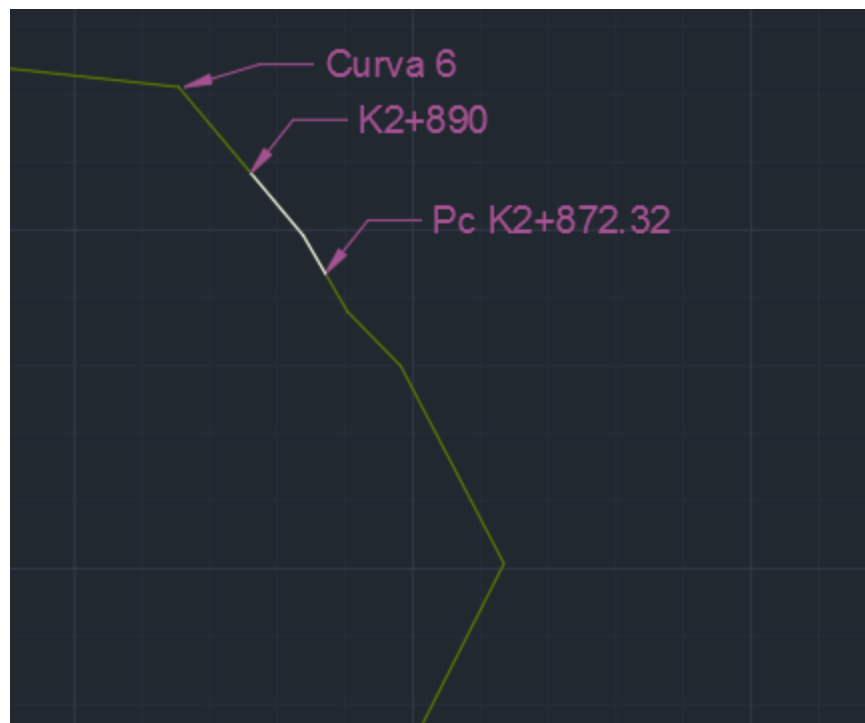


Figura 86. Ubicación del segundo box culvert de 1 km de vía Girardot-Nariño vereda arbolito.

Fuente Autores.

EL segundo box culvert de la vía se localiza en el k2+890. se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

