



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**DISEÑO GEOMETRICO DE 5.6 KM Y DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL  
TRAMO DE CARRETERA COMUNIDAD SAN LUIS A LA COMUNIDAD  
OCOTILLO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LIMAY.**

**Monografía**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

Br. Norman Alberto Peralta García.

Br. Darwin Isaí Herrera Moran.

Br. César Ariel Parrilla Talavera.

**Tutor**

**Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero**

Managua, marzo 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Managua 14 de marzo de 2020

**Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba**

Decano FTC

Su despacho.

Estimado Decano:

Por medio de la presente me dirijo a usted para comunicarle que en calidad de tutora de los bachilleres, Norman Alberto Peralta Garcia, Darwin Isaí Herrera Moran, Cesar Ariel Parrilla Talavera, para la elaboración del trabajo monográfico titulado “**DISEÑO GEOMETRICO DE 5.6 KM Y DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL TRAMO DE CARRETERA COMUNIDAD SAN LUIS A LA COMUNIDAD OCOTILLO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LIMAY**”, como requisito para optar al título de Ingeniero Civil, he cumplido con el cometido que me asignó esta decanatura.

Habiendo revisado cuidadosamente el documento final considero que el trabajo cumple satisfactoriamente con los objetivos planteados y reúne los méritos necesarios para su presentación y pre-defensa de conformidad con el Reglamento del Régimen Académico Vigente.

Esperando a ver cumplido satisfactoriamente con la misión encomendada, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente.

---

Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero.

Tutor.

## *DEDICATORIA*

*El presente trabajo investigativo va dedicado a Dios, quien como guía ha estado presente en el transcurso de nuestra vida, bendiciéndonos y brindándonos las fuerzas necesarias para poder cumplir nuestras metas.*

*A nuestros padres quienes se han sacrificado y lo han dado todo al apoyarnos y velar de nuestro bienestar y que gracias a sus consejos y regaños hemos logrado salir adelante y cumplir una de nuestras metas.*

*Br. Cesar Ariel Parrilla Talavera.*

*Br. Darwin Isai Herrera Moran.*

*Br. Norman Alberto Peralta Garcia.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecemos primeramente a Dios por darnos vida, salud, fortaleza y sabiduría para poder culminar nuestro trabajo investigativo, por ser quien nos guía en nuestro diario vivir.*

*A nuestros padres quienes con amor, paciencia y esfuerzos nos han ayudado a cumplir hoy un sueño más, por sus consejos, enseñarnos a nunca darnos por vencidos, por animarnos y motivarnos a seguir adelante a pesar de que la vida se torne difícil.*

*A nuestros hermanos por estar presentes y apoyarnos en nuestras necesidades a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. A nuestros familiares por sus oraciones y apoyo en momentos de necesidades y a todos nuestros amigos y futuros colegas que nos ayudaron de una manera desinteresada cuando acudimos a ellos.*

*A nuestro tutor por habernos guiado en el proceso y elaboración de nuestro trabajo de titulación y nuestros docentes que, con su sabidurías, conocimientos, apoyo y enseñanzas nos motivaron a desarrollarnos como personas profesionales, agradecemos en especial al Msc. Ing. Juan Leonardo Chow que con su tiempo y dedicación nos ayudó en la elaboración de nuestro trabajo investigativo.*

*Br. Cesar Ariel Parrilla Talavera.*

*Br. Darwin Isaí Herrera Moran.*

*Br. Norman Alberto Peralta García.*

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En el presente estudio del diseño geométrico de 5.6 km y de pavimento articulado del tramo de carretera comunidad San Luis a la comunidad Ocotillo del municipio de San Juan de Limay muestra la información básica y los criterios que se ocupan para el diseño de la estructura de pavimento articulado (Adoquín) aplicando el método AASHTO-93, en dicho trabajo se presenta en ocho capítulos, que se describen a continuación.

**Capítulo I ASPECTO GENERALES:** Este capítulo aborda las generalidades del tema, tales como: introducción, antecedentes, justificación y objetivos.

**Capítulo II ESTUDIO TOPOGRAFICO Y DISEÑO GEOMETRICO:** Mediante los estudios topográficos en formato digital brindados por la alcaldía de San Juan de Limay Se analizarán las características del terreno con el propósito de proponer la subrasante, pendientes, radios de giros, curvas verticales, entre otras. Finalizando con la confección de los planos constructivos.

**Capítulo III ESTUDIO DE DRENAJE:** Este capítulo comprende el estudio hidrotécnico del tramo de carretera San Luis – Ocotillo, el cual se retoma para el diseño hidráulico de los sistemas de drenaje menor y longitudinal, que sean necesarios en el tramo de estudio.

**Capítulo IV ESTUDIO DE SUELO:** En este se muestra la información proporcionada por la alcaldía de San Juan de Limay sobre el estudio de suelo del tramo en estudio. En este se analizaron las características físico-mecánicas del suelo, el cuál será la base fundamental para el diseño de los espesores de pavimento.

**Capítulo V ESTUDIO DE TRÁNSITO:** En este capítulo se muestra el aforo vehicular con la finalidad de determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), necesario para determinar las cargas vehiculares a las cuales estará sometido el tramo.

**Capítulo VI DISEÑO DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO:**

En este se presenta el diseño de los espesores de la estructura de pavimento haciendo uso del método AASHTO 93.

**Capitulo VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:** En este capítulo se muestran las conclusiones y recomendaciones de los 6 objetivos planteados en el presente estudio.

## Contenido

### CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción .....	1
1.2. Antecedentes .....	4
1.3. Justificación .....	5
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. Objetivos General.....	6
1.4.2. Objetivo Específico.....	6

### CAPÍTULO II. ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y DISEÑO GEOMÉTRICO

2.1. Estudio topográfico .....	7
2.1.1. Levantamiento topográfico.....	7
2.1.2. Proceso de medición de la altiplanimetría del seccionamiento del camino.....	8
2.1.3. Elaboración de planos .....	9
2.2. Diseño geométrico .....	12
2.2.1. Metodología.....	12
2.2.2. Parámetros de diseño .....	14
2.2.2.1. Clasificación de la carretera.....	14
2.2.2.2. Vehículo de diseño .....	15
2.2.2.3. Velocidad de diseño.....	17
2.2.2.4. Distancia de visibilidad de parada.....	18
2.2.2.5. Distancia de visibilidad de rebase.....	20
2.2.2.6. Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobreelevación ó peralte.....	21
2.2.2.7. Factor de fricción lateral.....	22
2.2.2.8. Sobreelevación o peralte .....	22
2.2.2.9. Ancho de carril .....	23

2.2.2.10. Pendiente transversal .....	24
2.2.2.11. Pendiente longitudinal mínima .....	24
2.2.2.12. Pendiente longitudinal máxima .....	24
2.2.3. Alineamiento horizontal .....	26
2.2.3.1. Cálculos empleados en el diseño de curvas circulares.....	26
2.2.3.2. Desarrollo del peralte.....	29
2.2.3.3. Diseño de Sobre Ancho .....	29
2.2.4. Alineamiento vertical .....	30
2.2.4.1. Diseño de Curvas Verticales en Crestas o Convexas.....	30
2.2.4.2. Diseños de Curvas en Columpios o Cóncavas .....	33
2.2.4.3. Criterios para el diseño del alineamiento vertical.....	35
2.2.5. Resumen de los criterios de diseños.....	37
2.2.6. Ancho de cuneta.....	38
2.2.7. Resumen .....	40

### **CAPÍTULO III. ESTUDIO DE DRENAJE**

3.1. Introducción .....	41
3.2. Metodología .....	41
3.2.1. Etapa de campo .....	41
3.2.2. Etapa de gabinete .....	42
3.2.3. Diseño hidráulico de las alcantarillas.....	42
3.3. Resultados del estudio de drenaje.....	43
3.3.1. Estudio hidrológico .....	43
3.3.2. Diseño de alcantarillas .....	47

### **CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SUELO**

4.1. Introducción .....	50
4.2. Metodología del estudio de suelo .....	50
4.2.1. Etapa de campo .....	50



4.2.2.	Etapa de laboratorio .....	51
4.2.3.	Granulometría.....	51
4.3.	Resultados de los ensayos sobre la línea.....	52
4.3.1.	Estratigrafía del suelo.....	53
4.3.2.	Identificación de la sub rasante .....	54
4.3.3.	Ensayo CBR.....	55
4.3.4.	Determinación del CBR de diseño.....	57
4.4.	Sondeos del banco de material.....	59
4.4.1.	Resultados en bancos de préstamo .....	60

## **CAPÍTULO V. ESTUDIO DE TRÁNSITO**

5.1.	Introducción .....	65
5.2.	Metodología .....	65
5.2.1.	Recopilación de Datos.....	65
5.2.2.	Procesamiento y análisis de la información.....	66
5.3.	Resultado de los conteos vehiculares.....	66
5.3.1.	Determinación del tránsito Promedio Diurno (TPDiS) .....	66
5.3.2.	Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) .....	68
5.3.3.	Clasificación vehicular promedio .....	72
5.3.4.	Tasa de Crecimiento .....	72
5.3.5.	Determinación de la tasa de crecimiento del Producto Interno bruto	73
5.3.6.	Tasa de crecimiento vehicular .....	74
5.3.7.	Tasa de Crecimiento Poblacional.....	75
5.3.8.	Análisis de tasas de crecimiento .....	76
5.4.	Proyección del tránsito.....	77
5.4.1.	Periodo de Diseño (n).....	77

5.4.2.	Factor de crecimiento (fc).....	78
5.4.3.	Proyección del tránsito (TD) .....	78
5.4.4.	Factor de distribución por dirección (FD).....	79
5.4.5.	Factor de distribución por carril (Fc) .....	80
5.4.6.	Estimación del tránsito de diseño .....	80
5.5.	Cálculo de ejes equivalentes (ESAL o W15).....	81

## **CAPÍTULO VI. DISEÑO DE ESPEORES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

6.1.	Estructura de pavimento .....	83
6.2.	Metodología .....	83
6.3.	Diseño de estructura de pavimento .....	83
6.3.1.	Carga de ejes simples equivalentes (ESAL) .....	84
6.4.	CBR .....	84
6.4.1.	CBR de diseño .....	84
6.4.2.	CBR de banco de préstamo para base y sub-base .....	85
6.5.	Módulo de Resiliencia (MR) .....	85
6.5.1.	Confiabilidad (R).....	86
6.5.2.	Desviación estándar (So) .....	86
6.5.3.	Serviciabilidad (Po, Pt) .....	87
6.5.4.	Pérdida de Servicios .....	88
6.5.5.	Coeficiente de Drenaje (m).....	88
6.5.6.	Coeficiente de capa (an) .....	89
6.6.	Número Estructural .....	92
6.7.	Calculo de espesores.....	93
6.8.	Cálculo del espesor de la base (D2) y Sub-base (D3) .....	95
6.8.1.	Espesores finales de Diseño .....	96

## **CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1. Conclusión .....	98
7.2. Recomendaciones .....	99
7.3. Bibliografía .....	100
<b>ANEXOS .....</b>	<b>I</b>

<b>Tabla N° 1: Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales ..</b>	<b>15</b>
<b>Tabla N° 2: Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño (metros).....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla N° 3: Dimensionamiento de los Vehículos de Diseño (metros).....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla N° 4: Velocidades de diseño en kilómetros por hora, en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla N° 5: Distancias de visibilidad en terreno plano .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla N° 6: Distancias Mínimas de Diseño para Carreteras Rurales de dos Carriles, en metros.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla N° 7: Parámetros Básicos .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla N° 8: Coeficientes de Fricción Lateral .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla N° 9: Valores de sobreelevación en porcentaje, en función de la topografía del terreno .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla N° 10 : Pendientes Máximas y Mínimas por Tipo de Carreteras.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla N° 11: Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño, usando valores límites de “e” y “f”. .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla N° 12: Controles de Diseño de Cuevas Verticales en Crestas Basados en la Distancias de Visibilidad y de Adelantamiento. ....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla N° 13: Controles de Diseño de Curvas Verticales en Columpio Basados en la Distancia de Visibilidad de Parada, DVP.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla N° 14: Resumen de los criterios de diseños .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla N° 15: Normas de diseño a adoptar en el proyecto .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla N° 16: Coeficiente de escorrentía por cada microcuenca .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla N° 17: Intensidad duración de la precipitación.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla N° 18: Tiempo de concentración por microcuencas .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla N° 19: Intensidad de precipitación .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla N° 20: Caudales por microcuencas.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla N° 21: Dimensionamiento de las alcantarillas.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla N° 22: diámetro teórico.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla N° 23: Muestra de Ensayos .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla N° 24: Clasificación de suelo (0-25cm) .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla N° 25: Clasificación de suelo (25-150cm) .....</b>	<b>53</b>

<b>Tabla N° 26: Característica Física de los Suelos</b> .....	54
<b>Tabla N° 27: Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub-rasante</b> .....	55
<b>Tabla N° 28: Valores de CBR de los suelos encontrados (0-25 cm)</b> .....	56
<b>Tabla N° 29: Valores de CBR de los suelos encontrados (25-150 cm)</b> .....	56
<b>Tabla N° 30: Criterio del instituto de asfalto para determinar el CBR de diseño.</b> .....	57
<b>Tabla N° 31: Cálculo para determinar el CBR de diseño</b> .....	58
<b>Tabla N° 32: Pruebas de Normativa/Ensayos</b> .....	59
<b>Tabla N° 33: Se detalla la ubicación del banco y el volumen estimado de explotación de materiales para préstamo.</b> .....	60
<b>Tabla N° 34: Granulometría del banco finca el murciégalo</b> .....	62
<b>Tabla N° 35: Propiedades físico- mecánicas del banco de material</b> .....	62
<b>Tabla N° 36: Dosificaciones de la mezcla de suelo/cemento</b> .....	64
<b>Tabla N° 37: Tránsito Promedio Diurno de (12 horas) del lunes 06 a domingo, 12 de junio del año 2019</b> .....	67
<b>Tabla N° 38: Factores de ajustes de la estación 1802 San Marco – Masatepe</b> .....	69
<b>Tabla N° 39: Resultados obtenidos del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA - 2019) aplicando los Factores de ajustes.</b> .....	71
<b>Tabla N° 40: Evaluación histórica del PIB</b> .....	73
<b>Tabla N° 41: Tasa Anual de Crecimiento (TAC) y tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) por estación.</b> .....	74
<b>Tabla N° 42: Tasa de crecimiento poblacional</b> .....	76
<b>Tabla N° 43: Promedio del PIB, TPDA Y POB</b> .....	76
<b>Tabla N° 44: Periodo de diseño según tipo de carretera</b> .....	77
<b>Tabla N° 45: Proyección de tránsito.</b> .....	79
<b>Tabla N° 46: Factor de distribución por dirección</b> .....	79
<b>Tabla N° 47: Factor de distribución por carril.</b> .....	80
<b>Tabla N° 48: Tránsito de diseño</b> .....	81
<b>Tabla N° 49: Cálculo ESAL.</b> .....	82

<b>Tabla N° 50: Ecuaciones para estimar el módulo de resiliencia .....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N° 51: Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera... 86</b>	<b>86</b>
<b>Tabla N° 52 Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio .....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla N° 53: Factores de Serviciabilidad. ....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 54: Porcentaje del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación. ....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla N° 55: Datos a utilizar .....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla N° 56: Espesores mínimos sugeridos.....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla N° 57: Espesores finales de diseño .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla N° 58: Bm's del tramo de estudio .....</b>	<b>I</b>
<b>Tabla N° 59: Estación meteorológica de Condega.....</b>	<b>LVIII</b>
<b>Tabla N° 60: Coeficiente de escorrentía .....</b>	<b>LX</b>
<b>Tabla N° 61: Matriz de ensayo.....</b>	<b>LXVIII</b>
<b>Tabla N° 62: Formato de aforo vehicular .....</b>	<b>LXXVIII</b>
<b>Tabla N° 63: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, pt = 2,0 .....</b>	<b>LXXIX</b>
<b>Tabla N° 64: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, pt = 2,0 .....</b>	<b>LXXX</b>
<b>Tabla N° 65: Diagrama de cargas permisibles.....</b>	<b>LXXXI</b>
<b>Tabla N° 66: Requisitos para Sub-Base de NIC-2000.....</b>	<b>LXXXII</b>
<b>Tabla N° 67: Requisitos para Base de NIC-2000.....</b>	<b>LXXXII</b>

<b>Ilustración N° 1: Macro localización del departamento de Esteli – Municipio de San Juan de Limay.....</b>	<b>2</b>
<b>Ilustración N° 2: Micro localización San Juan de Limay, comunidades San Luis - Ocotillo.....</b>	<b>3</b>
<b>Ilustración N° 3: Bosquejo de planta del estacionamiento 10+965 - 11+144 ...</b>	<b>9</b>
<b>Ilustración N° 4: Perfil del estacionamiento 11+000 - 11+110. ....</b>	<b>10</b>
<b>Ilustración N° 5: Secciones 11+000 - 11+040.....</b>	<b>11</b>
<b>Ilustración N° 6: Vehículo de diseño .....</b>	<b>16</b>
<b>Ilustración N° 7: Distancia de visibilidad de parada .....</b>	<b>20</b>
<b>Ilustración N° 8: Detalle de Cuneta.....</b>	<b>38</b>
<b>Ilustración N° 9: Detalle de bordillos.....</b>	<b>39</b>
<b>Ilustración N° 10: Mapa de ubicación del banco de préstamo .....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 11: Factores de expansión de la estación de corta dirección 3207 El regadío - Los encuentros (san Juan Limay).....</b>	<b>68</b>
<b>Ilustración N° 12: Estructura de Pavimento Articulado.....</b>	<b>89</b>
<b>Ilustración N° 13: Diagrama de cargas permisibles aplicadas en los puntos de control.....</b>	<b>LXXXI</b>

<b>Gráfico N° 1: Intensidad de la precipitación .....</b>	<b>45</b>
<b>Gráfico N° 2: Columna estratigráfica de la estación 11+000 a la 11+300 .....</b>	<b>55</b>
<b>Gráfico N° 3: Sección del CBR de diseño .....</b>	<b>58</b>
<b>Gráfico N° 4: Clasificación vehicular promedio. ....</b>	<b>72</b>



# **CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES**



## **1.1. Introducción**

En Nicaragua el acceso vial es de mucha importancia para el desarrollo social y económico. La mejora de la accesibilidad ayuda al crecimiento de los sectores productivos en pro al desarrollo socioeconómico de Nicaragua.

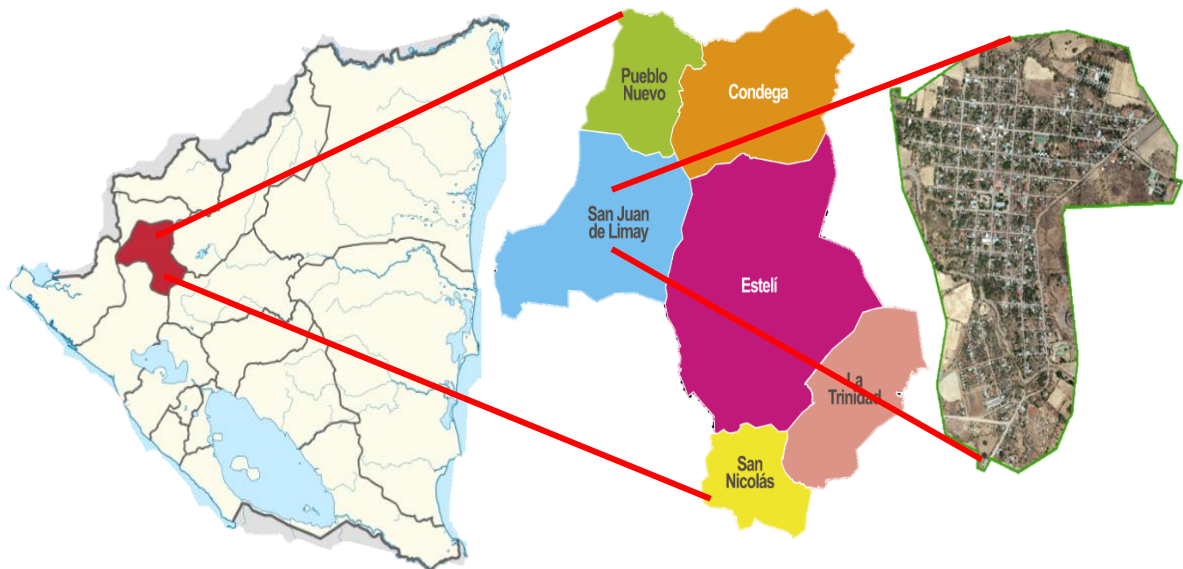
Se pretende mejorar las condiciones actuales de esta vía, transformando su condición actual, en una estructura pavimentada (adoquín) que permita una cómoda circulación vehicular en todo tiempo, de esta manera se estará promoviendo el desarrollo socioeconómico del país, dotando al sector productivo del municipio, de una infraestructura vial adecuada, que permita el desarrollo comercial y el acceso a los mercados regionales.

Con el plan impulsado por la alcaldía municipal se logrará a un corto plazo, satisfacer las necesidades de transporte en las comunidades del municipio de San Juan de Limay, especialmente la comunidad de San Luis – Ocotillo, propiciando mejores condiciones para la comercialización y el desarrollo socioeconómico.

### Generalidades del sitio

El municipio de San Juan de Limay se encuentra a 195 Km al Norte de Managua, a 48 Km Noroeste de la cabecera departamental de la ciudad de Estelí, su elevación es de 281 msnm, las montañas que lo rodean se elevan hasta 1400 msnm. La población del municipio es aproximadamente de 13,455 habitantes.

### Ilustración N° 1: Macro localización del departamento de Estelí – Municipio de San Juan de Limay.



Fuente: [www.Google.com](http://www.Google.com)

El tramo San Luis – Ocotillo del municipio de Limay está ubicado a 28.5 Km al Noreste de la cabecera municipal, con las siguientes coordenadas: N 13.250627 y W -86.476635, con una altura sobre el nivel del mar de 1165.00m.

**Ilustración N° 2: Micro localización San Juan de Limay, comunidades San Luis - Ocotillo.**



Fuente: Google Earth Pro.

El punto A corresponde al empalme de la comunidad de San Luis con la estación 11+000, el punto B corresponde a la comunidad de Ocotillo con la estación 16+600, los cuales están a una distancia de 5.6 km.

## **1.2. Antecedentes**

El municipio de San Juan de Limay ubicado a 195 Km al Norte de Managua, a 47 Km Noroeste de la cabecera departamental de la ciudad de Estelí, posee una economía altamente deteriorada por las condiciones del contexto actual por la cual desde hace muchos años viene luchando con la reducción de la pobreza a través de la implementación de programas sociales y económicos tales como: programas de viviendas, infraestructura vial, educación, salud, entre otros con el propósito de que el municipio tenga un mejor desarrollo.

Limay es un municipio donde la ganadería y la agricultura es la principal fuente de ingreso de la población, destacándose a demás la artesanía, posee los mejores artesanos para el tallado de piedra marmolina.

En este municipio se encuentran las comunidades de San Luis y Ocotillo, las cuales tienen una economía basada en la ganadería y cultivo de granos básicos que se comercializan en la ciudad de Estelí.

No obstante, desde hace muchos años el tramo de carretera que comunica las comunidades antes mencionadas con la ciudad de Estelí presenta condiciones críticas para el tránsito vehicular, manifestando grandes cárcavas en el camino e inestabilidad en los taludes. El mantenimiento de la carretera es difícil ya que las inundaciones, la caída de rocas, los deslaves y erosión destruyen la frágil red que conecta las comunidades con los principales mercados.

Por ello la alcaldía del municipio de San Juan de Limay ha estado gestionando el mejoramiento del tramo carretero de la comunidad de San Luis a la comunidad Ocotillo el cual consta de 5.6 km. El mejoramiento del tramo mencionado forma parte de un plan municipal que incluye el mejoramiento de 29 km de camino desde la comunidad de El Regadío hasta la comunidad de Tranqueras ubicada a 7 km de San Juan de Limay.

### **1.3. Justificación**

Las comunidades de San Luis y Ocotillo están ubicadas en la ruta de Estelí a San Juan de Limay, la cual esta deteriorada y por tanto limita el acceso a los mercados de la ciudad de Esteli, afectabdo de este modo la economía de las comunidades afectadas.

Por lo anterior la actividad comercial de los productos agropecuarios es afectada por los altos costos de transporte y el tiempo de traslado especialmente de los productos perecederos como los lácteos.

Por tanto, en el marco del plan del mejoramiento vial de la alcaldía municipal de San Juan de Limay se propone el mejoramiento del tramo carretero San Luis – Ocotillo de 5.6 km, el cual forma parte del plan de mejoramiento general que es de 29 km, de la comunidad de El Regadío a la comunidad de Tranquera.

Dada la necesidad del proyecto para los habitantes de la zona, se propone el mejoramiento de la vía antes mencionada con lo que se logrará beneficios tales como: Menor tiempo de viaje, mayor comercialización, seguridad en el transporte de carga, así como menores costos de operación para los transportistas, generando beneficios a los ciudadanos de esta localidad.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivos General**

Diseñar geométrica y estructuralmente con pavimento articulado el tramo de carretera de 5.6 km ubicado entre las comunidades San Luis – Ocotillo, municipio de San Juan de Limay.

### **1.4.2. Objetivo Específico**

- Procesar datos del levantamiento topográfico proporcionados por el Ministerio de Transporte de Infraestructura (MTI) con la finalidad de conocer las características del relieve para realizar el diseño geométrico de la vía.
- Realizar el diseño geométrico del tramo de 5.6 Km de San Luis a Ocotillo usando las normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.
- Realizar estudio de drenaje de carretera San Luis – Ocotillo para proteger el tramo de las escorrentías mediante el diseño de las obras necesarias
- Analizar datos de estudios de suelos realizado por el Ministerio de Transporte de Infraestructura (MTI), para conocer las características del suelo donde se realizará la estructura del pavimento y de los bancos de préstamo.
- Realizar aforo vehicular con la finalidad de determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), necesario para obtener las cargas que soportará la estructura de pavimento.
- Diseñar los espesores de la estructura de pavimento basado en el método AASHTO 93.



# **CAPÍTULO II. ESTUDIO TOPOGRÁFICO Y DISEÑO GEOMÉTRICO.**





## **2.1. Estudio topográfico**

Se deberá utilizar como punto de partida de cualquier levantamiento topográfico a realizar, la red geodésica nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el INETER. El levantamiento topográfico se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por INETER, convenientemente referenciados y protegidos de tal manera que pueda reconstruirse a partir de ellos el levantamiento de campo realizado, presentándose los resultados en coordenadas UTM (INAA, 1985, págs. 2, Cap. 1).

### **2.1.1. Levantamiento topográfico.**

El levantamiento topográfico realizado por el MTI tomó en consideración los pares de puntos Geo-referenciados los cuales se ubicaron en diferentes sitios de la trayectoria del camino, un primer par de puntos se ubicaron al inicio del proyecto, en la margen derecha de la vía en la estación 11+000 y en el margen izquierdo de la estación 16+600.

Posteriormente a cada uno de los pares de puntos se les asignó coordenadas tridimensionales (N (y), E(x), Z (Elevación)) haciendo uso de equipo GPS estacionario de doble frecuencia, desde una de las estaciones de la red geodésica nacional; entre cada par de punto se instalaron mojones de concreto distanciados a cada 150 m uno de otro, con intervisibilidad entre los mojones o puntos hacia adelante y atrás.

De esta manera se inició la medición de poligonales de línea partiendo de uno de los pares de puntos previamente establecidos, asignando de esta forma las coordenadas de manera secuencial a cada uno de los mojones que conforman la línea base.

### **2.1.2. Proceso de medición de la altiplanimetría del seccionamiento del camino.**

Este proceso se refiere a lo que se conoce como el seccionamiento del camino de manera tridimensional; es decir, que cada punto resultante del seccionamiento cuenta con una ubicación de coordenadas planas y su correspondiente elevación, todo referido al sistema de coordenadas UTM zona 16P, DATUM WGS84 como lo establece el INETER.

El Seccionamiento se realizó a partir de los datos tridimensionales de la línea base:

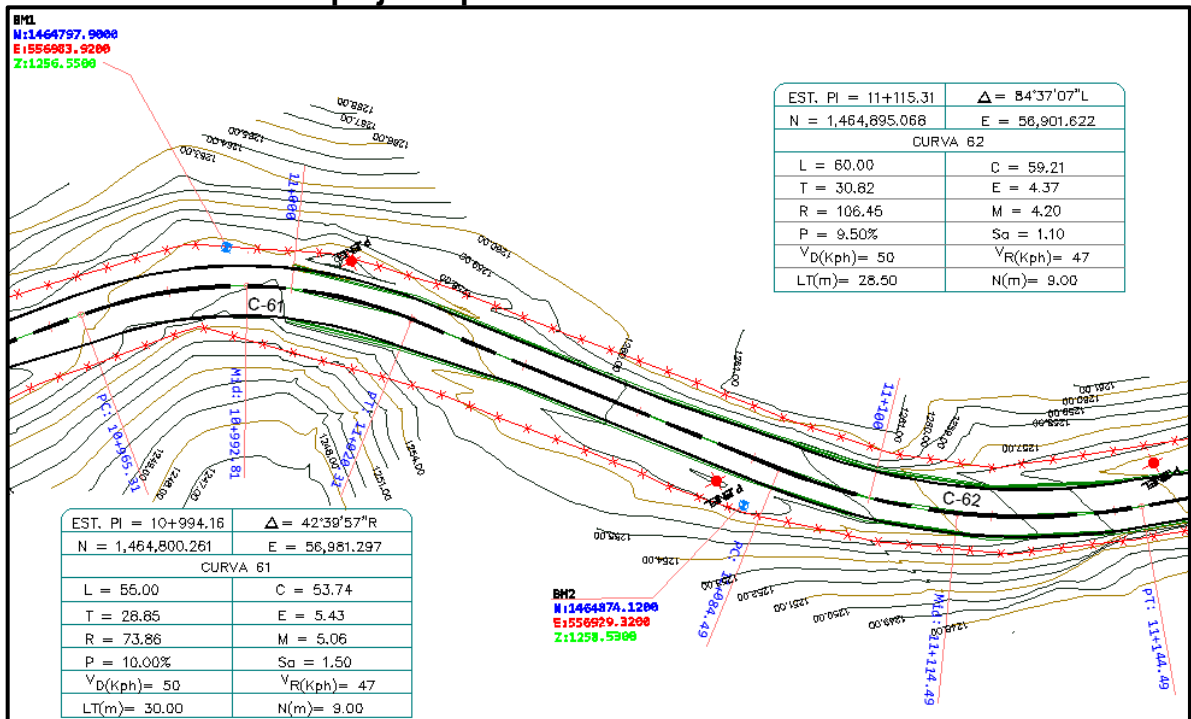
- El levantamiento de Secciones Transversales haciendo uso de equipo electrónico se realizó con un máximo de 20 m entre una y otra sección levantada.
- El ancho de la franja de terreno que se levantó en el proceso de seccionamiento fue de un valor mínimo de 20 m a cada lado medido desde el eje del camino existente.
- Se realizó el levantamiento de toda la información de infraestructura (muros, viviendas, postes, obras de drenaje mayor y menor, existente en el área del derecho de vía, y más allá de este límite cuando fuera necesario.
- En el proceso de seccionamiento se detallaron los árboles de dimensiones significativas, esto incluye árboles existentes cuyo grosor sea igual o mayor a los 15 cm de diámetro en su circunferencia.
- Se realizó el montaje de la información levantada en campo, en libretas de seccionamiento y detalladas con su codificación, esquemas del levantamiento y rotulación.

Para lograr lo anterior se hizo un levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico, a partir de un BM geodésico, con coordenadas (X = 556,983.922, Y = 1,464,797.898, Z = 1,256.552 m), se realizaron 44 BM'S en total, como se muestra en anexos, tabla N° 58, pág. I y II.

### 2.1.3. Elaboración de planos

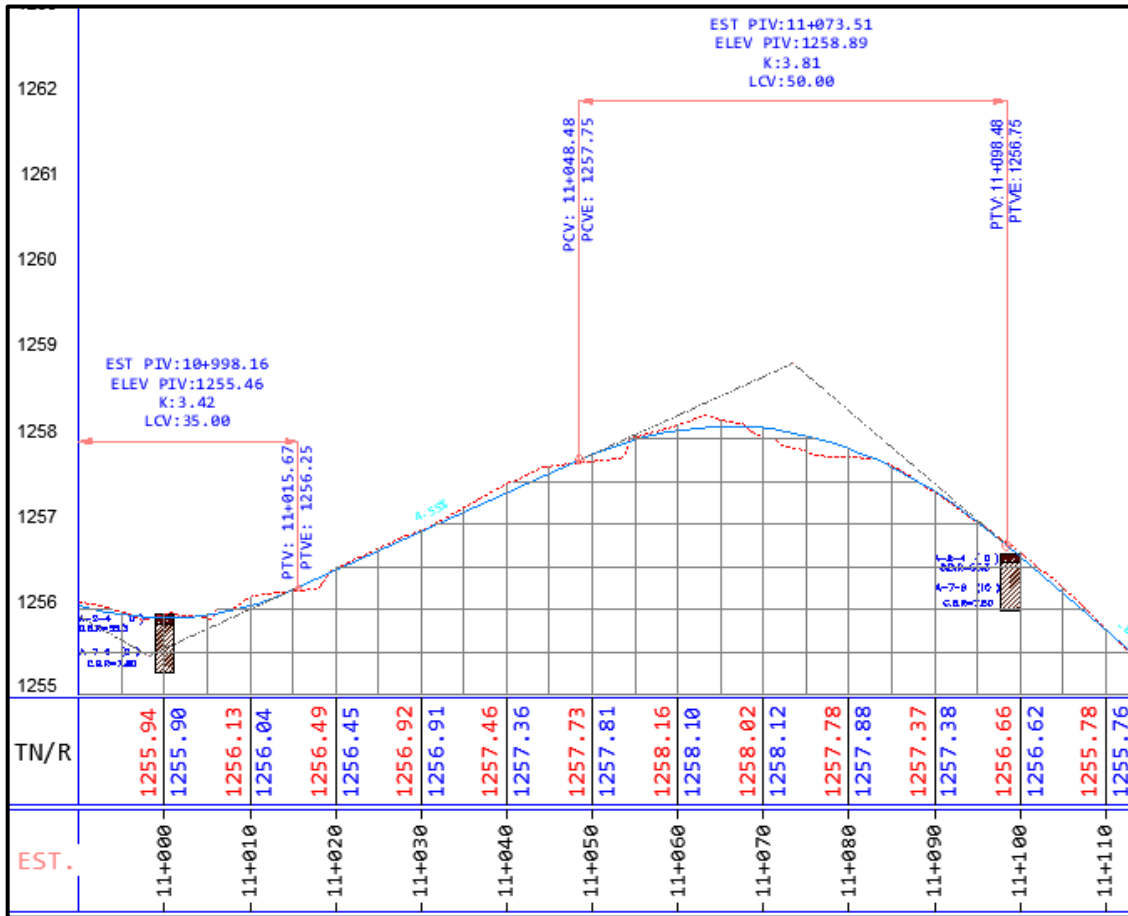
Los planos y secciones resultantes elaborados con civil 3D a partir del estudio topográfico se presentan en anexos, planos H-5 al H-51, las cuales describen vistas en plantas secciones transversales y perfil longitudinales del tramo en estudios (ilustraciones N° 3, 4 y 5).