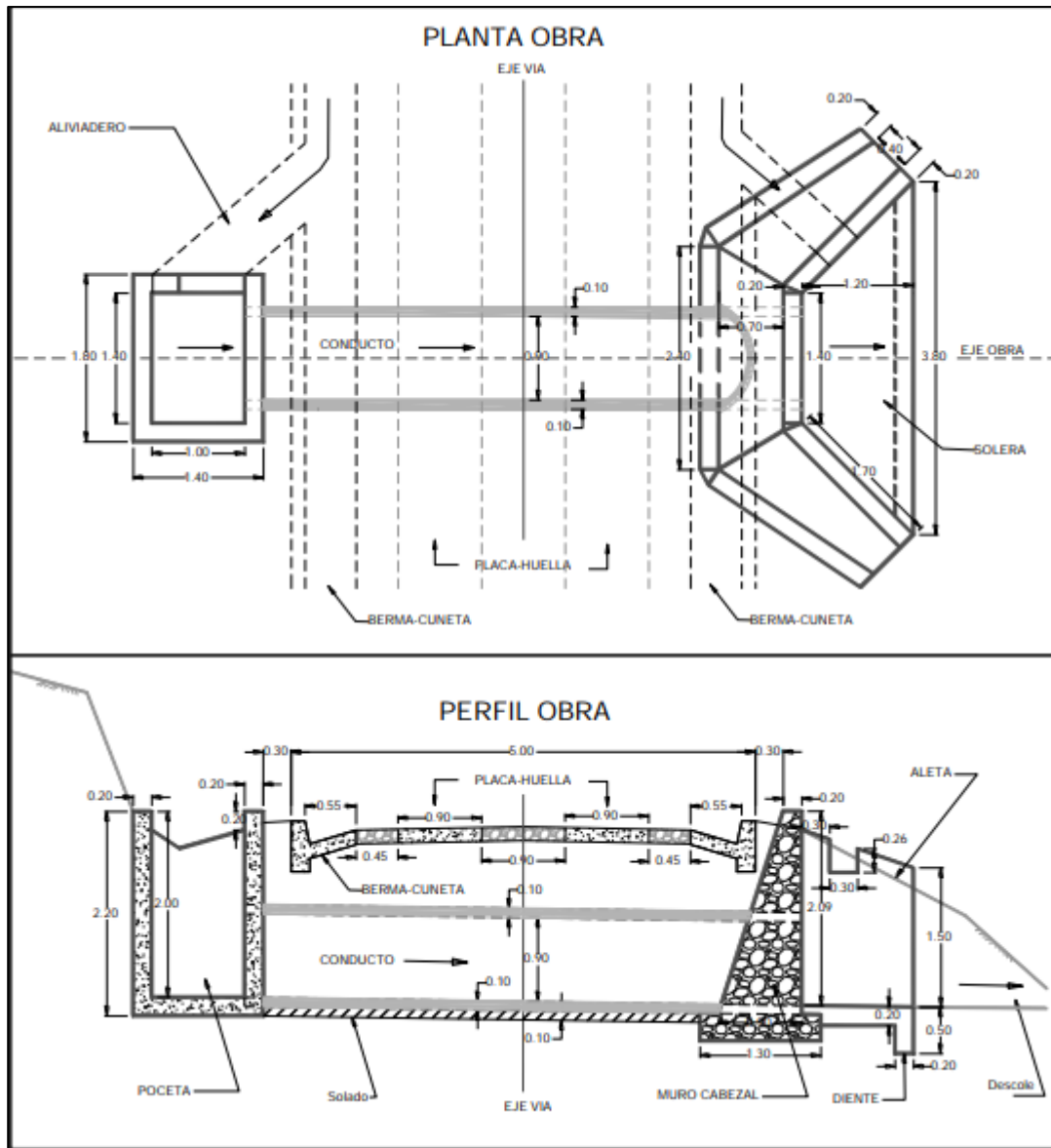


Figura 87. Diseño estructural en planta y perfil del box culvert.

Fuente Autores.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, el box culvert se debe diseñar y construir como esta especificado en la **Figura 87**. (INVIAS, 2017)

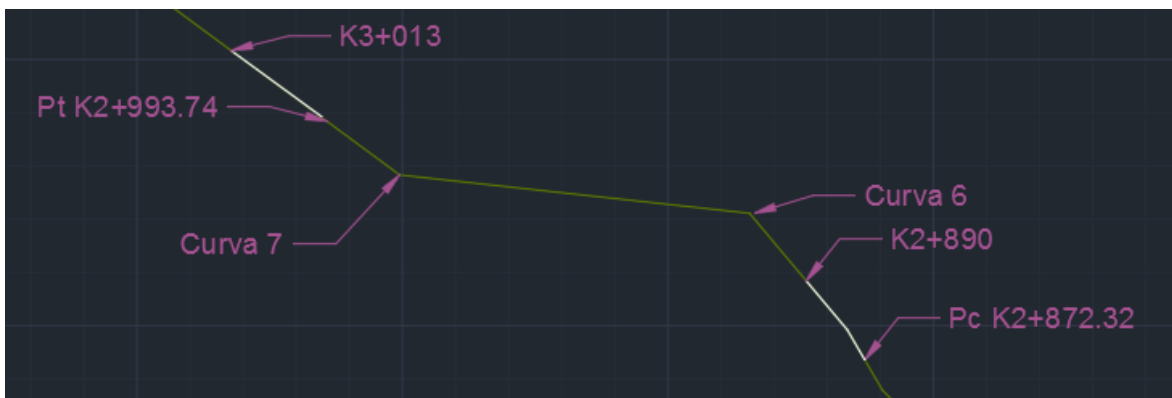


Figura 88. Ubicación del tercer box culvert de 1 km de vía Girardot-Nariño vereda arbolito.

Fuente Autores.

EL tercer box culvert de la vía se localiza en el k3.013. se diseñará teniendo en cuenta las recomendaciones que nos indica la guía de diseño de pavimentos tipo placa huellas de INVIAS 2017.