**Ilustración N° 3: Bosquejo de planta del estacionamiento 10+965 - 11+144**



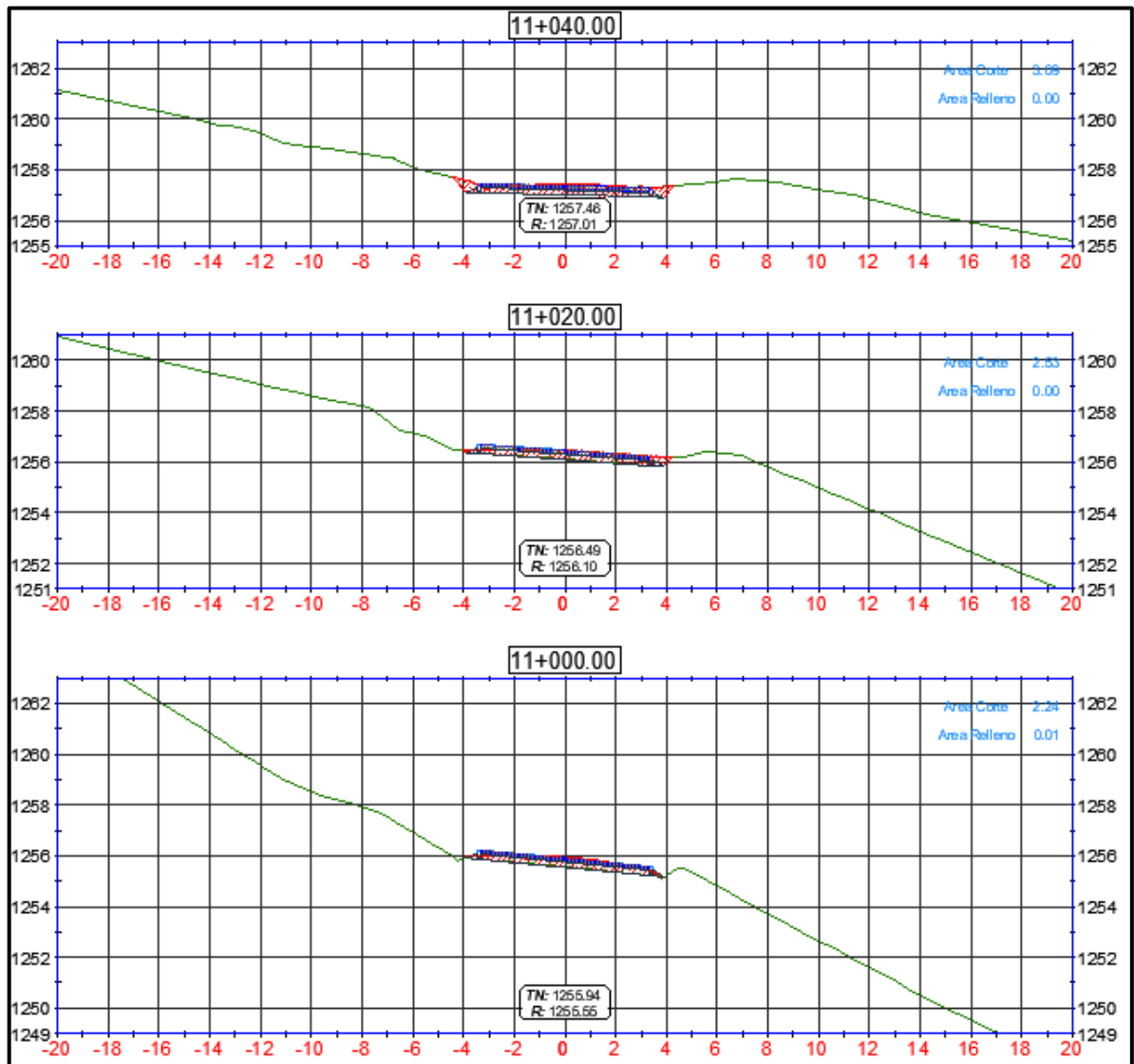
Fuente: Elaboración propia (Civil 3D).

**Ilustración N° 4: Perfil del estacionamiento 11+000 - 11+110.**



Fuente: Elaboración propia (Civil 3D).

**Ilustración N° 5: Secciones 11+000 - 11+040.**



Fuente: Elaboración propia (Civil 3D).

## **2.2. Diseño geométrico**

El diseño geométrico consiste en situar el trazado de una carretera en el terreno. Las condicionantes son muchas, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanístico (SIECA, 2004).

### **2.2.1. Metodología**

La conjugación de los diferentes elementos y aspectos técnicos que serán abordados en este capítulo, conforman los criterios técnicos requeridos para proceder al diseño de la planimetría del camino.

Para fines del presente estudio el sentido de las pendientes se ha definido según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de las mismas.

Durante la etapa de Investigaciones, verificaciones y levantamiento de información de campo, se realizó diferentes visitas al sitio del proyecto a fin de conocer y tener una mayor visión de la geometría vial existente, tanto en su aspecto planimétrico como en el aspecto altimétrico.

Para realizar el diseño previamente se procedió al análisis y revisión de la información técnica básica de las diferentes especialidades de estudio participantes conforme a lo que a continuación se detalla.

- Los resultados que se obtuvieron del diseño de la estructura de pavimento definieron como parámetro principal, las alturas que debería tomar la dirección de la línea de rasante en los diferentes sectores del camino en función de las características de la estratigrafía del subsuelo existente en cada uno de los tramos de camino que conforman el proyecto.
- El diseño planimétrico se realizó en gabinete, basado en toda la información altiplanimétrica del corredor del camino existente, así como todos los detalles

de infraestructura existente tales como; cercas delimitadoras del derecho de vía, obras de drenaje menor y mayor, viviendas, muros, postes del tendido eléctrico y telefónico, accesos-intersecciones con otras vías o caminos, sondeos de línea, etc.

- Para la realización de la proyección y diseño de la geometría planimétrica de la vía en estudio, fue necesario tomar en cuenta las normas de diseño para definir y establecer los siguientes criterios técnicos y consideraciones al respecto:
- Apegarse a lo establecido conforme los parámetros técnicos y normas de diseño establecidas y aprobadas por el MTI.
- Aprovechar al máximo posible la plataforma de la vía existente en todo su trayecto.
- Evitar en todo lo posible se produzcan afectaciones a las propiedades aledañas a la vía, tanto en infraestructura como en propiedades de terrenos.
- Proyectar el alineamiento planimétrico logrando obtener una estética agradable que se conjugue con el aspecto paisajístico del entorno.
- Los radios mínimos adoptados para las curvas circulares están en función de la velocidad directriz adoptada ( $V_d$ ), del peralte ( $p$ ), y del coeficiente de fricción lateral ( $f$ ) entre las llantas del vehículo y el pavimento.

## **2.2.2. Parámetros de diseño**

### **2.2.2.1. Clasificación de la carretera**

El trazo de la carretera se inicia en el empalme San Luis, y finaliza en Ocotillo. El TPDA para diseño se ubica entre los 3,000 y 500 vehículos promedio diario. La carretera se clasifica según SIECA como Colectora Rural debido a que se determinó en el estudio de tránsito capítulo V, pág. 67, un TPDA de 218 vpd.

A continuación, se presenta en la **tabla N° 1, pag.15**, los criterios de diseño que corresponde a una colectora rural.



**Tabla N° 1: Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales**

No	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES		COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
1	TPDA, vehículos promedio diario	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3,000-500
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75
3	Factor de Hora Pico, FHP	0.92	0.92	0.95-0.91	0.92	0.85
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB15
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M
6	Velocidad de Diseño o Directriz, km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2
8	Ancho de Carril, metros	3.6	3.6	3.6	3.3-3.6	3.3
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext. 1.8 - 2.5	Int: 0.5 - 1.0 Ext: 1.2 - 1.8	Ext: 1.2 - 1.5	Ext: 1.2 - 1.5
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.-Grava
11	Dist.de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110
12	Dist. de Visib. Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480
13	Radio Mín. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195
14	Maximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53' - 3°25'	8°29' - 4°35'	12°44' - 5°53'	12°44' - 5°53'
15	Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	6	8	8	10	10
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10	10	10
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	02-may	02-may	02-may	02-may	02-may
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44	HS20-44
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30
22	Ancho de Mediana, metros	04-dic	04-oct	02-jun	-	-
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR

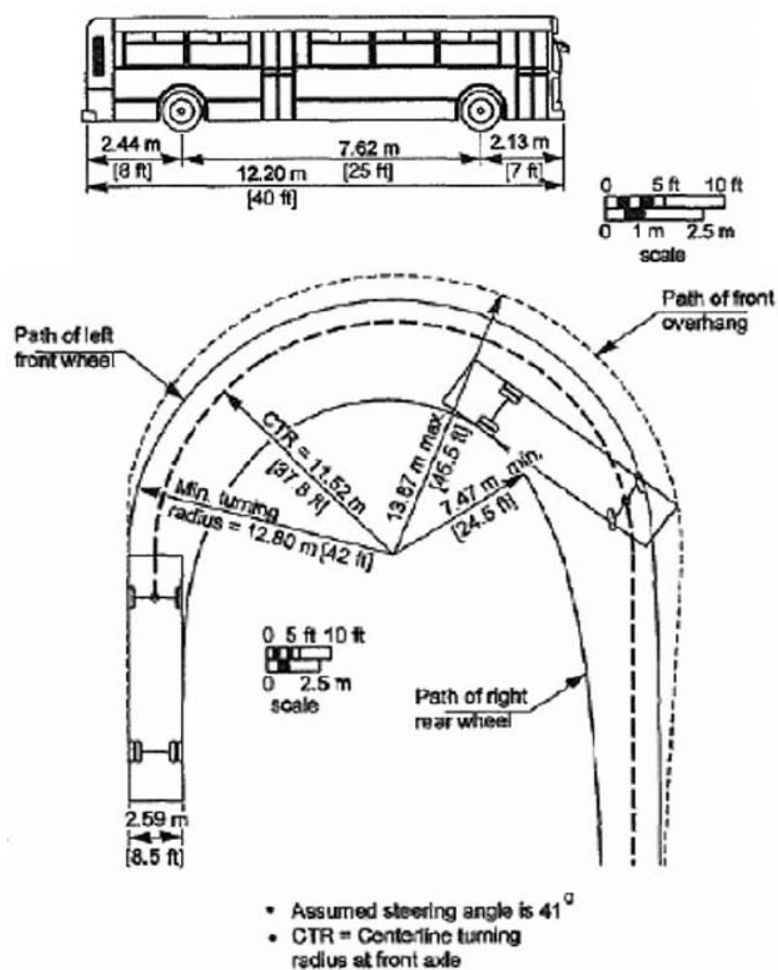
Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2004. (Pág. 13).

### 2.2.2.2. Vehículo de diseño

Según resultados del estudio del aforo vehicular en el capítulo V, se obtuvo un TPDA 215 vpd, por lo que se selecciona un vehículo de diseño (BUS).

A continuación, en la **ilustración N° 6**, se muestra el vehículo de diseño con sus características principales.

**Ilustración N° 6: Vehículo de diseño**



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras SIECA 3ª edición 2011 (pag. 401).

Los radios mínimos de giro para el vehículo de diseño seleccionado, se muestran en la **tabla N° 2, pág. 17**, así mismo se muestran las dimensiones correspondientes al vehículo BUS en la **tabla N° 3, pág. 17**.

**Tabla N° 2: Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño (metros)**

Vehículo- Tipo	Radio Interior (m)	Radio de Diseño(m)
Automóvil, P	4.2 (4.7)	7.3 (7.3)
Autobús Sencillo, BUS	7.4	12.8
Camión Sencillo, SU	8.5 (8.7)	12.8 (12.8)
Camión Articulado, WB-15	5.8 (6.0)	13.7 (13.7)
Camión Articulado, WB-19	2.8	13.7
Camión Articulado, WB-20	0	13.7

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2004. (Cap. 2 Pág. 4)

**Tabla N° 3: Dimensionamiento de los Vehículos de Diseño (metros)**

Parámetros / Tipo vehículo.	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura.	1.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
Ancho.	2.1	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Longitud.	5.8	12.1	9.1	16.7	21	22.5
Voladizo delantero.	0.9	2.1	1.2	0.9	1.2	1.2
Voladizo Trasero.	1.5	2.4	1.8	0.6	0.9	0.9
Distancia entre ejes extremos; WB1	3.4	7.6	6.1	6.1	6.1	6.1
Distancia entre ejes extremos; WB2	-	-	-	9.1	12.8	14.3

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras regionales, SIECA 2004. (Cap. 2 Pág. 4)

### 2.2.2.3. Velocidad de diseño

Debido a que la vía se clasifica como colectora rural con TPDA de 218 vpd y presenta un relieve montañoso se adopta basado en la norma (SIECA, 2004) una velocidad de diseño de 50. k.p.h como se indica en la **tabla N° 1, pág. 15** y en la **tabla N° 4.**

**Tabla N° 4: Velocidades de diseño en kilómetros por hora, en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno**

Tipo de Terreno	Volúmenes de tránsito Diario o TPDA, en vpd			
	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3000-500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2004. (cap.4 pág. 3)

#### 2.2.2.4. Distancia de visibilidad de parada

Es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto adelante de su recorrido. Para este diseño no se toma en cuenta el ajuste por pendientes y el alineamiento se diseña igual que en condiciones de terreno plano por lo tanto la distancia de visibilidad de parada se encuentra entre 57 y 63 m según **tabla N° 5 pág 19**.

La distancia de visibilidad de parada (DVP), tiene dos componentes, la distancia de percepción y reacción del conductor que está regida por el estado de alerta y la habilidad del conductor y se identifica como  $d_1$ , más la distancia de frenado que se denomina  $d_2$ .

Factor de fricción.

$$F = 0.19 - 0.00068 * V$$

**Ecuación ( 1 )**

$$F = 0.19 - (0.00068)(50 \text{ Km/h}) = 0.156$$

Para la determinación de la distancia recorrida ( $d_1$ ), se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor mediante la ecuación siguiente:

$$d_1 = 0.278 * v * t$$

**Ecuación ( 2 )**

La distancia de frenado (d2), se calcula con la siguiente ecuación:

$$d2 = \frac{V^2}{254 (f + G)} \quad \text{Ecuación ( 3 )}$$

La distancia de Visibilidad de parada es la suma de la distancia de reacción (d1), más la distancia de frenado (d2).

$$DVP = d1 + d2 \quad \text{Ecuación ( 4 )}$$

Dónde:

DVP: Visibilidad de parada.

d1= Distancia de percepción y reacción.

d2: Distancia de frenado.

V: Velocidad.

t: Tiempo de reacción (2.5 s).

f: Coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento.

G: Porcentaje de la pendiente dividida entre 100, siendo positiva la pendiente de ascenso (+) y negativa (-) la de bajada.

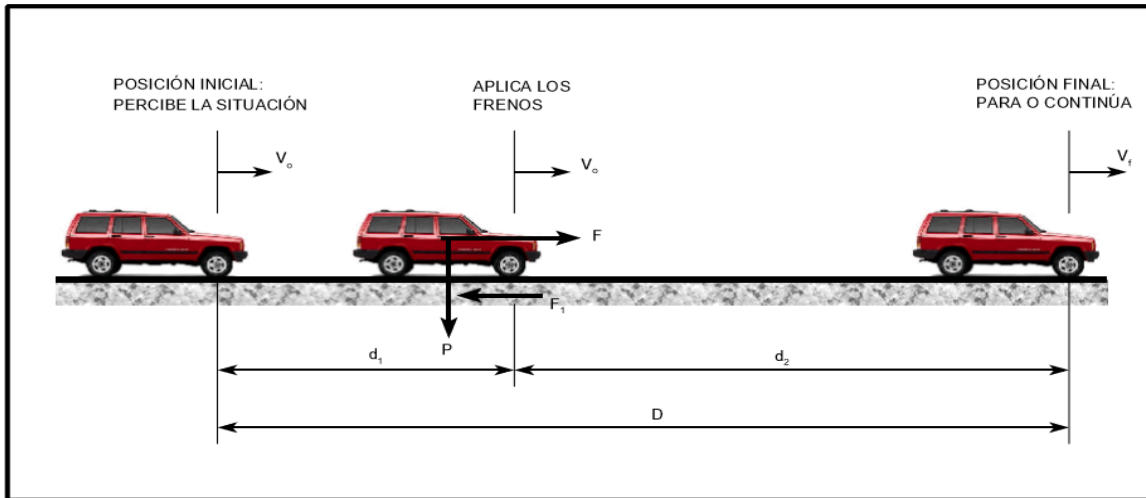
**Tabla N° 5: Distancias de visibilidad en terreno plano**

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada para
		Tiempo (s)	Distancia (m)			
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA. (cap.4 pág. 28).

La siguiente ilustración, muestra los diferentes componentes geométricos de la distancia de visibilidad de parada.

## Ilustración N° 7: Distancia de visibilidad de parada



Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (Cap.4, pág. 24).

### 2.2.2.5. Distancia de visibilidad de rebase

La distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase, equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la velocidad de proyecto; esto es, abandonar su carril, adelantar el vehículo que viaja delante de él y retornar a su carril en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario por el carril que utilizará para efectuar la maniobra de adelantamiento, según Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA, 2004, págs. 25, Cap. 4.).

A continuación en las **tablas N° 6 y N° 7**, se obtiene los valores recomendados por la AASHTO. La distancia de visibilidad de adelantamiento recomendada para una velocidad de 50 k.p.h es de 345 m, no obstante, el tramo en estudio no presenta una tangente mayor o igual a 100 m.

**Tabla N° 6: Distancias Mínimas de Diseño para Carreteras Rurales de dos Carriles, en metros**

Velocidad de Diseño	Velocidades Km/h		Distancia mínima de adelantamiento (m)
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales de la SIECA. (cap.4 pág. 34).

**Tabla N° 7: Parámetros Básicos**

Velocidad promedio de adelantamiento (km/h)	50 – 65 56.2	66 – 80 70.0	81 – 95 84.5	96 – 110 99.8
Maniobra Inicial A= aceleración promedio (km/h/s)	2.25	2.30	2.37	2.41
t1 = tiempo (s)	3.6	4.0	4.3	4.5
d1= distancia recorrida (m)	45	65	90	110
Ocupación carril izquierdo:				
t2 = tiempo (s)	9.3	10.0	10.7	11.3
d2 = distancia recorrida (m)	145	195	250	315
Longitud Libre d3 = distancia recorrida (m)	30	55	75	90
Vehículo que se aproxima: d4 = distancia recorrida (m)	95	130	165	210
Distancia Total: d1 + d2 +d3 +d4, (m)	315	445	580	725

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales de la SIECA. (cap.4 pág. 34).

### 2.2.2.6. Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobreelevación ó peralte

El factor de fricción lateral depende principalmente de las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo, mientras que la sobreelevación o peralte depende de las Condiciones

climáticas, tipo de área, urbana o rural, frecuencia de vehículos de baja velocidad y las condiciones del terreno.

### 2.2.2.7. Factor de fricción lateral

La AASHTO 93 citada por el Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004, presenta factores de fricción lateral para tres tipos de carreteras, con variaciones entre 0.17 y 0.12 en función inversa de la velocidad para todo tipo de carreteras rurales y urbanas con velocidades comprendidas entre 30 y 110 km/h, por lo tanto, el coeficiente de fricción a utilizar en el tramo es de 0.16 como se muestra en la **tabla N° 8**.

**Tabla N° 8: Coeficientes de Fricción Lateral**

Valores de f en función de la velocidad	
F	Velocidades en Km./h
0.17	40
0.16	50
0.15	65
0.14	80
0.13	110
0.12	115

Fuente: Especificaciones de diseño de la AASHTO 93.

### 2.2.2.8. Sobreelevación o peralte

La sobreelevación o peralte e, siempre se necesita cuando un vehículo viaja en una curva cerrada a una velocidad determinada, para contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de la fricción que se produce entre la llanta y el pavimento.



A continuación, se presenta en la **tabla N° 9** el porcentaje de peralte que recomienda el Manual de Normas para el Diseño de Carreteras Regionales SIECA 2004, valor que puede ser desestimado cuando las curvas presentan radios de mayor amplitud, para el presente caso se asume un peralte del 10% adecuado para una zona rural montañosa.

**Tabla N° 9: Valores de sobreelevación en porcentaje, en función de la topografía del terreno**

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

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA. (Cap. 4 pág. 36).

#### **2.2.2.9. Ancho de carril**

Para carreteras clasificadas como colectoras rurales el Manual Centroamericano de Normas SIECA 2004, recomienda el empleo de carriles de circulación de 3.30 m con ancho de hombro Ext: 1.2 – 1.5 m y derecho de vía de 20 - 30 m (**tabla N° 1, pág. 15**). Para el presente diseño se asume 3.3 m como ancho de vía, sin hombros y teniendo en cuenta el ancho actual del derecho de vía el cual es de 5 a 6 m.

No obstante, debido a dificultades para la adquisición de la servidumbre para el diseño de ancho de hombros se decidió adoptar un diseño de vía sin ancho de hombros.

Por lo anterior se estableció un ancho de carril de;  $2.60\text{ m} + 0.70\text{ m} = 3.30\text{ m}$ ; donde el 2.6m corresponde al ancho de vehículo y el 0.35 m ancho adicional por carril, con lo cual se obtiene un ancho de rodamiento mínimo de 6.60 m.

#### **2.2.2.10. Pendiente transversal**

La norma recomienda una pendiente trasversal entre 1.5-3%, por tanto, se adopta una pendiente transversal de calzada del 3% para lograr una mejor y rápida evacuación de las aguas superficiales (**tabla N° 1, pág. 15**).

#### **2.2.2.11. Pendiente longitudinal mínima**

Debido a su importancia, es necesario proveer una pendiente longitudinal del orden 0.50% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales. Según las recomendaciones del SIECA, para caminos montañosos y clasificado como Colectora Rural puede adoptarse una pendiente longitudinal mínima de 0.50% (**tabla N° 10, pág. 25**).

#### **2.2.2.12. Pendiente longitudinal máxima**

La selección de las pendientes longitudinales máximas a emplear en carreteras tiene un significativo dominio sobre la velocidad de operación de la gran mayoría de los automóviles. Tomando en cuenta estas consideraciones la norma centroamericana recomiendan la utilización de las pendientes máximas y mínimas mostradas en la **tabla N° 10**, La pendiente máxima a utilizarse en el presente estudio es del 14%, dado que este tramo de carretera es montañoso.

**Tabla N° 10 : Pendientes Máximas y Mínimas por Tipo de Carreteras**

Clasificación Funcional	Tipo de Terreno	Velocidad de Diseño (Km/h) y Pendiente Máxima (%)						Pendiente Mínima (%)
		32	48	64	80	96	112	
AR Autopistas Regionales	Plano	-	-	-	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	-	-	5	4	4	
	Montañoso	-	-	-	6	6	5	
TS Troncales Suburbanas	Plano	-	8	7	6	5	-	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	9	8	7	6	-	
	Montañoso	-	11	10	9	8	-	
TR Troncales Rurales	Plano	-	-	5	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado	-	-	6	5	4	4	
	Montañoso	-	-	8	7	6	5	
CS Colectoras Suburbanas	Plano	9	9	9	7	6	5	0.3 – 0.5
	Ondulado	12	11	10	8	7	6	
	Montañoso	14	12	12	10	9	7	
CR Colectoras Rurales	Plano	-	7	7	6	5	-	0.5
	Ondulado	11	10	9	8	6	-	
	Montañoso	16	14	12	10	-	-	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA. (cap.4 pág. 65).

Para la determinación de la pendiente máxima, se interpola los valores señalados en la **tabla N° 10**.

**Interpolación**

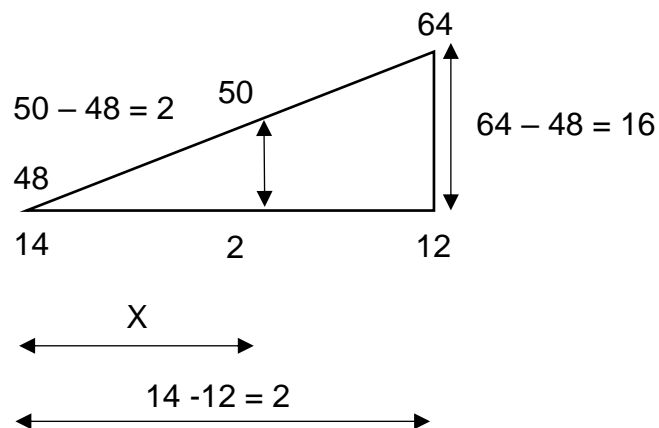
$$\frac{16}{2} = \frac{2}{X}$$

$$X = \frac{2 * 2}{16}$$

$$X = 0.25$$

$$X = 14 - 0.25$$

$$X = 13.75 \%$$



### **2.2.3. Alineamiento horizontal**

Se considera como la proyección sobre un plano horizontal del eje de la sub-corona del camino. Parte de los elementos que lo integran son:

**La Tangente.** Es la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de dos tangentes se le denomina PI.

**Curvas circulares.** La curva circular es un arco de influencia que se emplea en las obras longitudinales, para lograr un cambio gradual en la dirección de las tangentes y que al mismo tiempo sirven de unión entre las mismas.

Para lograr un cambio gradual de dirección entre los tramos rectos del eje del proyecto longitudinal se emplean distintos tipos de curvas de enlace horizontal, de las cuales en el diseño geométrico se identifican solamente curvas circulares simples.

#### **Curvas Circulares Simples (CCS).**

Las curvas circulares simples, están formadas por solo un arco de circunferencia, es decir, un segmento de circunferencia que sirve de acuerdo entre dos alineaciones.

#### **2.2.3.1. Cálculos empleados en el diseño de curvas circulares**

Las ecuaciones utilizadas en todos los cálculos para el diseño de los diferentes componentes geométricos de la vía se basaron en la norma (SIECA, 2004, págs. 33-61, Cap. 4).

A continuación, se presentan los diferentes componentes geométricos.

#### **Radios Mínimos y sus correspondientes Grados Máximos de Curva.**

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea

porque el peralte o sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo. En la **tabla N° 11** se presentan los radios mínimos y grados máximos con un peralte máximo del 10%.

El diseño de las curvas horizontales según SIECA **tabla N° 11**, recomienda radios mínimos de 67.9 m y grados de curvatura de 16°51' para una velocidad de 50 km/h. En el caso de las curvas cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 90°, se ha considerado reducir la velocidad por debajo de la establecida para curvas horizontales (en 30 km/h).

**Tabla N° 11: Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño, usando valores límites de “e” y “f”.**

Velocidad de diseño (KPH)	Factor de fricción máxima	Peralte Máximo = 8%		Grado de curvatura (Degree)	Peralte Máximo = 10%		Grado de curvatura (Degree)
		Radio (m)			RADIO (m)		
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
20	0.35	7.3	7	163°42'	7.0	7	163°42'
30	0.28	19.7	20	57°18'	18.6	19	60°19'
40	0.23	40.6	41	27°57'	38.2	38	30°09'
50	0.19	72.9	73	15°42'	67.9	68	16°51'
60	0.17	113.4	113	10°08'	105.0	105	10°55'
70	0.15	167.8	168	06°49'	154.3	154	07°26'
80	0.14	229.1	229	05°00'	210.0	210	05°27'
90	0.13	303.7	304	03°46'	277.3	277	04°08'
100	0.12	393.7	394	02°55'	357.9	358	03°12'
110	0.11	501.5	501	02°17'	453.7	454	02°31'
120	0.09	667.0	667	01°43'	596.8	597	01°55'

Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, SIECA, 3ª Edición, 2011, Pág.89.

Para el diseño de las curvas se debe hacer uso de los siguientes datos:

- Velocidades de Diseño
- Tasa de sobre Elevación o Peralte
- Factor de Fricción Lateral

El radio mínimo, el grado de curvatura y el peralte se calcula mediante las **ecuaciones N° 5, N° 6 y N° 7**.

Además, se presentan las **ecuaciones N° 8 y N° 9**, para el cálculo de tangente y desarrollo de la curva.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e + f)} \quad \text{Ecuación ( 5 )}$$

Dónde:

R= radio de curvatura (m).

e= Tasa de sobre elevación de fricción o peralte.

f= Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.

V= Velocidades de Diseño (km/h).

#### **Cálculo de grado de Curvatura.**

$$G_{curva} = \frac{1145.92}{R} \quad \text{Ecuación ( 6 )}$$

Dónde:

Gc= Grado de Curvatura.

R= radio.

#### **Cálculo de Peralte de Diseño.**

$$e = \frac{e_{max}}{G_{max}^2} (2G_{max} - G_{curva})G_{curva} \quad \text{Ecuación ( 7 )}$$

#### **Cálculo de la Tangente.**

$$T_c = R \tan \frac{\Delta}{2} \quad \text{Ecuación ( 8 )}$$

#### **Cálculo de la Cuerda o desarrollo de la Curva.**

$$D_c = \frac{20\Delta}{G}$$

Ecuación ( 9 )

### 2.2.3.2. Desarrollo del peralte

Una vez calculado el valor del peralte o sobre-elevación que deberá tener la curva circular es necesario proporcionarlo de forma gradual; es decir, convertir la forma de la sección transversal de la calzada bombeada del centro hacia los bordes, en una sección con la inclinación única del peralte del borde exterior hacia el interior de la curva.

Existen tres formas de proporcionar el peralte a la curva, los cuales son:

- Desarrollo del peralte por el eje de la vía.
- Desarrollo del peralte por el borde interior.
- Desarrollo del peralte por el borde exterior.

### 2.2.3.3. Diseño de Sobre Ancho

Como se explicó anteriormente, el sobre-ancho es la anchura adicional a la calzada respecto al ancho en la tangente para proporcionar la misma separación entre vehículos en las curvas que en las tangentes.

El diseño del sobre-ancho se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$S_a = n \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{v}{10\sqrt{R}}$$

Ecuación ( 10 )

Se redondea valor a un decimal entero.

Dónde:

Sa: sobre-ancho.

n: número de carriles.

R: radio de la curva.

L: longitud entre eje delantero y trasero del vehículo tipo.

V<sub>D</sub>: velocidad de diseño.

- Para fines de proyecto no se consideran los sobre-anchos que resulten menores de 0.60 m, si el sobre-ancho resultase mayor deberá redondearse al decímetro superior.
- No es necesario ampliar la vía si los carriles tienen un ancho de 3.50 m o más.

Es posible no considerar la ampliación, cuando el radio de la curva es mayor de 300 m.

#### 2.2.4. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical se compone de tangentes verticales y curvas verticales, por lo tanto, es necesario que los elementos de diseño vertical tengan la misma velocidad específica del sector en planta que coincida con el elemento vertical en estudio, identificando las pendientes ascendientes (+) y descendientes (-), expresadas usualmente en porcentajes.

Aparte de las consideraciones de estética, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Visibilidad y accidentalidad
- Composición del tránsito.
- Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo.

##### 2.2.4.1. Diseño de Curvas Verticales en Crestas o Convexas

Existen dos condiciones para diseñar este tipo de curva: La primera considera que la longitud de la curva (L) es mayor a la distancia de visibilidad (S) y la segunda se presentan cuando L es menor que S. En el primer caso se aplica la **ecuación N° 11**, para calcular la longitud mínima (L) de la curva vertical:

$$L = \frac{GS^2}{200(\sqrt{h_1}\sqrt{h_2})} \quad \text{Ecuación ( 11 )}$$



Dónde:

G: Diferencia algebraica de pendientes (%)

S= Distancia de visibilidad

h<sub>1</sub>= Altura del ojo del conductor

h<sub>2</sub>= Altura del objeto

Reemplazando en esta fórmula la altura del ojo del conductor h<sub>1</sub> =1.07 m y del objeto h<sub>2</sub>=0.15 m, la ecuación para el diseño es la siguiente.

$$L = \frac{GS^2}{404} \quad \text{Ecuación ( 12 )}$$

Cuando L es mayor que S, la expresión matemática es la siguiente.

$$L = \frac{2S - 404}{G} \quad \text{Ecuación ( 13 )}$$

La longitud de la curva vertical utilizando el factor k es:

$$L = K * G \quad \text{Ecuación ( 14 )}$$

Cuando se utiliza la distancia de visibilidad de adelantamiento como criterio de control para el diseño, las longitudes de las curvas verticales en cresta resultan mayores que las calculadas utilizando las expresiones anteriormente indicadas, lo que hace pensar que diseñar para estas longitudes, conduce a una considerable elevación de los costos de construcción; además que para recomendar estas distancias debe a ver una combinación favorable entre topografía del terreno, seguridad y volúmenes de tránsito, que dé como resultado su plana justificación.

De igual manera que el caso anterior existe dos consideraciones a tomar en cuenta cuando se usa la distancia de visibilidad de adelantamiento; la primera se presenta cuando la longitud de la curva (L) es mayor que la distancia de visibilidad (S), entonces se utiliza la siguiente ecuación:

$$L = \frac{GS^2}{946}$$

**Ecuación ( 15 )**

La diferencia estriba en que la altura del objeto es de 1.30 m en vez de 0.15 m. Cuando la longitud de curva (L) es menor que la distancia de visibilidad de adelantamiento (S); la ecuación que se usa es la siguiente:

$$L = \frac{2S - 946}{G}$$

**Ecuación ( 16 )**

Todos los términos de estas ecuaciones tienen igual significado que los anteriores, las cuales se pueden encontrar en el manual de Normas para el Diseño Geométricos de Carreteras regionales pagina 4-66.

Las distancias mínimas de visibilidad para adelantamiento y de visibilidad de parada y de decisión Controles de Diseño de Curvas Verticales en Crestas Basados en la Distancias de Visibilidad y de Adelantamiento, como se muestra en la **tabla N° 12**.

**Tabla N° 12: Controles de Diseño de Cuevas Verticales en Crestas Basados en la Distancias de Visibilidad y de Adelantamiento.**

Velocidad de Diseño (km/h)	Velocidad de Marcha (km/h)	Distancia de parada para diseño (m) por % de G*	Tasa de curvatura vertical K, longitud (m) por % de G*	Distancia mínima de adelantan. Para diseño (m)*	Tasa de curvatura vertical, K, Long (m) por % de G*
30	30 - 30	30 - 30	3-3	217	50
40	40 - 40	45 - 45	5-5	285	90
50	47 - 50	60 - 65	9-10	345	130
60	55 - 60	75 - 85	14-18	407	180
70	67 - 70	95 - 110	22-31	482	250
80	70 - 80	115 - 140	23-49	541	310
90	77 - 90	130 - 170	43-71	605	390
100	85 - 100	160 - 205	62-105	670	480
110	91 - 110	180 - 245	80-151	728	570

Fuente: Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004 (Cap. 4, pág. 69)

#### **2.2.4.2. Diseños de Curvas en Columpios o Cóncavas**

Se han identificado los siguientes cuatro criterios para usarse en las longitudes de curvas de columpios.

- El primero se basa en la distancia iluminada por los faros delanteros del vehículo.
- La siguiente se toma en cuenta básicamente una sensación subjetiva de comodidad en la conducción, cuando el vehículo cambia de dirección en el alineamiento vertical.
- Considera requerimientos de drenaje
- El último se basa en consideraciones estéticas.

Se presentan dos casos a considerar en el primer criterio, dependiendo si la distancia iluminada por los faros del vehículo es mayor o no que la longitud de la curva. Cuando la longitud de la curva, L es mayor que la distancia de visibilidad iluminada, S, se utiliza la ecuación siguiente:

$$L = \frac{GS^2}{(120 + 3.5s)} \quad \text{Ecuación ( 17 )}$$

Dónde:

L: Longitud mínima de la curva vertical en columpio, m.

S: Distancia de visibilidad iluminada por los faros del vehículo, m.

G: Diferencia algebraica entre pendientes de la curva, %.

Cuando L es menor que S la ecuación utilizada es la siguiente:

$$L_{min} = \frac{2s - (120 + 3.5s)}{G} \quad \text{Ecuación ( 18 )}$$

Estos términos tienen igual significado que los anteriores. Se considera una altura de los faros de 0.6 m y un ángulo de 1° de divergencia de los rayos de luz. En el desarrollo de las ecuaciones este criterio y para su aplicación en diseño, se recomienda utilizar los rangos de distancia de visibilidad de parada, que sean aproximadamente iguales a la distancia iluminada por los faros de los vehículos cuando viajan a la velocidad de diseño.

El segundo criterio basado en la comodidad, tiene su fundamento en la suspensión de la carrocería de los vehículos, el peso que mueve, la flexibilidad de las llantas, los tipos de asiento, entre otros. Se logra cuando la aceleración centrífuga alcanza 0.3 m/s<sup>2</sup>, que, incorporado a la ecuación de diseño, resulta:

$$L = \frac{GV^2}{395} \quad \text{Ecuación ( 19 )}$$

Siendo el significado de los componentes de esta ecuación iguales a los utilizados con anterioridad. Las longitudes de curva calculadas utilizando este criterio equivalen al 50 % de los correspondientes a la modalidad anterior.