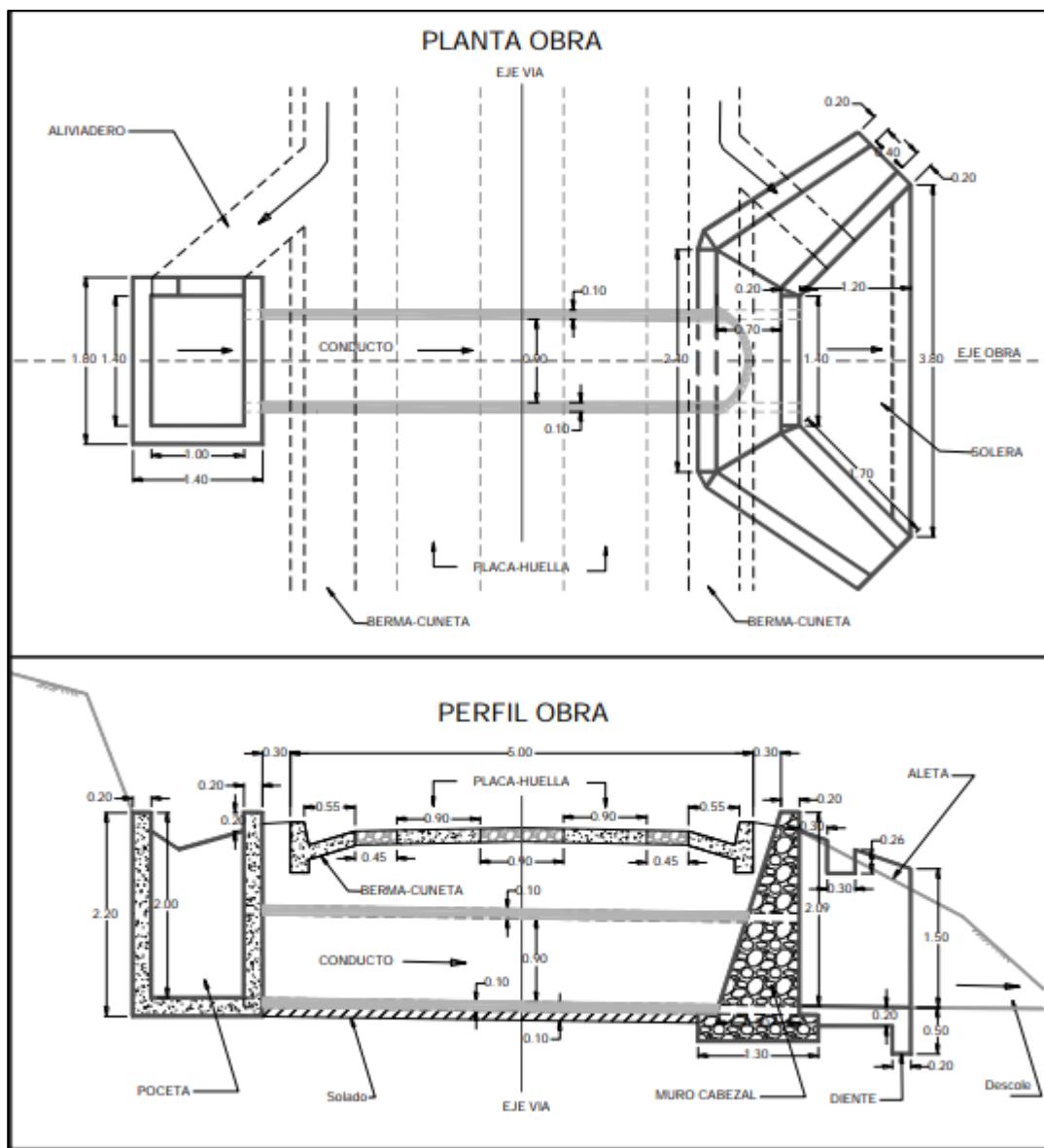


Figura 89. Diseño estructural en planta y perfil del box culvert.

Fuente Autores.

Según la guía de pavimento con placa huella de INVIAS 2017, el box culvert se debe diseñar y construir como esta especificado en la **Figura 89**. (INVIAS, 2017)

Cuadro 46. Apu sub-base (incluye transporte a una distancia menor de 5 km).