El tercer criterio percibe la satisfacción de las necesidades del drenaje en las curvas de columpio. Un criterio recomendado para el diseño consiste en dotar una pendiente de 0.3 % dentro de los 15 m del punto a nivel del terreno, sus resultados son muy similares a los obtenidos de la ecuación  $L = KG$ , cuando  $K = 51$  y la velocidad de diseño es de 100 km/h.

Hay que aclarar que las longitudes calculadas para efecto de drenaje son máximas hasta 100 km/h y no mínimas, como en los demás criterios de diseño de curvas verticales. Después de 100 hasta 120 km/h, las longitudes son mínimas al igual que los otros criterios.

Cuando se trata de tomar en cuenta aspectos de estética en estas curvas, existe la formula empírica  $L = 30 G$ , siendo L la longitud mínima y G la diferencia algebraica dependiente. Los resultados obtenidos son similares a los que corresponde al criterio de la distancia iluminada por los faros de vehículos para las velocidades de 70 – 80 km/h.

En atención a la diferencia de longitudes de curva que se obtiene aplicando los criterios mencionados, se recomienda diseñar curvas verticales en columpio utilizando el primer criterio descrito dando especial consideración al drenaje cuando K es mayor de 51.

Como se ha indicado en la descripción del primer criterio, la distancia de visibilidad de parada en la **tabla N° 5, pág. 19**, es la que controla la recomendación de longitudes mínimas para curva en columpio, considerando valores menores y mayores de este parámetro. De igual manera en que fueron calculados los valores de diseño en las curvas en cresta, también es conveniente expresar los controles de diseño en las curvas en columpio en términos de K para todos los valores de G. Todas las ecuaciones anteriormente descritas del Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004 pág. 4-70.

#### **2.2.4.3. Criterios para el diseño del alineamiento vertical**

La AASHTO 93 citada por el Manual de Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004, presenta algunos consejos valiosos en el tomo de diseño del alineamiento vertical, de donde cabe destacar algunos por su relevancia para la práctica vial centroamericana:

- Las curvas verticales en columpio deben evitarse en secciones en corte a menos que existan facilidades para las soluciones de drenaje.

- Las pendientes largas, pueden ser preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final o, alternativamente, intercalar pendientes suaves por cortas distancia para facilitar el ascenso.
- En tangente, deberían generalmente evitarse, particularmente en curvas en columpio donde la visión de la carretera puede ser desagradable al usuario.

**Tabla N° 13: Controles de Diseño de Curvas Verticales en Columpio Basados en la Distancia de Visibilidad de Parada, DVP.**

Velocidad de Diseño (km/h)	Velocidad de Marcha (km/h)	Distancia de parada para diseño (m)	Coeficiente de fricción	Valores DPV (m)		Facto K de diseño
				Menores	Mayores	
30	30 - 30	30 - 30	0.40	30	30	4 - 4
40	40 - 40	45 - 45	0.38	45	45	8 - 8
50	47 - 50	60 - 65	0.35	60	65	11 - 12
60	55 - 60	75 - 85	0.33	75	85	15 - 18
70	67 - 70	95 - 110	0.31	95	110	20 - 25
80	70 - 80	115 - 140	0.30	105	140	25 - 32
90	77 - 90	130 - 170	0.30	130	170	30 - 40
100	85 - 100	160 - 205	0.29	160	205	37 - 51
110	91 - 110	180 - 245	0.28	180	245	43 - 62

Fuente: Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004 (Cap. 4, pág.74).

- Los alineamientos ondulados, que involucran longitudes sustanciales de pendientes que generan momento, pueden ser indeseables en el caso de vehículos pesados que puedan incrementar excesivamente su velocidad, sobre todo cuando una pendiente positiva adelante no contribuye a la moderación de dicha velocidad.
- Hay que evitar el "efecto de montaña rusa", que ocurre en alineamientos relativamente rectos, donde el perfil longitudinal de la rasante se ajusta a las suaves irregularidades de un terreno ligeramente ondulado.

En el diseño horizontal las curvas cumplen con los criterios del manual normas para el diseño geométricos para las carreteras regionales SIECA 2004, generados con el software Civil 3D obteniendo los datos de curvas horizontales, obteniendo 48 curvas circulares (**Anexos, pág. II-XXXIII**).

En el alineamiento vertical se obtuvo 62 curvas, donde 34 de ellas son crestas o convexas y 28 son columpios cóncavos, todas ellas cumplen con los criterios del manual normas para el diseño geométricos para las carreteras regionales SIECA 2004, generados con el software civil 3D obteniendo los datos de curvas verticales (**Anexos, pág. XXXIV-LII**).

### 2.2.5. Resumen de los criterios de diseños

A continuación, en la **tabla N° 14**, se muestra un resumen de los parámetros principales a adoptar:

**Tabla N° 14: Resumen de los criterios de diseños**

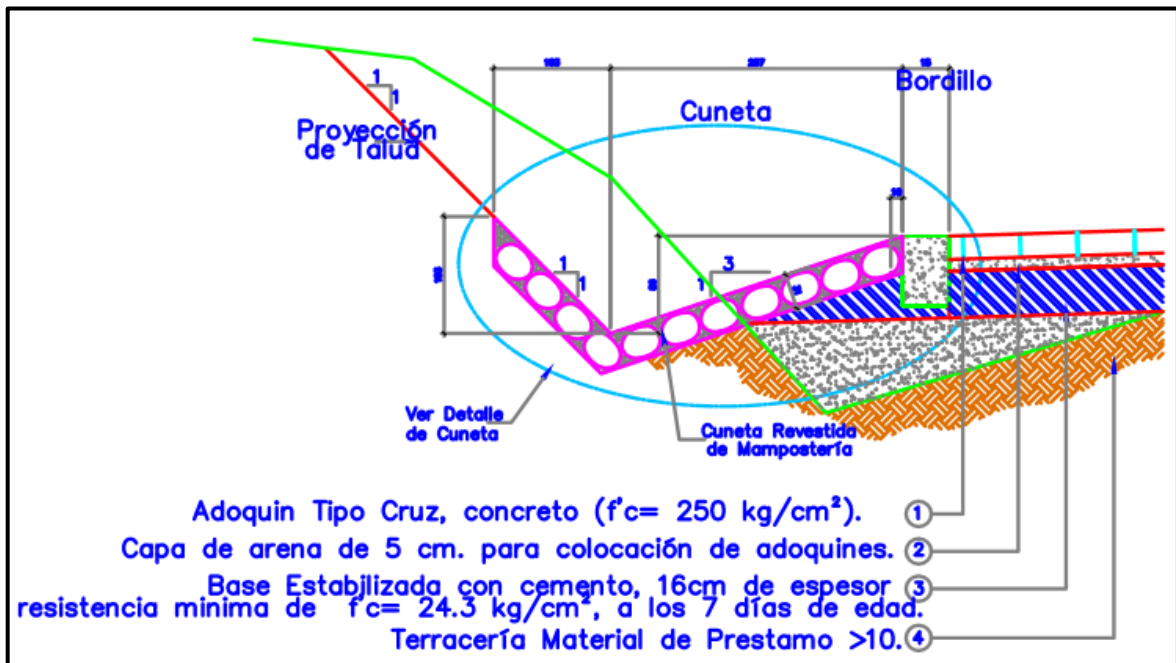
Criterio	Fuente
Colectora Rural.	Tabla N° 1. Pag 15. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA. (Pág. 13).
Ancho de carril (3.3m)	Tabla N° 1. Pag 15. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA. (Pág. 13).
Vehículo de Proyecto: BUS.	Tabla N° 1. Pag 15. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA. (Pág. 13). Tabla N° 2. Pag 17. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA. (Cap. 2 pág. 4) Ilustración N° 6. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras, SIECA 2011. (pág. 401)
Velocidad de Diseño: 50 KPH.	Tabla No 1, pág 15. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA. (pág. 13).
Carpeta de rodamiento.	Adoquín Tipo cruz

Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.6. Ancho de cuneta

Dada la importancia que representa la adopción de un buen sistema de drenaje para la evacuación rápida de las aguas, se propone el siguiente tipo de cuneta y el detalle de bordillo en las **Ilustraciones N° 8 y N° 9** con las especificaciones siguientes.

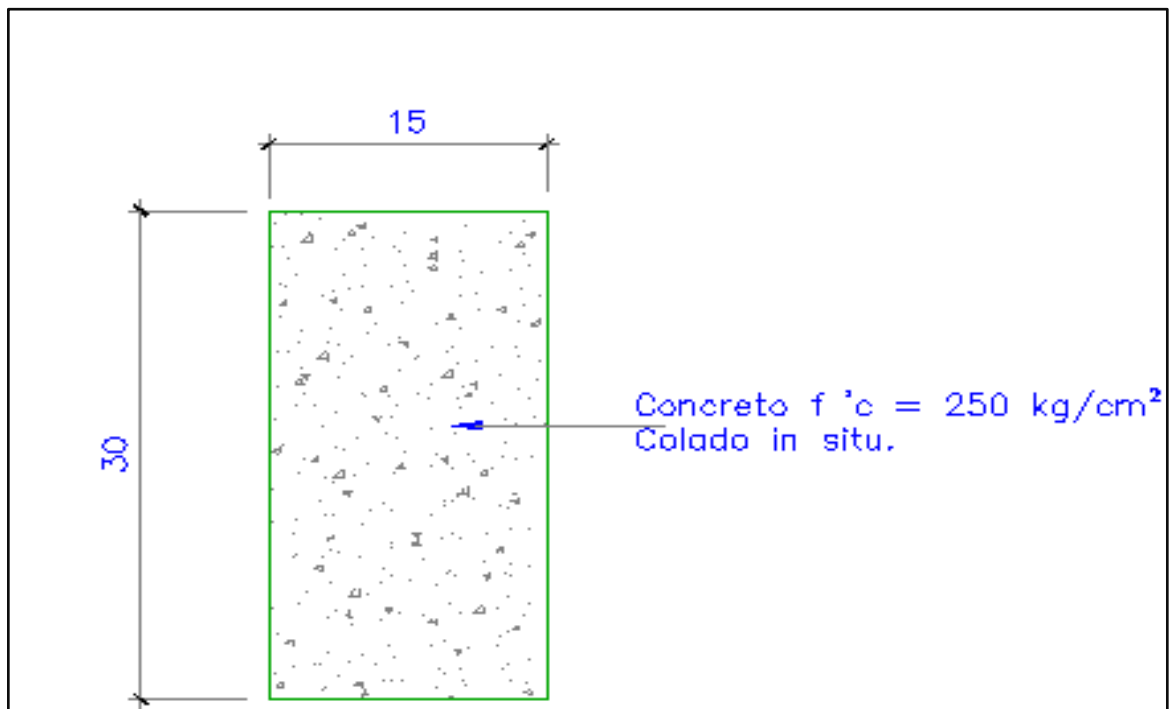
#### Ilustración N° 8: Detalle de Cuneta



Fuente: Elaboración propia.



### Ilustración N° 9: Detalle de bordillos



Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.7. Resumen

A continuación, en la **tabla N° 15**, se muestra las normas de diseño que se utilizaran en el tramo en estudio.

**Tabla N° 15: Normas de diseño a adoptar en el proyecto**

N°	DESCRIPCIÓN / PARAMETRO.	UNIDAD	VALORES
01	Clasificación Funcional.	Colectora Secundaria	
02	Ancho del Derecho de Vía.	m.	20-30
03	Velocidad de Diseño.	KPH	50
05	Vehículo de Proyecto.	Tipo.	BUS
06	Distancia entre ejes (L)	m.	7.6
07	Radio de Curvatura Mínimo.	m.	68.00
08	Ancho Carril de Rodamiento.	m.	3.30
09	Ancho Total de Rodamiento.	m.	6.60
10	Pendiente Transversal. (Bombeo)	%	3.00
11	Sobreelevación Máxima (Peralte).	%	10.00
13	Pendiente Longitudinal Máxima.	%	13.75
14	Sobre-ancho Máximo en Curvas Horizontal.	m.	2.00
15	Coefficiente de Fricción Lateral.	S/U	0.16
16	Longitud Mínima de Curva Vertical.	mt.	19.00
17	Distancia de Visibilidad de Parada (min)	mt.	57 - 63
18	Distancia de Visibilidad de Rebase.	mt.	345

Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO III. ESTUDIO DE DRENAJE



### **3.1. Introducción**

El drenaje superficial tiene como objetivo alejar las aguas de la carretera, para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El drenaje superficial comprende:

- La recolección de las aguas procedentes de la calzada y sus taludes.
- La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera.

En el drenaje superficial encontramos: cunetas, contra cuneta, bombeo, zampeados y drenaje transversal.

### **3.2. Metodología**

El estudio de drenaje se realizó en dos etapas, una de campo y la otra de gabinete.

#### **3.2.1. Etapa de campo**

Se identificaron las redes de drenajes que atraviesan la vía del tramo de carretera San Luis – Ocotillo. Los drenajes identificados fueron georreferenciados.

El trabajo de campo se realizó haciendo uso de un mapa topográfico previamente elaborado utilizando el modelo de elevación digital (DEM) Alos-Palsar con resolución espacial de 12.5 x 12.5 m, con coordenadas UTM zona 16P superior izquierdo  $X=511975.750$ ,  $Y=1510784.750$  e inferior derecho  $X=592700.750$ ,  $Y=1439547.250$ .

El ráster de elevación fue procesado con Global Mapper, con el cual se crearon curvas de nivel, teniendo como mapa base el OpenStreetMap y la ortofoto de Google Maps.

### **3.2.2. Etapa de gabinete**

En la etapa de gabinete se realizó lo siguiente:

- Delimitación de las microcuencas utilizando un modelo de la elevación digital procesado con Global Mapper.
- Determinación de los atributos geométricos de cada microcuenca cuyo drenaje incide en la red vial.
- Partiendo de los datos antes mencionados se elaboraron los mapas: Ortofoto de las microcuencas, mapa base con curvas de nivel de las microcuencas, ortofoto de uso de suelo, mapa base con uso de suelo, mapa base del tramo en estudio **(anexos, mapas N° 1, 2, 3, 4, 5, pág. LIII-LVII)**.
- Partiendo de los parámetros geométricos de cada microcuenca se calculó: Las superficies de cada microcuencas y tiempo de concentración de cada una.
- A partir de la estación meteorológica de Condega con coordenadas 13° 20'22" LN y 86° 23'07" LW cuyos datos se presentan en **anexos, tabla N° 60, pág. LXVII**, se realizaron las curvas IDF con periodos de retorno de 15, 25 y 50 años.
- Tomando en consideración las curvas con periodo de retorno de 15 años se calculó el caudal de diseño para las microcuencas utilizando el método racional. Este método se utilizó debido a que las microcuencas tienen una superficie menor a 300 hectáreas.

### **3.2.3. Diseño hidráulico de las alcantarillas**

- Se asumió el caudal de diseño con periodo de retorno de 15 años previamente calculado por el método racional en la sección de estudio hidrológico.

- Se dimensionó basado en el caudal de diseño el diámetro de las alcantarillas correspondientes a cada drenaje natural transversal de la vía, utilizando el método de la “Federal Highway Administration (FHWA)” mediante el nomograma que se presenta en **anexos, Nomograma N° 4, pág. LXVIII**.
- Basado en el diámetro teórico encontrado mediante el nomograma se seleccionaron tubos comerciales de concreto con capacidad suficiente para evacuar las escorrentías generadas por las microcuencas.
- Se elaboraron los planos de las alcantarillas: plantas, perfiles y secciones que se utilizarán en cada sistema de drenaje.

### **3.3. Resultados del estudio de drenaje**

A continuación, se presentan los resultados de los estudios hidrológicos que se realizó con el propósito de conocer los caudales de diseño que atraviesan transversalmente la vía.

Además, se presenta el diseño de las alcantarillas necesarias para evacuar los caudales que generan las microcuencas que aportan el caudal a los drenajes naturales que afectan la vía.

#### **3.3.1. Estudio hidrológico**

Se encontraron 9 microcuencas que afectan la vía de la comunidad de San Luis a la comunidad Ocotillo cuyas superficies en todos los casos fueron menor a 300 hectáreas como se muestra en **anexos, mapa N° 1, mapa N° 2 y mapa N° 5, pag. LIII, LIV y LVII**.

En las 9 microcuencas delimitadas previamente se hizo una foto interpretación para determinar las diferentes zonas de uso del tipo de suelo, encontrándose 2 tipos de uso, el uso de bosques y el uso de pastos como se indica en **anexos, mapa N° 3 y N° 4, pag. LV y LVI**.

A partir de los mapas de uso de suelo y los coeficientes de escurrimiento descrito en **anexo, tabla N° 60, pág. LX**, se determinó el coeficiente de escurrimiento ponderado (Cp) para cada una de las 9 microcuencas como se presenta en la **tabla N° 16**.

**Tabla N° 16: Coeficiente de esorrentía por cada microcuencia**

Microcuencia	HECTAREA	Cp
1	13.52	0.437 m
2	26.20	0.435 m
3	27.84	0.433 m
4	42.99	0.434 m
5	26.73	0.433 m
6	10.52	0.433 m
7	43.59	0.432 m
8	19.97	0.434 m
9	19.36	0.434 m

Fuente: Elaboración propia.

También basado en la estación meteorológica de Condega en **anexos, tabla N° 59, pág. LVIII**, se calcularon las curvas de intensidad duración (IDF) con periodos de retorno de 15, 25, 50 años, con la **ecuación N° 20**, obteniendo los resultados que se presentan en la **tabla N° 18 y en el grafico N° 1**.

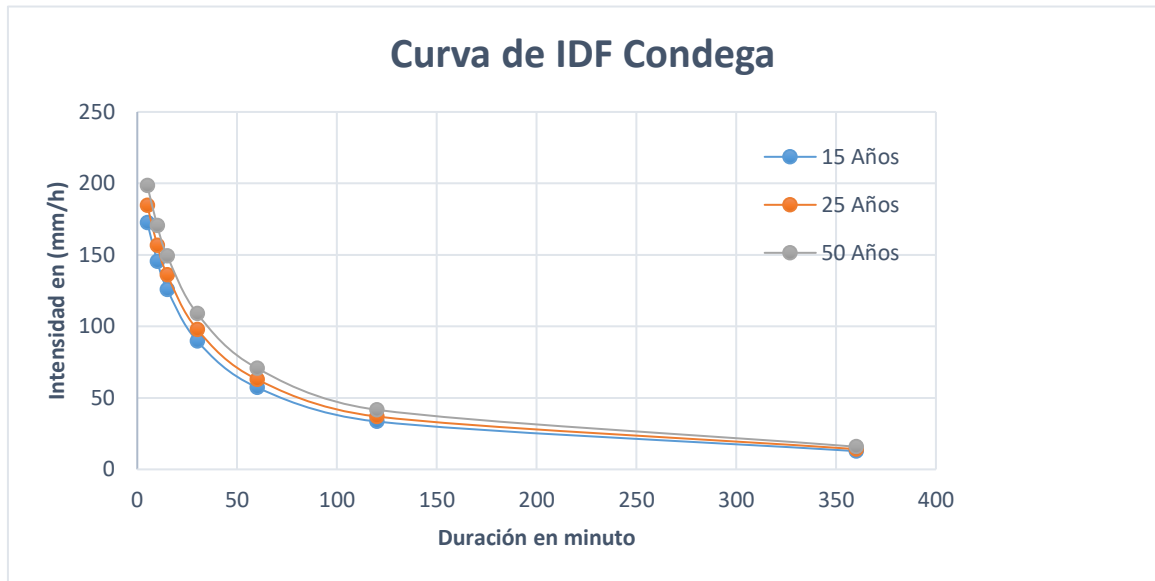
$$I = \frac{A}{(t + d)^b} \quad \text{Ecuación ( 20 )}$$

**Tabla N° 17: Intensidad duración de la precipitación**

Tr	Tiempo (minutos)						
	5	10	15	30	60	120	360
15 años	172.6	145.5	125.9	89.8	57.3	33.5	12.8
25 años	184.5	156.5	135.9	97.7	62.9	36.9	14.1
50 años	198.8	170.7	149.5	109.1	70.9	41.7	15.9

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales, pág. 76.

## Gráfico N° 1: Intensidad de la precipitación



Fuente: Elaboración propia.

Se calculó el tiempo de concentración de cada microcuenca utilizando la ecuación de Kirpich (**ecuación N° 21**).

$$T_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad \text{Ecuación ( 21 )}$$

Dónde:

L= Longitud del río principal m.

H= Diferencia de nivel entre la cota más elevada de la cuenca y la cota del sitio de análisis m.

Al aplicar la fórmula de Kirpich en cada microcuenca se obtuvieron los resultados que se presentan en la **tabla N° 18**. En el caso de la microcuenca número 6 cuyo resultado fue menor de 5 min se asumió un tiempo mínimo de 5 min como lo recomienda el método racional.



**Tabla N° 18: Tiempo de concentración por microcuencas**

Cuenca	MIN_ELEV_M	MAX_ELEV_M	LENGTH_3D	Diferencia H	Tc
1	766.135	866.198	702 m	100.06 m	6.418
2	772.984	1079.034	1098 m	306.05 m	6.997
3	830.97	1177.057	1283 m	346.09 m	7.988
4	921.047	1321	1341 m	399.95 m	7.951
5	1112.975	1193.997	859 m	81.02 m	8.792
6	1164.011	1183.966	133 m	19.95 m	5.000
7	1112.975	1164.011	551 m	51.04 m	6.292
8	1164.011	1233.059	590 m	69.05 m	6.056
9	1124.171	1241.053	702 m	116.88 m	6.047

Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado el tiempo de concentración de cada microcuenca, se vendría a determinar la intensidad de precipitación con la **ecuación N° 20, pág. 42**, basándose en la estación meteorológica de Condega **anexos, tabla N° 60, pág. LXVII**, obteniendo los resultados que se presenta en la **tabla N° 20**.

**Tabla N° 19: Intensidad de precipitación**

Microcuenca	Tc	Intensidad
1	6.418	163.93
2	6.997	160.64
3	7.988	155.31
4	7.951	155.50
5	8.792	151.24
6	5.000	172.59
7	6.292	164.66
8	6.056	166.05
9	6.047	166.11

Fuente: Elaboración propia.

El caudal de escurrimiento por cada microcuenca se calculó según el método racional previamente expuesto para lo que se utilizó la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad \text{Ecuación ( 22 )}$$

Al aplicar la **ecuación N° 22** se encontraron los caudales por microcuenca y se presentan en la **tabla N° 20**, cada uno de los caudales encontrados corresponde a los caudales de diseño.

**Tabla N° 20: Caudales por microcuencas**

Cuenca	Hectárea	Intensidad	Cp	Qd m3/s
1	13.52	163.926	0.437 m	2.69175795
2	26.20	160.638	0.435 m	5.08853326
3	27.84	155.306	0.433 m	5.20457241
4	42.99	155.498	0.434 m	8.05629384
5	26.73	151.240	0.433 m	4.85693911
6	10.52	172.592	0.433 m	2.18454431
7	43.59	164.659	0.432 m	8.61556042
8	19.97	166.054	0.434 m	3.99672352
9	19.36	166.108	0.434 m	3.88029365

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. Diseño de alcantarillas

Se propuso tubos de concreto Norma ASTM –C76, Clase A f'c: 280 kg/cm<sup>2</sup> (concretera total) obteniendo la altura del agua río arriba que corresponde al diámetro externo más una carga (0.45 m) sobre la corona (He), posteriormente se calculó He/D, luego utilizando el nomograma de la “Federal Highway Administration (FHWA)” **anexo, nomograma N° 4, pág. LIX**, se procedió a unir con una línea valores de He/D con los valores del caudal de diseño prolongando la línea hasta el diámetro teórico.

Una vez conocido el diámetro teórico se procedió a la búsqueda de un diámetro comercial cuya dimensión sea lo más cercano posible al diámetro teórico encontrándose de este modo el diámetro de la alcantarilla a utilizarse para el desagüe del caudal de diseño.

En la **tabla N° 21**, se presentan los resultados alcanzado con el procedimiento anterior en la cual se describe las dimensiones y capacidad de la alcantarilla por cada microcuenca, así mismo en **anexos, nomogramas, pág. LXI-LXVII**, se presenta los nomogramas utilizados por cada diámetro calculado.

**Tabla N° 21: Dimensionamiento de las alcantarillas**

No	Caudal de diseño m <sup>3</sup> /s	Tubería de concreto (concretera total)	Cantidad de alcantarilla	Capacidad	DI (m)	DE (m)	Carga sobre la corona	He/D
1	2.69	TB de Concreto 48"	1	3.50	1.22	1.48	0.45	1.582
2	5.09	TB de Concreto 60"	1	5.70	1.52	1.84	0.45	1.507
3	5.20	TB de Concreto 60"	1	5.70	1.52	1.84	0.45	1.507
4	8.06	2TB de Concreto 54"	2	9.40	1.37	1.66	0.45	1.540
5	4.86	TB de Concreto 60"	1	5.70	1.52	1.84	0.45	1.507
6	2.18	TB de Concreto 42"	1	2.50	1.07	1.29	0.45	1.626
7	8.62	2TB de Concreto 54"	2	9.40	1.37	1.66	0.45	1.540
8	4.00	TB de Concreto 54"	1	4.70	1.37	1.66	0.45	1.540
9	3.88	TB de Concreto 54"	1	4.70	1.37	1.66	0.45	1.540

Fuente: elaboración propia.

Con el diámetro teórico encontrado **tabla N° 22**, mediante el nomograma llegamos a proponer las alcantarillas correspondientes a cada caudal para evacuar las escorrentías generadas por las microcuencas.

**Tabla N° 22: diámetro teórico**

No	Qd m <sup>3</sup> /s	Tubería de concreto (concretera total)	Cantidad de alcantaria	DI (m)	DE (m)	Dteorico
1	2.69175795	TB de Concreto 42"	1	1.22 m	1.48 m	1.1 m
2	5.088533259	TB de Concreto 60"	1	1.52 m	1.84 m	1.47
3	5.204572409	TB de Concreto 60"	1	1.52 m	1.84 m	1.48
4	8.056293837	2TB de Concreto 54"	2	1.37 m	1.66 m	1.31
5	4.856939115	TB de Concreto 60"	1	1.52 m	1.84 m	1.42
6	2.18454431	TB de Concreto 42"	1	1.22 m	1.48 m	100
7	8.615560423	2TB de Concreto 54"	2	1.37 m	1.66 m	1.35
8	3.996723518	TB de Concreto 54"	1	1.37 m	1.66 m	1.30
9	3.880293645	TB de Concreto 54"	1	1.37 m	1.66 m	1.29

Fuente: elaboración propia.

Se elaboraron los planos de las alcantarillas: plantas y perfiles que se utilizarán en cada sistema de drenaje como se muestran en **anexos, plano H-4**.

# CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SUELO



#### **4.1. Introducción**

La exploración del suelo tiene por finalidad definir el tipo y capacidad de soporte de los suelos de fundación. Para conocer la calidad de la subrasante, se deben efectuar: calicatas como mínimo cada 250 m y la profundidad mínima de 1.50m de acuerdo al Manual para la Revisión de Estudios de Suelos (MTI, 2008, pág. 34).

Las propiedades Físico-Mecánicas se determinan con los siguientes ensayos: Análisis granulométrico ASTM D-422, Constantes Físicas ASTM D-4318, Clasificación de los suelos SUCS y AASHTO, Capacidad de Soporte (CBR), también se elabora un perfil Estratigráfico obtenido de los datos granulométrico.

Además, la capacidad de soporte del suelo se obtiene a través de los siguientes indicadores: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) y norma ASTM D-1883. Actualmente se viene reemplazando al CBR por el Módulo Resiliente (MR) especificado en la Norma AASHTO T-274 (MTI, 2008, pág. 34).

#### **4.2. Metodología del estudio de suelo**

El estudio de suelo se realizó en dos etapas una de campo, donde se tomaron las muestras de suelo en la vía de la estación San Luis – Ocotillo, seguida de una etapa de laboratorio lo cual consistió al envío de la muestra de suelo al laboratorio del MTI.

##### **4.2.1. Etapa de campo**

Para realizar la presente exploración geotécnica, se efectuaron **57** perforaciones manuales separadas 100 m una de otra, con profundidades de 1.50 m y ubicadas alternamente a lo largo de la vía.

El muestreo de los sondeos se hizo con pala posteadora y barra, clasificándose el material en el sitio visualmente y al tacto, obteniéndose de esta manera un total de **114** muestras típicas, las que fueron trasladadas al laboratorio para su clasificación definitiva, formándose grupos afines de suelos con los que se realizaron igual número de ensayos de penetración (CBR), necesarios para el diseño.

#### 4.2.2. Etapa de laboratorio

A continuación, se presenta en la **tabla N° 23**, las muestras recopiladas a las que se le realizaron los siguientes ensayos.

**Tabla N° 23: Muestra de Ensayos**

No	Prueba	Normas de Ensayo
1	Análisis Granulométrico.	ASTM-D422 o AASHTO T-88
2	Limite Líquido.	ASTM-D423 o AASHTO T-89
3	Limite Plástico e Índice de Plasticidad.	ASTM-D424 o AASHTO T-90
4	Clasificación HRB Y S.U.C.S.	ASTM-D3282 o AASHTO T-145
5	Proctor Estándar	ASTM-D698 o AASHTO T-99
6	CBR	ASTM-D1883 o AASHTO T-193

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3. Granulometría

Para conocer las propiedades de los suelos, es necesario tomar muestras; a continuación, en el laboratorio se determinarán sus propiedades: Granulometría, límite de Atterberg (líquido e índice plástico), valor soporte (CBR), densidad (Proctor), humedad.

La clasificación que se adapta mejor para reflejar las propiedades de un suelo como subrasante es la de la AASHTO.

Un suelo conforme a su granulometría se clasifica así:

- Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz No. 10 (2mm)
- Arena gruesa: de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz No. 40 (0.425 mm)
- Arena fina: de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz N0. 200 (0.075 mm)
- Limos y arcillas: tamaños menores de 0.075 mm.

Las propiedades de plasticidad se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg, las cuales son:

- Límite líquido o LL: Es el estado de un suelo, cuando pasa de un estado plástico a un estado semilíquido.
- Límite plástico o LP: Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo.
- Índice plástico o IP: es la diferencia entre LL y LP, que nos indica la plasticidad del material.

### 4.3. Resultados de los ensayos sobre la línea

A lo largo de la vía, desde la superficie del terreno hasta aproximadamente 0.25 metros de profundidad, la clasificación del suelo les corresponde a estratos intercalados, de grava limo arenoso, de media plasticidad, color café, de las cuales 53 se clasifican como **A-2-4 (0)** y 4 se clasifican como **A-2-6 (0)**, como se observa en la **tabla N° 24**.

Estos suelos tienen límite líquido que varía de 32 a 34% e índice plástico de 8.6 a 10.4%, sus partículas pasan de 45.5 a 52.9% por el tamiz #4 y de 18.9 a 21.8% por el tamiz #200.

**Tabla N° 24: Clasificación de suelo (0-25cm)**

H.R.B	Frecuencia
A-2-4 (0)	53
A-2-6 (0)	4

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente a los 0.25 metros de profundidad, subyacen estratos arcillo arenosos, de media compresibilidad, color café, con límite líquido que varía de 42.6 a 44.8%, e índice plástico de 17 a 19.9%, correspondiendo su clasificación a un **A-7-6 (9) IG=8, 10 y 11** como se muestra en la **tabla N° 25**. Sus partículas pasan el 100% por el tamiz #4 y de 59.4 a 67.5% por el tamiz #200. A continuación, se muestra la matriz de ensayo de la granulometría, límites atterberg y clasificación (**anexos, tabla N° 61, pág. LXVIII-LXXVII**).



**Tabla N° 25: Clasificación de suelo (25-150cm)**

H.R. B	Frecuencia
A-7-6 (8)	2
A-7-6 (9)	42
A-7-6 (10)	11
A-7-6 (11)	2

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.3.1. Estratigrafía del suelo**

La secuencia estratigráfica del sitio en estudio se describe, considerándose desde la superficie hasta la profundidad investigada, los sondeos realizados son constante ya que sus características son las mismas.

A continuación, se muestran una caracterización de los sondeos realizados:

- En el estrato superior, desde la superficie, hasta la profundidad de 0.25 metros se observa un material granular, correspondiente a una grava y arena arcillosa o limosa, que se clasifican de la clase **(A-2-4)** a la **(A-2-6)**, cuya fracción fina es de media plasticidad y se clasifica de excelente a bueno, para ser utilizado como base en la estructura de pavimento.
- Subyace al estrato anterior, hasta la profundidad investigada de 1.50 m, un material limoso arcilloso, que se clasifica como **(A-7-6)**, al cual corresponde un material de pobre a malo.

Estos suelos presentan las características físico-mecánicas, que se muestran en la **tabla N° 26**.

**Tabla N° 26: Característica Física de los Suelos**

Profundidad Cm	Frecuencia	Tipos de Suelo	LL, %	IP, %	Pasa Tamiz No 4	Pasa Tamiz No. 200
0-25	53	A-2-4(0)	32-34	8.1-10.1	50.6-52.2	20.6-21.8
	4	A-2-6 (0)	33.1-33.9	10.5-11	50.9-51.9	19.6-21.4
25-150	42	A-7-6(9)	42.6-44.2	17-23.7	66-70.1	12.1-18.9
	15	A-7-6(9) IG=8, 10 y 11	43.2-44.8	17.6-19.3	43.2-44.9	17.6-19.2
<b>Total</b>	114					

Fuente: Sondeos manuales proporcionados por el MTI.

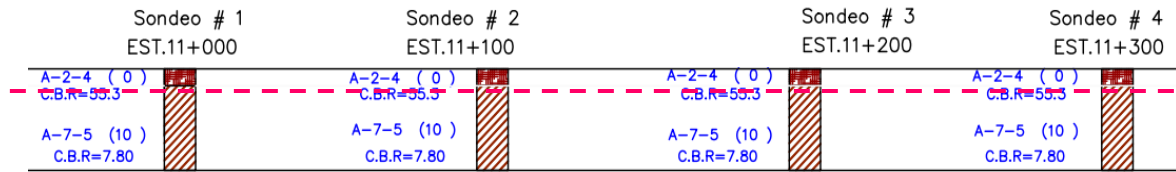
Con los suelos anteriores se formaron dos grupos con clasificaciones afines para realizarles muestras compactadas al 90, 95, y 100% Próctor Estándar y, ensayos de penetración CBR.

#### 4.3.2. Identificación de la sub rasante

La sub-rasante es la capa de una carretera que soporta a la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA , 2004, pág. XVIII).

Se consideró tomar la línea de la sub-Rasante en el terreno por debajo de los 0.30 m (simbolizada con una línea rosa). En el **grafico N° 2**, se muestra un ejemplo donde se trazo la línea rosa para los primeros 300 m de la vía, ya que según la clasificación HRB de los suelos encontrados a esta profundidad son estables con CBR > 6% como lo indica el Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2013, págs. 23, cap. 3). El detalle de todas las columnas estadigráficas se presentan en el **anexo, plano H1**.

## Gráfico N° 2: Columna estratigráfica de la estación 11+000 a la 11+300



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las especificaciones para sub-rasante según la NIC-2000 en la **tabla N° 27**.

**Tabla N° 27: Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub-rasante**

Nº	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla No. 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Límite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15% máx.	10% máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10% min	20% máx.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95% min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO-T-191 Y/O T- 238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 203. 11 (b), 1003. 21, 1003. 24 (g).

### 4.3.3. Ensayo CBR

El ensayo CBR (California Bearing Ratio): Ensayo de relación de soporte de california, mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y sirve para poder evaluar la cantidad del terreno para sub rasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad, y esta normado por la ASTM-D1883 y por la AASHTO T-193. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 94 horas de anticipación.