SUB-BASE					
I. Equipo					
Descripcion	Unidad	Tarifa	Rendimiento	Valor unit	
MOTONIVELADORA 120 HP	H	143.100,00	0,800	\$ 114.480,00	
VIBROCOMPACTADOR 8 TO	H	10.733,00	0,800	\$ 8.586,40	
CARROTANQUE DE AGUA 10000 LITROS	H	102.600,00	0,800	\$ 82.080,00	
			Sub Total	\$ 205.146,40	
II. Material en obra					
Descripcion	Unidad	precio unit	cantidad	Valor unit	
sub-base	m3	33,000	900	\$ 29.700,00	
			Sub Total	\$ 29.700,00	
III. Transporte					
Material	Vol-peso ó cant	Distancia	m3-km	Tarifa	Valor Unit
sub base	1300	5	6500	12,7	82550
				Sub total	\$ 82.550,00
IV. Mano de obra					
Trabajador	Jornada	Prestacion	Jonada totla	Rendimiento	Valor Unit
Ayudante (2)	63,945	220,00%	140,679	6,400	21,98109375
				Sub toal	\$ 21,98
				Total costo directo	\$ 317.418,38

Fuente autores.

Cuadro 47. Apu concretos clase d, f'c =3000 psi.

CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi					
I. Equipo					
Descripcion	Unidad	Tarifa	Rendimiento	Valor unit	
VIBRADOR PARA CONCRETO	D	59.625,00	0,500	\$	29.812,50
FORMALETAS	M3	11.578,00	0,800	\$	9.262,40
HERRAMIENTAS	GL	5.872,78	1,000	\$	5.872,78
			Sub Total	\$	44.947,68
II. Material en obra					
Descripcion	Unidad	precio unit	cantidad	Valor unit	
concreto de 3000 psi	m3	342683,000	1,01		346109,83
			Sub Total	\$	346.109,83
III. Transporte					
Material	Vol-peso ó cant	Distancia	m3-km	Tarifa	Valor Unit
				Sub total	\$ -
IV. Mano de obra					
Trabajador	Jornada	Prestacion	Jonada totla	Rendimiento	Valor Unit
Oficial (2)	36,396	220,00%	212,0712	4,500	47,13
Ayudante (4)	127,872	220,00%	281,3184	4,000	70,3296
				Sub total	\$ 117,46
				Total costo directo	\$ 391.174,97

Fuente autores.

Cuadro 48. Apu concreto ciclópeo de 3000 psi 40% rajón para bases.

CONCRETO CICLÓPEO DE 3000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES					
I. Equipo					
Descripcion	Unidad	Tarifa	Rendimiento	Valor unit	
VIBRADOR PARA CONCRETO	D	59.625,00	0,500	\$ 29.812,50	
FORMALETA	M3	11.578,00	0,800	\$ 9.262,40	
HERRAMIENTAS	GL	5.872,78	1,000	\$ 5.872,78	
			Sub Total	\$ 44.947,68	
II. Material en obra					
Descripcion	Unidad	precio unit	cantidad	Valor unit	
concreto de 3000 psi	m3	342683,000	0,6	205609,8	
rajon	m3	30000	0,4	12000	
			Sub Total	\$ 217.609,80	
III. Transporte					
Material	Vol-peso ó cant	Distancia	m3-km	Tarifa	Valor Unit
				Sub total	\$ -
IV. Mano de obra					
Trabajador	Jornada	Prestacion	Jonada totla	Rendimiento	Valor Unit
Oficial (3)	144,594	220,00%	318,1068	4,500	70,69
Ayudante (6)	191,808	220,00%	421,9776	4,000	105,4944
				Sub total	\$ 176,18
				Total costo directo	\$ 262.733,66

Fuente autores.

Cuadro 51. Apu suministro figurado y armado de acero de refuerzo 1/4".

SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 1/4"					
I. Equipo					
Descripcion	Unidad	Tarifa	Rendimiento	Valor unit	
Herramientas menores	GL	27,56	1	27,56	
			Sub Total	27,56	
II. Material en obra					
Descripcion	Unidad	precio unit	cantidad	Valor unit	
varilla corrugada de 1/4"	kg	170	9875	1678750	
alambre negro No. 18	kg	3,79	0,03	0,1137	
segueta	Unidad	4,639	0,5	2,3195	
			Sub Total	\$ 1.678.752,43	
III. Transporte					
Material	Vol-peso ó cant	Distancia	m3-km	Tarifa	Valor Unit
				Sub total	\$ -
IV. Mano de obra					
Trabajador	Jornada	Prestacion	Jonada totla	Rendimiento	Valor Unit
Mano de obra AA	80,165	220,00%	176,363	320,000	531,13
				Sub total	\$ 531,13
				Total costo directo	\$ 1.679.311,12

Fuente autores.

Excavaciones curvas verticales					
I. Equipo					
Descripcion	Unidad	Tarifa	Rendimiento	Valor unit	
retro excavadora	hr	24150	0.1	2415	
vlqueta de 5 m3	hr	8050	0.1	805	
			Sub Total	3220	
II. Material en obra					
Descripcion	Unidad	precio unit	cantidad	Valor unit	
			Sub Total	\$ -	
III. Transporte					
Material	Vol-peso ó cant	Distancia	m3-km	Tarifa	Valor Unit
material excavado	1300	5	6500	1.27	8255
				Sub toal	\$ 8,255.00
IV. Mano de obra					
Trabajador	Jornada	Prestacion	Jonada totla	Rendimiento	Valor Unit
operario	80	220.00%	176	200.000	35200
				Sub toal	\$ 35,200.00
				Total costo directo	\$ 46,675.00

Fuente: Autores

RELLENO PARA CURVAS VERTICALES					
I. Equipo					
Descripcion	Unidad	Tarifa	Rendimiento	Valor unit	
MOTONIVELADORA 120 HP	H	143,100.00	0.800	\$ 114,480.00	
VIBROCOMPACTADOR 8 TO	H	10,733.00	0.800	\$ 8,586.40	
CARROTANQUE DE AGUA 10000 LITROS	H	102,600.00	0.800	\$ 82,080.00	
				Sub Total	\$ 205,146.40
II. Material en obra					
Descripcion	Unidad	precio unit	cantidad	Valor unit	
sub-base	m3	33.000	500	\$ 16,500.00	
				Sub Total	\$ 16,500.00
III. Transporte					
Material	Vol-peso ó cant	Distancia	m3-km	Tarifa	Valor Unit
RECEBO	1300	5	6500	12.7	82550
				Sub total	\$ 82,550.00
IV. Mano de obra					
Trabajador	Jornada	Prestacion	Jonada totla	Rendimiento	Valor Unit
Ayudante (2)	63.945	220.00%	140.679	6.400	21.98109375
				Sub total	\$ 21.98
				Total costo directo	\$ 304,218.38

Fuente: Autores

12. CONCLUSIONES

❖ Este diseño es de gran importancia y de gran impacto en la zona del alto magdalena porque genera un gran desarrollo socio, político-económico entre las cabeceras o municipios con las veredas que cuenten con este diseño e implementen este pavimento tipo Placa-Huella para facilitar el acceso y la transittabilidad para los usuarios que circulen por estas vías.

❖ Por otro lado, este proyecto beneficiara a la comunidad que se encuentra en las veredas. Puesto que se va a realizar un desarrollo a través de las vías para cubrir las necesidades básicas como la alimentación, educación, seguridad, transporte y demás servicios y beneficios que se generan al implementar este diseño.

❖ Este diseño constituye una solución para vías terciarias de carácter veredal que presentan un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día siendo los automóviles, los camperos y las motocicletas el mayor componente del flujo vehicular.

❖ El presente trabajo de investigación se logra demostrar en el **Capítulo de Análisis de Subrrasante** que las características físico-mecánicas del suelo soporte de la vía son de buenas condiciones, el tipo de suelo según sistema de clasificación de suelos según la AASHTO es un suelo arcillo limoso de baja plasticidad Tipo A-4, con un CBR del 5% según la relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR-INVIAS.

❖ Por otro lado, en el **Capítulo de Diseño Geométrico** se precisa que la vía cuenta con los aspectos más importantes al momento de transitar en ella los cuales se obtienen de un diseño simple y uniforme. Este diseño cuenta con parámetros de seguridad, Comodidad y funcionalidad, donde se obtiene 9 curvas circulares, una pendiente máxima del 11% donde su clasificación es de baja inclinación y una velocidad de diseño entre 20 Km/h y 30 Km/h, seguido a esto en el **Capítulo de Diseño de la vía** se puntualiza los 19 tramos con su respectivo diseño y la forma de construir la placa huella in Situ sin olvidar los parámetros de seguridad, comodidad y funcionalidad.

❖ Para el **Capítulo de Obras de drenaje** se identifica en el perfil vertical de la vía las pendientes de 0% para la ubicación de las obras de drenaje en este caso box coulvert en la vía Girardot-Nariño vereda agua blanca.