Se analizaron los resultados de las muestras tomando en consideración el estrato de 0 a 25 cm y el estrato de 25 a 150 cm, en ambos casos se analizaron los valores de CBR por cada kilómetro a lo largo de los 5.6 km donde se realizó 1 sondeo con 2 muestras por cada 100 m, totalizando 114 muestras correspondiente a 57 muestra por estrato como se observa en las **tablas N° 28 y N° 39.**

En el estrato superior de la vía el CBR máximo fue de 61.8 y el mínimo fue de 42.6, así mismo el estrato inferior máximo fue de 8.10 y el mínimo fue de 6.70.

**Tabla N° 28: Valores de CBR de los suelos encontrados (0-25 cm)**

Estación	# de Sondeos Realizados	Profundidad (cm)	Grupos de materiales con Características afines	CBR (%) compactado al 90, 95 y 100%.		
11+000 a 12+000	10	0 -25	A-2-4(0)	36.9	55.3	70.3
12+000 a 13+000	10	0 -25	A-2-4(0)	41	61.8	76.1
13+000 a 14+000	10	0 -25	A-2-4 (0)	41	59.9	78.4
14+000 a 15+000	10	0 -25	A-2-4(0) y A-2-6(0)	41.9	57.60	66.80
15+000 a 16+000	10	0 -25	A-2-4(0) y A-2-6(0)	32.00	48.40	68.40
16+000 a 16+600	7	0 -25	A-2-4(0)	27.7	42.6	62.20

Fuente: Estudio de suelo del MTI.

**Tabla N° 29: Valores de CBR de los suelos encontrados (25-150 cm)**

Estación	# de Sondeos Realizados	Profundidad (cm)	Grupos de materiales con Características afines	CBR (%) compactado al 90, 95 y 100%.		
11+000 a 12+000	10	25-150	A-7-6(9 y 10)	5.30	7.80	10.60
12+000 a 13+000	10	25-150	A-7-6(8, 9, 10 y 11)	4.60	6.70	9.40
13+000 a 14+000	10	25-150	A-7-6(9 y 10)	5.80	8.10	10.80
14+000 a 15+000	10	25-150	A-7-6(9 y 10)	5.50	7.10	10.60
15+000 a 16+000	10	25-150	A-7-6(9, 10 y 11)	4.40	6.70	9.70
16+000 a 16+600	7	25-150	A-7-6(9 y 10)	5.80	8.10	10.80

Fuente: Estudio de suelo del MTI

#### 4.3.4. Determinación del CBR de diseño

La metodología para la determinación del CBR de diseño consiste en:

- Identificar los valores a utilizar en el diseño del CBR, lo cual son todos los valores que se encuentran debajo de la línea de la sub rasante.
- Ordenar los valores de menor a mayor, se determina la frecuencia de cada uno de ellos y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.
- Se dibuja un gráfico que representa los valores del CBR contra los porcentajes calculados y con la curva que se obtenga se determina el CBR con el percentil que corresponda, dependiendo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño.
- El método más común para calcular el CBR de diseño es el propuesto por el instituto de asfalto, el cual en dependencia de los valores de ESAL recomienda tomar valores de 60%, 75% y 87.5% como se muestra en la **tabla N° 30**.
- Tomando en cuenta el ESAL's encontrado en el estudio de tránsito cuyo valor fue de **521,805** y basado en la **tabla N° 30**, se asume un percentil de **75%** como se observa a continuación.

**Tabla N° 30: Criterio del instituto de asfalto para determinar el CBR de diseño.**

Cargas Equivalentes Totales (ESAL's)	Percentil de diseño (%)
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 de ESAL's	75
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Manual AASTHO-93 Design Requirements.

Una vez determinado el percentil a utilizarse, se procedió a identificar los valores CBR por debajo de la sub rasante, los cuales fueron ordenados de menor a mayor,

identificando la frecuencia de cada valor y agrupándolo según el criterio de mayor o igual como se indica en la **tabla N° 31**.

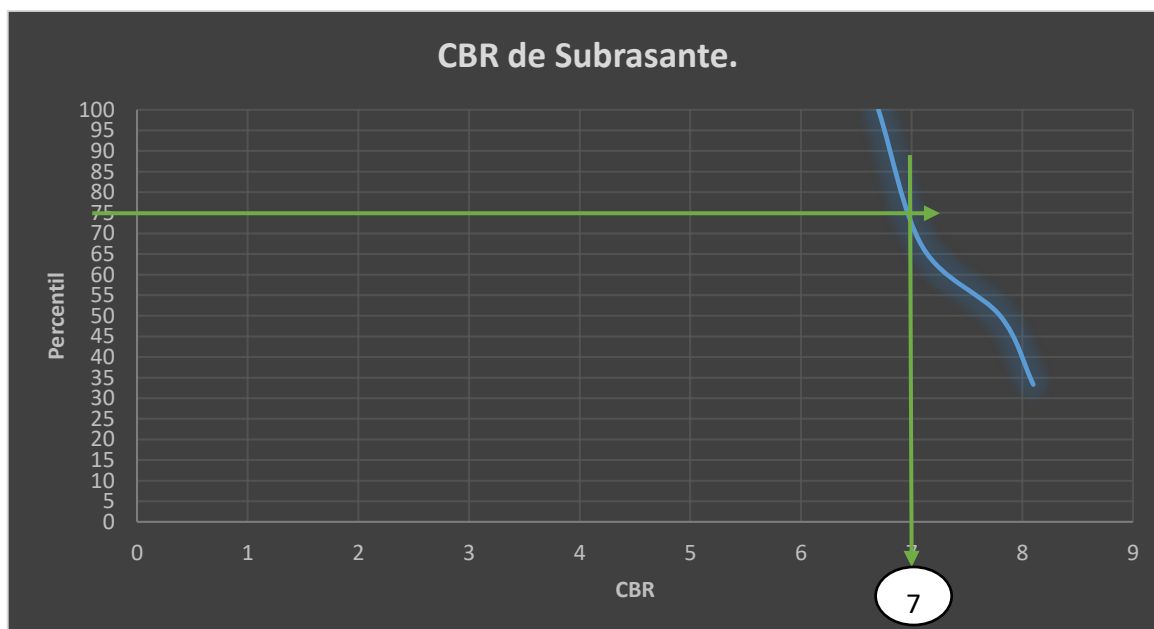
**Tabla N° 31: Cálculo para determinar el CBR de diseño**

Tipode suelo	CBR	Frecuencia	Valor mayor o igual	Porcentaje de valores	
A-7-6(8, 9, 10 y 11)	6,7	2	6	$6/6*100$	100
A-7-6(9 y 10)	7,1	1	4	$4/6*100$	66,67
A-7-6(9 y 10)	7,8	1	3	$3/6*100$	50,00
A-7-6(9 y 10)	8,1	2	2	$2/6*100$	33,33
Total		6	0		0

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores CBR y porcentajes de cada uno de los valores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para la sub rasante, eligiendo aquel valor de CBR en la abscisa que corresponda al percentil de **75%**, como se observa en el **gráfico N° 3**.

**Gráfico N° 3: Sección del CBR de diseño**



Fuente: Elaboración Propia.

Con los valores graficados del CBR y los porcentajes de cada valor teniendo en cuenta, un percentil de **75%** se determinó que el CBR para sub-rasante es de **7%**.

#### 4.4. Sondeos del banco de material

Se realizó el estudio de un banco de préstamo, realizando un pozo con dimensiones de 1.50 m. x 1.50 m. x 3.00 m., en el sitio.

A las muestras recopiladas se les realizaron los siguientes ensayos mostrados en la **tabla N° 32**.

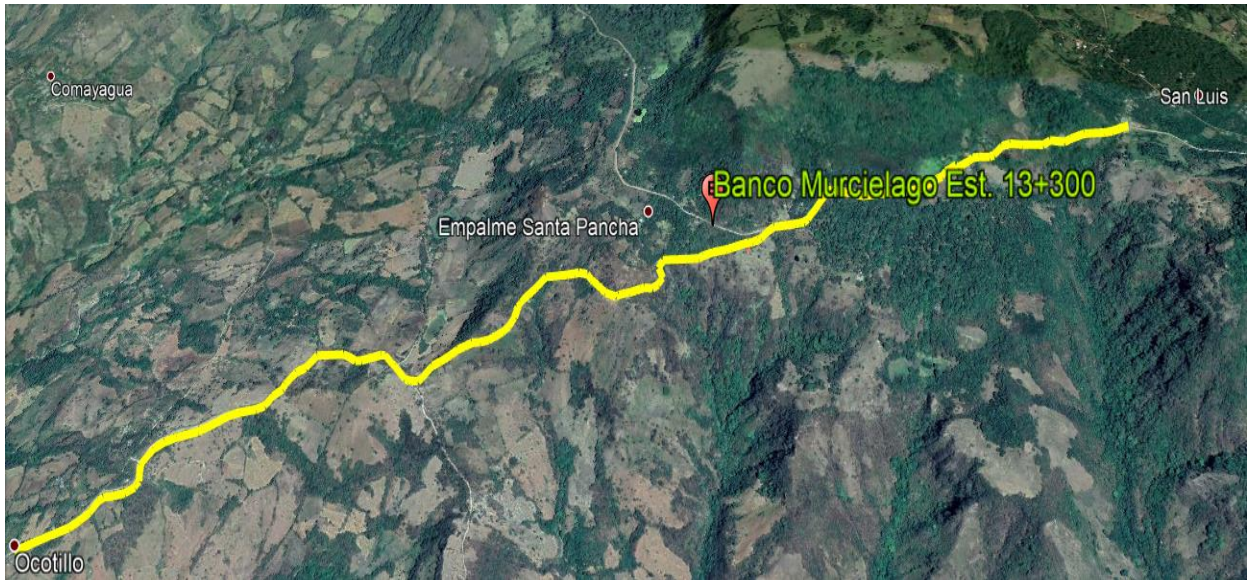
**Tabla N° 32: Pruebas de Normativa/Ensayos**

No.	Prueba	Normativa/Ensayo
1	Pozos a cielo abierto de 1.5x1.5x3m	ASTM-D420 o AASHTO T-86
2	Análisis Granulométrico	ASTM-D422 o AASHTO T-88
3	Límite Líquido	ASTM-D423 o AASHTO T-89
4	Límite plástico e Índice de plasticidad	ASTM-D424 o AASHTO T-90
5	Proctor Estándar	ASTM-D698 o AASHTO T-99
6	Peso volumétrico suelto y varillado	ASTM C-29 o AASHTO T-19
7	CBR	ASTM-D1883 o AASHTO T-193
8	Intemperismo Acelerado	ASTM C-88 o AASHTO T-104
9	Desgaste de los Ángeles	ASTM C-131 o AASHTO T-96
10	Clasificación HRB Y SUCS	ASTM D-3282 o AASHTO T-145
11	Proctor Modificado	ASTM D-1557 o AASHTO T-180
12	Humedad Natural	ASTM D-2216
13	Absorción	ASTM C-45 o AASHTO T-25

Fuente: Estudio de suelo del MTI.

Dentro de este proceso de exploración de búsqueda de bancos de materiales, se encontró un sitio que se ubica dentro de nuestro tramo en la estación 13+300 “Finca el Murciélagos” como se muestra a continuación en la **Ilustración N° 10**. En la **tabla N° 33**, se muestran los detalles del banco.

## Ilustración N° 10: Mapa de ubicación del banco de préstamo



Fuente: Elaboracion propia.

**Tabla N° 33: Se detalla la ubicación del banco y el volumen estimado de explotación de materiales para préstamo.**

Banco	Nombre del Banco	Ubicación	Coordenadas	Dueño	Volumen Aprox.	Uso del Banco
1	Finca El Murciélago	Est 13+300	X:554,824 Y:1,464,516	Julián Espinoza	12,416.899 m <sup>2</sup>	Se propone para utilizarse para capa de Base, y terracería.

Fuente: Estudio de suelo del MTI.

### 4.4.1. Resultados en bancos de préstamo

Las muestras obtenidas a través de las calicatas, se clasificaron y se sometieron a ensayos tales como de distribución de tamaños (granulometrías), límite líquido, e índice de plasticidad, determinándose la relación Densidad-Humedad por el método Proctor Estándar y modificado.

A continuación, se describen las propiedades físicas mecánicas por banco estudiado.

#### **Banco finca el murciélago**

Este se encuentra en estado activo en el proceso de la explotación. Este banco cuenta con un área total de 12,416.899 m<sup>2</sup>, cuenta con una topografía irregular y



mayormente con depresiones, donde las cotas mayores son de 430 msnm y las menores son de 390 msnm., donde la mayor altura es de 20 m.

Este banco cuenta con un área total de 12,416.899 m<sup>2</sup>, topografía irregular y mayormente con depresiones, donde las elevaciones mayores oscilan en los 430 msnm y las menores en 390 msnm.

La explotación de este banco es clasificada como cielo abierto, la beta madre del material oscila en un estrato mayor a los 20 m, después del nivel existente, este cuenta con una capa de 15 cm aproximadamente de material orgánico (Descapote), equivalente a un volumen de 2,200.00 m<sup>3</sup>, analizándolo de manera general, ahora para este banco se asume una altura de banco de explotación de 75 m, de esto obtenemos un volumen de 900,000.00 m<sup>3</sup> aproximadamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de los ensayos de laboratorio, el material corresponde a una grava limo arenosa, color café, mezclada con fragmentos de material pétreo, su clasificación H.R.B. es A-1-a (0), tiene características de compacidad no-plásticas, y sus partículas pasan 93% el tamiz de 1 1/2", 35.6% el tamiz #3/8", 24.5% por el tamiz #4 y 11.6% el tamiz #200.

El CBR practicado en muestras compactadas al 90, 95 y 100% Proctor modificado es de 42.6%; 61.1% y 84.1% respectivamente. El peso volumétrico seco máximo es de 2,032 kg/m<sup>3</sup> y su humedad óptima es de 10.2%. El ensaye de Intemperismo acelerado con sulfato de sodio se obtiene un valor de 7.8% y el ensaye de desgaste los ángeles tienen un valor de 16%.

En la **tabla N° 34** y **tabla N° 35**, se presenta el resumen de la granulometría y las propiedades físico- mecánicas del banco de material, de las fuentes de préstamos muestreadas para este estudio del banco Finca el Murciélago 13+300 localizado a banda izquierda.

**Tabla N° 34: Granulometría del banco finca el murciégalo**

N° de Calicata												Limite Liquido %	Índice de plasticidad	AASHTO
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200			
1	100	100	100	93.1	66.7	55.7	35.6	24.5	21.9	16.0	11.6	0	0	A-1-a
2	100	100	100	91.8	67.7	55.7	37.5	23.0	19.9	13.6	9.5	0	0	A-1-a
3	100	100	100	94.2	67.5	56.5	36.2	25.6	22.8	17.0	12.3	0	0	A-1-a

Fuente: Estudio de suelo del MTI.

**Tabla N° 35: Propiedades físico- mecánicas del banco de material**

Ensayos	Valor
Proctor modificado, compactado al 95% (CBR)	61.1%
Peso volumétrico seco máximo	2032 kg/m <sup>3</sup>
Humedad optima	10.2%
Intemperismo acelerado	7.8%
Desgaste	16%
Volumen explotable	900,000.00 m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia.

### **Banco Santa pancha – finca el murciélago**

Es necesario ver si el banco se ajusta a las condiciones mínimas de granulometría y resistencia (CBR), establecidas en la sección II del Artículo– 1003.23 de la NIC – 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base y sub-base, después de colocado y compactado.

El material de sub-base deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de sub-rasante y su espesor será variable según las condiciones de este.

La NIC- 2000, pág. 530, establece que el valor obtenido del CBR al 95% debe cumplir con un mínimo del 40% para poder ser utilizado como fuente de material para la capa sub-base; por tanto, el banco de préstamo El Murciélago tiene un CBR de 61.1%, puede ser utilizado como material para la capa sub-base **(anexos, tabla N° 66, pág. LXXXII).**

En este caso se utilizó el banco de préstamo El Murciélago como material de sub-base, ya que cumple con las especificaciones de la NIC - 2000 descritas anteriormente.

Para el material de base, la NIC- 2000, pág. 530, establece que el valor mínimo obtenido del CBR al 95% debe ser de 80%; de acuerdo con este criterio, el banco de préstamo propuesto no cumple con estas especificaciones. **(Anexos, tabla N°67, pág. LXXXII).**

Tomando en cuenta que el banco El Murcielago no cumple con los requisitos para utilizarse como base, se debe de estabilizar haciendo las dosificaciones de mezclas correspondientes.

### **Dosificaciones de mezcla**

Con los resultados obtenidos a través de los ensayos de laboratorio, y tomando en consideración la relación de finos del material del banco de préstamo El Murcielago, se procedió a aplicar los requisitos establecidos por la NIC – 2000 que describe lo siguiente: después del tratamiento, el material deberá tener una resistencia última a la compresión de, por lo menos, 1800 KN/m<sup>2</sup>, medida después de 7 días de curado y 7 días de saturación en el sitio, con mezcla compactada al 95% de AASHTO modificada (AASHTO T 180) y el material tratado deberá tener un índice de plasticidad menor de 6 y un módulo de plasticidad menor de 250.

Siguiendo los parámetros establecidos por la NIC – 2000 se fabricaron especímenes con diferentes proporciones de cemento, compactados al 95% próctor

estándar, concluyéndose que los suelos encontrados en el banco de material, se debe estabilizar agregándole cemento portland al 5%, este mejoramiento con cemento, muestra una resistencia a la compresión simple, a los 7, 14 y 21 días de edad, la cual se muestra a continuación en la **(tabla N° 36)**.

**Tabla N° 36: Dosificaciones de la mezcla de suelo/cemento**

Banco de materiales	PVSS (kg/m³).	Dosificación al 5% (Sacos/cemento)	Resultado de ensayos a la compresión simple, a los 7, 14 y 21 días de edad (Kg/cm²)	Resultado de ensayos a la compresión simple, a los 7, 14 y 21 días de edad (Lb/pulg)
El Murcielago	1850	2.01	24.3	345.627
			26.9	382.608
			33.2	412.215

Fuente: Estudio de suelo del MTI.

# CAPÍTULO V. ESTUDIO DE TRÁNSITO



## 5.1. Introducción

El estudio de Transito es uno de los parámetros fundamentales para determinar la cantidad de vehículos que se trasladan de un lugar a otro y así hacer un diseño de pavimento adecuado para este vehículo, el volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y demanda.