❖ Finalmente, en el **capítulo de Presupuesto de la placa huella** se calcula el costo total de la placa huella en un kilómetro de vía, sin realizar trabajos del corte y de relleno ya que la vía se encuentra en buenas condiciones con una capa de material de afirmado de espesor variable.

13. RECOMENDACIONES.

Una de las recomendaciones generales para el proyecto basada en la cimentación de la obra es **no desestabilizar** la superficie de afirmado existente ya que esta capa tiene un espesor variable que junto con la subbase de 15 cm de espesor van a mejorar el comportamiento de la estructura en la etapa de funcionamiento.

Por otro lado, la guía de diseño de pavimentos con placa-huella solo especifica el despiece del acero en tramos rectos este diseño cuenta con tramos de curvas circulares en donde las medidas de las losas se modifican, la recomendación de los autores es **respetar** los espacios entre el acero y colocar las varillas necesarias dependiendo del ancho y largo modificado.

Finalmente, la última recomendación es **verificar** si el vehículo de diseño es el C-3 por medio de un aforo vehicular, ya que en vías terciarias pueden pasar vehículos como el C-4, estos tipos de vehículos alteran todas las recomendaciones de la guía de diseño de pavimentos con placa-huella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.f.).

Luis A. Montero Cabrera, Universidad de La Habana, Cuba. (2002). *karin.fq.uh.cu*. Obtenido de *karin.fq.uh.cu*: http://karin.fq.uh.cu/fqt/fqt_archivos/efectfotoel.pdf

Agudelo Ospina, J. J. (2002). *Diseño Geometrico De Vias*. Medellin. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>

América, G. d. (s.f.). <http://www.usgbc.org>. Obtenido de <http://www.usgbc.org/leed>

Arellano , D. F. (2015). *Rehabilitacion de vias terciarias con el sistema de placa huella*. Bogota, Colombia .

ARELLANO, D. F. (2015). REHABILITACIÓN DE VIAS TERCIARIAS CON EL SISTEMA DE PLACA HUELLA. Obtenido de <http://unimilitar-dspace.metabiblioteca.org/bitstream/10654/13145/1/INGENIERIA%20DE%20PAVIMENTOS%20REHABILITACI%C3%93N%20DE%20VIAS%20TERCIARIAS%20CON%20EL%20SISTEMA%20PLACA%20HUELLA.pdf>

Arias, K. J., Padilla, D. M., & Arias, D. G. (2015). *Diseño y prototipo a escala de una vivienda Ecosostenible*. Giradot.

astrojem.com. (2007). Obtenido de astrojem.com: <http://astrojem.com/teorias/modelobohr.html>

Bacca Arciniegas, H. (2015). Seguimiento a la aplicabilidad del diseño de placa huella sugerido por INVIAS para vias terciarias. Bogota D.C., Colombia. Obtenido de <http://unimilitar-dspace.metabiblioteca.org/bitstream/10654/13134/1/Articulo%20Especializaci%c3%b3n%20-%20Henry%20Bacca.pdf>

Bogotá, A. (s.f.). *www.alcaldiabogota.gov.co*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45265>

Bogotá, A. (s.f.). *www.alcaldiabogota.gov.co*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45265>

Bogotá, A. (s.f.). *www.alcaldiabogota.gov.co*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37533>

Bogotá, A. (s.f.). *www.alcaldiabogota.gov.co*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38262>

Camacol. (s.f.). *www.camacol.co*. Obtenido de <http://camacol.co/juridico/proyecto-de-ley-senado-nacional-09-de-2012>

Colombia, E. C. (19 de 12 de 2003). © *Propiedad de la Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.* Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=11032>

Colombia, E. C. (13 de Mayo de 2014). *LEY 1715*. Obtenido de <https://www.fcm.org.co/ActualidadNormativaYJurisprudencia/boletin-juridico-municipal/Documents/ley%201715%20de%202014.pdf>

Contreras Gonzalez , F. A., & Muñoz Hernandez , J. C. (2015). Placa huellas para red terciaria un acercamiento para el diseño y construccion. Bogota . Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4974/1/ContrerasGonzalezFelixAndr%C3%A9s2015.pdf>

CORONEL, J. M. (15 de Mayo de 2011). *Universidad Javeriana* . Obtenido de <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/10628/1/JuradoCoronelJoseManuel2011.pdf>

Coronel, J. M. (24 de 08 de 2012). *www.javeriana.edu.co/*. Obtenido de

<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/10628/1/JuradoCoronelJoseManuel2011.pdf>

Council, G. B. (2008). Informe World GBC (Green Building Council).

Erasmusu. (s.f.). *http://erasmusu.com*. Obtenido de <http://erasmusu.com/es/erasmus-friburgo-de-brisgovia/foro-erasmus/ven-a-freiburg-y-visita-vauban-el-barrio-autosostenible-alojamiento-general-curiosidades-viajes-ocio-36173?p=0>

etitudela.com. (2007). Obtenido de *etitudela.com*:

<http://www.etitudela.com/Electrotecnia/electronica/01d56993840f26d07/01d56994e30f40632/>

fagro.edu.uy. (2007). Obtenido de *fagro.edu.uy*: <http://www.fagro.edu.uy/~agromet/curso/1-2/TeoRadiacion.pdf>

Garcia Montes, C. A. (21 de 10 de 2017). Guia de dieño de pavimentos con Placa-Huella.

Colombia. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella>

huella, P. (12 de 05 de 2015). *1,3 kilómetros de placas huellas fueron construidos en Betulia*. (M.

Almario Chavez, Ed.) Santander, Colombia. Obtenido de

<http://www.vanguardia.com/santander/barrancabermeja/311139-13-kilometros-de-placas-huellas-fueron-construidos-en-betulia>

imga.mitula.net/huehuetoca_casas_ecovivienda. (s.f.). Obtenido de

http://imganuncios.mitula.net/huehuetoca_casas_ecovivienda

Ing. Arturo Borfitz, I. D. (2008). TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 3a. Obtenido

de ing.unne.edu.ar/pub/Geotecnia/2k8-04-10/13-pcs.pdf

INVIAS. (2017). DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS. Obtenido de

ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-125-07.pdf

INVIAS. (2017). Guia de pavimentos con placa huella. *Guia de pavimentos con placa huella*.

Obtenido de [file:///D:/user/Downloads/Guia-de-Diseno-de-Pavimentos-con-Placa-huella%20\(1\).pdf](file:///D:/user/Downloads/Guia-de-Diseno-de-Pavimentos-con-Placa-huella%20(1).pdf)

INVIAS. (s.f.). INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE

INGENIERIA. *INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE*

INGENIERIA. Obtenido de

ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-101-07.pdf

MACHALA, U. T. (2014). DEFINICIONES FISICAS Y QUIMICAS.

Palacio Mejia, T. (19 de 03 de 2018). Placa Huella sin Riostra. Quindio. Obtenido de

<https://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-adjudicaron-proyecto-de-placa-huella-aprobado-por-el-ocad-nota-118863>

Placa Huella. (24 de 03 de 2018). *Millonaria inversión para placa huella en Oporapa*. Huila.

Obtenido de <https://diariodelhuila.com/millonaria-inversion-para-placa-huella-en-oporapa>

Segura , G. (2011). Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba. Obtenido

de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0256-70242011000200006

tiempo, E. (s.f.). *www.eltiempo.com*. Obtenido de

(<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13342515>)

Vias terciarias. (19 de 03 de 2018). *57 mil millones la inversión social de Garzón, en el 2017.*

Quindío. Obtenido de <https://www.diariodelhuila.com/-57-mil-millones-la-inversion-social-de-garzon-en-el-2017>

vias, I. n. (2013). Pavimentos de concreto hidraulico. 1-73. Obtenido de

<http://giv.com.co/invias2013/500%20PAVIMENTO%20DE%20CONCRETO%20HIDRAULICO.pdf>

Vias, I. N., D’Pablo Ramírez, L. R., Valencia Escobar, C. A., & Montejo Fonseca, A. (2015).

Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella. Obtenido de

<file:///C:/Users/Camilo%20Navas/Downloads/Guia-de-Diseno-de-Pavimentos-con-Placa-huella.pdf>

ANEXO A. VÍA EL ARBOLITO.

ANEXO B. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE.

ANEXO C. MEMORIA DE CÁLCULO DE ACERO LOSAS.

ANEXO D. MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.

ANEXO E. MEMORIA DE CÁLCULO DEL CONCRETO.

ANEXO F. MEMORIA DE CÁLCULO APU Y PRESUPUESTO.

ANEXO G. MEMORIA DE CÁLCULO DE BOX COULVERT.

ANEXO H. GUÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS CON PLACA-HUELLA.