## 5.2. Metodología

En la realización del estudio hay 2 fases para su elaboración.

- Recopilación de datos.
- Procesamiento y análisis de la información.

### 5.2.1. Recopilación de Datos

La recopilación de datos del estudio se realizó por medios de un conteo vehicular en la estación ubicada en el Empalme San Luis (11+000) hacia Ocotillo.

Se realizó un foro de siete días de duración, iniciando el día Lunes 06 de Junio, del 2019 y concluyendo el día Domingo 12 del mismo mes, el conteo vehicular diario se realizó durante 12.00 horas continuas iniciando a las 06:00 horas y terminando a las 18:00 horas.

El Aforo Vehicular se realizó por medio del formato que aparece en el Anuario de Aforo de Tránsito emitido por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), donde se especifican los datos generales referentes al sitio donde se realizó el conteo: Nombre de la estación, sentido, fecha y nombre del aforo (**anexos, tabla N° 62, Pág. LXXVIII**).

### **5.2.2. Procesamiento y análisis de la información**

Los datos recolectados de campo fueron procesados mediante una hoja de cálculo con el cual se obtuvieron los resultados del TPDA diurno.

El análisis de la información sirvió para determinar el tipo de vía a partir de la cual se determinaron los criterios de diseños.

### **5.3. Resultado de los conteos vehiculares**

A continuación, se presentan los resultados del aforo vehicular realizado en la vía San Luis – Ocotillo.

#### **5.3.1. Determinación del tránsito Promedio Diurno (TPDiS)**

Para la determinación del tránsito promedio diurno, se realizó un aforo vehicular, con un periodo de 12 horas a partir del día lunes 06 de Junio, al día domingo 12 de Junio. Los resultados de tránsitos en ambos sentidos se presentan a continuación en la **tabla N° 37**.

**Tabla N° 37: Tránsito Pomedio Diurno de (12 horas) del lunes 06 a domingo, 12 de junio del año 2019**

SENTIDO	SAN LUIS - OCOTILLO							ESTACIÓN				11+000 – 16+600					
DIA	VEHÍCULOS DE PASAJEROS							VEHÍCULOS DE CARGA									
	MOTO	JEEP	CARRO	CMTA	MBUS (30-45 pas)	MBUS (15-30 pas)	BUS	CLIV	C2	C3	TxSx<=4	TxSx>=5	CxRx<=4	CxRx>=5	V.A	V.C	TOTAL
LUNES	75	8	0	67	2	1	12	14	9	-	-	-	-	-	-	-	188
MARTES	88	9	3	57	0	1	13	3	4	-	-	-	-	-	-	-	178
MIÉRCOLES	70	9	3	42	0	1	15	6	5	-	-	-	-	-	-	-	151
JUEVES	78	9	0	40	0	0	10	0	7	-	-	-	-	-	-	-	144
VIERNES	48	10	4	61	0	0	11	0	4	-	-	-	-	-	-	-	138
SÁBADO	50	9	5	63	0	1	10	5	3	-	-	-	-	-	-	-	146
DOMINGO	42	7	6	50	0	0	9	0	0	-	-	-	-	-	-	-	114
<b>TOTAL</b>	<b>451</b>	<b>61</b>	<b>21</b>	<b>380</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>80</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>1059</b>
TPDiurno (12 hrs)	65	9	3	55	1	1	11	4	5	-	-	-	-	-	-	-	151

Fuente: Elaboración propia



### 5.3.2. Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Según el anuario de tráfico publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (2018), se encontraron los factores de ajuste para el tramo San Luis – Ocotillo los cuales se muestra en la **tabla N° 38, pág. 65**.

A continuación, en la **ilustración N° 11**, se refleja la estación de mayor cobertura.

**Ilustración 11: Factores de expansión de la estación de corta dirección 3207 El regadío - Los encuentros (san Juan Limay)**

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
<b>1802 San Marcos - Masatepe</b>	NN-22	2906	ECD	Jalapa - Monte Frio
	NN-23	2905	ECS	Jalapa - El Escambray
	NN-24	5105	ECD	Palacaguina - Santa Rosa
	NN-25	5106	ECS	Palacaguina - Río Grande - La Plazuela
	NN-26	5107	ECS	Palacaguina - Los Lirios
	NN-30	5103	ECS	San Juan del Rio Coco - Emp. Las Cruces (Las Vueltas)
	NN-33	5108	ECS	Montecristo - Patio Grande - Quilalí
	NN-35	7501	ECS	Condega - El Peñasco
	NN-37	3509	ECS	Escuela Agricultura -Escuela Miraflores
	NN-38	3206	ECS	Emp. EL Regadío - El Regadío
	NN-38	3207	ECS	El Regadío - Los Encuentros (Sn Juan Limay)
	NN-39	121	ECS	Estelí - Rodeo Grande

Fuente: Anuario de Aforo Vehicular 2018.

**Tabla N° 38: Factores de ajustes de la estación 1802 San Marco – Masatepe**

<i>Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto</i>																	
Descripción	Moto	Jeep	Carro	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>=5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx>=5	V.A	V.C	Otros
Factor día	1.36	1.20	1.32	1.24	1.32	1.24	1.32	1.16	1.21	1.14	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
Factor semana	0.98	1.03	1.04	1.02	0.95	0.97	0.91	0.91	0.86	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06
Factor Fin de semana	1.06	0.93	0.90	0.96	1.16	1.08	1.34	1.30	1.70	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88
Factor Expansión	1.00	1.11	1.20	1.15	1.06	1.01	1.09	1.08	1.16	0.94	1.00	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.44

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2018), Pág. 355.

El TPDA se obtuvo en base a los resultados del tránsito promedio diario, dichos valores fueron modificados por factores de ajustes, obtenidos a partir de la estación sumaria N° 1802 San Marco – Masatepe, la cual es representativa de la zona de estudio.

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual, que se presenta en la **tabla N° 39**, se utilizó la **ecuación N° 23**.

$$TPDA = TD_{12H} * FD * FE$$

**Ecuación ( 23 )**

**Dónde:**

TD<sub>12H</sub>: Tráfico promedio diario 12 horas.

FD: Factor día.

FE: Factor Expansión.

**Tabla N° 39: Resultados obtenidos del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA - 2019) aplicando los Factores de ajustes.**

Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual																	
Vehículos	MOTO	JEEP	AUTO	CAMIONETA	Micro BUS	Mini BUS	BUS	C LIV	C2	C3	TxSx<=4	TxSx>=5	CxRx<=4	CxRx>=5	V.A	V.C	Total
<b>TPD diurno</b>	65	9	3	55	1	1	11	4	5	0	0	0	0	0	0	0	<b>151</b>
<b>Factor día</b>	1,36	1,20	1,32	1,24	1,32	1,24	1,32	1,16	1,21	1,14	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>18,41</b>
<b>Factor Expansión</b>	1.00	1,11	1,20	1,15	1,06	1,01	1,09	1,08	1,16	0,94	1,00	1,33	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>17,13</b>
<b>TPDA</b>	89	12	5	78	2	1	17	6	7	0	0	0	0	0	0	0	<b>218</b>
		<b>53,21</b>						<b>5.96</b>				<b>0%</b>					
		<b>%Vehículos Livianos</b>						<b>% Vehículo Pesado</b>				<b>% Vehículos Carga</b>					

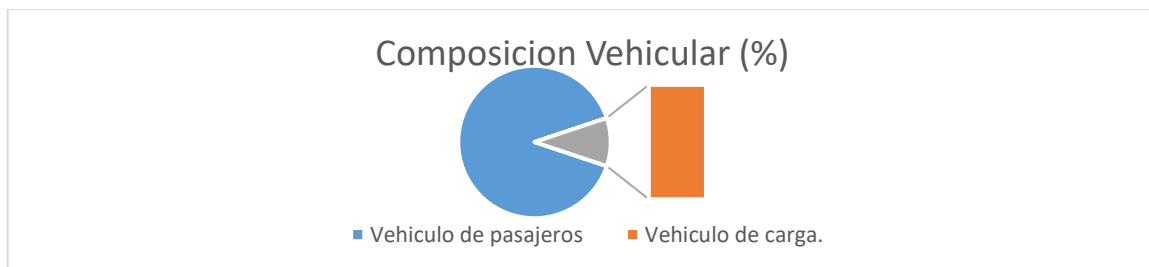
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la **tabla N° 39**, para encontrar el TPDA, no se afecta por el factor semana debido a que el aforo se realizó la semana completa.

### 5.3.3. Clasificación vehicular promedio

Conforme a los resultados de clasificación vehicular y los resultados de expansión, en la **tabla N° 39, pag 67**, se determinó la composición vehicular, la cual indica que el **53.02%** del tráfico corresponde a vehículos de pasajeros, el **6.05%** corresponden a vehículos de carga como se muestran en el **grafico N° 4**.

**Gráfico N° 4: Clasificación vehicular promedio.**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.4. Tasa de Crecimiento

En la determinación de la tasa de crecimiento vehicular futuro en el tramo San Luis – Ocotillo, el crecimiento poblacional y el crecimiento del producto interno bruto se utilizó la siguiente **ecuación N° 24**.

$$TC = \left[ \left( \frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad \text{Ecuación ( 24 )}$$

Dónde:

Tc: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n-1: Año anterior.

Para conocer la tasa de crecimiento y las proyecciones de tránsito del tramo en estudio se estudiaron las variables: PIB (producto interno bruto), tasa de crecimiento poblacional y el historial del tránsito según datos del MTI.

### 5.3.5. Determinación de la tasa de crecimiento del Producto Interno bruto

Tomando en cuenta los valores monetarios de la producción de bienes y servicios finales de un país durante un periodo de un año, se elaboró la **tabla N° 40**, donde se aprecia el comportamiento histórico del Producto Interno Bruto (PIB), desde el año 2006 al año 2018. La tasa de crecimiento se calculó usando la **ecuación N° 24**, **pág. N° 68**.

A continuación, se muestra un ejemplo interanual del 2006 – 2007 utilizando la **ecuación N° 24**, cuyo resultado se muestra a continuación.

$$TC = \left[ \left( \frac{124870.3}{118837.7} \right)^{1/(2007-2006)} \right] - 1 = 5.076\%$$

De igual manera se calcularon las tasas interanuales de crecimiento de PIB hasta el año 2018 como se muestra en la **tabla N° 40**, al final de la mencionada tabla se muestra el promedio de la tasa interanual del periodo en estudio la cual fue de **3.531%**.

**Tabla N° 40: Evaluación histórica del PIB**

AÑOS	PIB (Millones C\$)	TC
2006	118837.7	
2007	124870.3	5.076 %
2008	129160.5	3.436 %
2009	124907.7	-3.293 %
2010	130416.3	4.410 %
2011	138654.2	6.317 %
2012	147661.4	6.496 %
2013	154936.8	4.927 %
2014	162351.3	4.785 %
2015	170131.6	4.792 %
2016	177894.9	4.563 %
2017	186212.4	4.676 %
2018	179107.0	-3.816 %
<b>Promedio (2006-2018)</b>		<b>3.531 %</b>

Fuente: Anuario Estadístico Banco Central de Nicaragua (Año 2018, Pág. 8).

### 5.3.6. Tasa de crecimiento vehicular

La variación de la tasa va dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico tomada del anuario 2018. Analizando los registros históricos del año 2002 al 2018 de la estación más cercana el Regadío - Los Encuentro (San Juan Limay) N° 3207, se calculó la tasa de crecimiento vehicular cuyo valor promedio fue de **13.815%**.

Así mismo se calculó el valor promedio de la tasa de crecimiento vehicular de la estación de mayor cobertura San Marco – Masatepe, estación de control N° 1802, en la cual se obtuvo un valor promedio de **14.99% tabla N° 41**.

**Tabla N° 41: Tasa Anual de Crecimiento (TAC) y tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) por estación.**

Año	Estación 1802		Estación 3207	
	TPDA Est-P. San Marco - Masatepe	TAC	TPDA Est-S.El Regadio - Los Encuentro (San Juan Limay)	TAC
2002	3602		16	6.066
2004	3608	0.083 %	18	
2007			30	
2008	4554	26%		
2009	4887	7%		
2010	4936	8%	63	28.058
2011	5132	5%		
2012	6324	28%		
2013	6221	21%		
2014	6883	9%		
2015	7402	19%		
2016	8500	23%		
2017	8908	20%		
2018	9499	12%	111	7.320
<b>Promedio</b>		<b>14.99%</b>		<b>13.815%</b>

Fuente: Elaboración propia

Se presenta un ejemplo de la estación 1802 de los años 2002 – 2004, en la cual aplicando la **ecuación N° 24, pág. 68**, se obtuvo una tasa de crecimiento vehicular interanual de **0.083 %**, como se muestra a continuación.

$$TAC = \left[ \left( \frac{3608}{3602} \right)^{\frac{1}{2004-2002}} - 1 \right] * 100 = 0.083 \%$$

Aplicando la **ecuación N° 24**, a toda la serie de datos de la estación 1802 se obtiene los resultados que se presenta en la **tabla N° 41, pág. 70**.

A consecuencia de que las tasas de crecimiento vehicular de la estación 3207, no representa una tendencia adecuada de crecimiento por falta de continuidad en sus registros del TPDA, se asumió el crecimiento vehicular de la estación permanente No 1802, la cual presenta más consistencia en sus datos y posee mayor número de registro, obteniendo una tasa promedio de **14.99%**, **tabla N° 41, pág. 70**.

### 5.3.7. Tasa de Crecimiento Poblacional

La tasa de crecimiento poblacional se analiza con base a datos poblacionales publicados anualmente por el instituto nacional de información y desarrollo (INIDE).

Se muestra un ejemplo para los años 2006 - 2007, donde se calculan las tasas de crecimiento poblacional interanual, aplicando la **ecuación N° 24, pág. 68**, obteniendo una tasa promedio del **1.321%** como se muestra a continuación.

$$TC = \left[ \left( \frac{5595541}{5522606} \right)^{1/(2007-2006)} - 1 \right] = 1.321\%$$

En la **tabla N° 42**, se presenta la población desde el año 2006 al año 2018, con cuya serie de datos se calculó la tasa de crecimiento interanual y la tasa de crecimiento promedio, observándose un valor de **1.317%**.



**Tabla N° 42: Tasa de crecimiento poblacional**

AÑO	POB	TAC
2006	5522606	
2007	5595541	1.321
2008	5668876	1.311
2009	5742310	1.295
2010	5815524	1.275
2011	5996619	3.114
2012	6071045	1.241
2013	6134270	1.041
2014	6198154	1.041
2015	6262703	1.041
2016	6327927	1.041
2017	6393824	1.041
2018	6460411	1.041
PROMEDIO		1.317

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.8. Análisis de tasas de crecimiento

Obteniendo las tasas de crecimiento promedio del TPDA, POB y PIB a partir de las series de datos históricos se procedió a promediar las 3 tasas antes mencionadas obteniendo de esta manera la tasa de crecimiento promedio de los resultados de los indicadores de crecimiento para encontrar la tasa de crecimiento vehicular que se utilizará para las proyecciones del tránsito como se muestra en la **tabla N° 43**.

**Tabla N° 43: Promedio del PIB, TPDA Y POB**

La tasa moderada para las proyecciones del tránsito		
PIB	TPDA	Población
3.531%	13.815%	1.317%
Promedio: 6.221%		

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el promedio de las tasas de crecimiento del PIB, TPDA y POB fue de 6.221%, valor que de acuerdo con el crecimiento histórico, no refleja

adecuadamente la tasa de crecimiento vehicular, se adopta la tasa de Producto Interno Bruto de 3.531% para el crecimiento vehicular.

#### 5.4. Proyección del tránsito

Para la proyección de tránsito vehicular es necesario tener en cuenta: el volumen del vehículo para el año de inicio del proyecto (tránsito inicial), la tasa de crecimiento vehicular de la zona de estudio y el periodo al que se pretende proyectar (periodo de diseño).

Estas consideraciones se determinan con el propósito de identificar el volumen de tránsito a la cual será sometida la estructura de pavimento durante el periodo de diseño.

##### 5.4.1. Periodo de Diseño (n)

Es el tiempo designado al iniciar el diseño para el cual se determina las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo seleccionado, a un costo razonable.

La carretera en estudio se describe de acuerdo al Manual centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico, SIECA 2004, como colectoras rurales, por tanto, se asume 20 años como periodo de diseño como se presenta en la **tabla N° 44**.

**Tabla N° 44: Periodo de diseño según tipo de carretera**

Tipos de Carreteras	Periodo de diseño
Autopista Regionales	20 – 40 años
Troncales Suburbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectora Suburbanas	10 – 20 años
Colectora Rural	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico (SIECA 2004).

#### 5.4.2. Factor de crecimiento (fc)

Es un valor que indica la medida en cómo se desarrollara el volumen de tránsito conforme pasa el tiempo, por tanto, está determinada por el periodo de diseño que para el presente caso es de 20 años y por la tasa anual de crecimiento vehicular que para el siguiente análisis se asume el **3.531%**.

Para determinar el factor de crecimiento se utiliza la **ecuación N° 25**.

$$FC = \frac{[(1 + i)^n - 1]}{i} 365 \quad \text{Ecuación ( 25 )}$$

Reemplazando los valores en la **ecuación N° 25**, se obtiene un valor de **10353** para el factor crecimiento como se observa a continuación.

$$FC = \frac{[(1 + 0.0353)^{20} - 1]}{0.0353} 365 = 10355.026$$

#### 5.4.3. Proyección del tránsito (TD)

Habiendo definido la tasa anual de crecimiento y el periodo de diseño; se procede a proyectar el tránsito al año horizonte, la cual se determina con la **ecuación N° 26**.

$$T_D = TPDA (1 + Tc)^n \quad \text{Ecuación ( 26 )}$$

Dónde:

$T_D$ : Tránsito de diseño.

$TPDA$ : Tránsito promedio diario del año base.

$n$ : Periodo de diseño.

$Tc$ : Tasa de crecimiento.

A continuación, se presenta un ejemplo para calcular la proyección del tránsito de motocicleta utilizando la ecuación 15.

$$T_D = 89 (1 + 0.0353)^{20} = 179 \text{ vpd}$$

Los resultados de la proyección a 20 años por tipo de vehículo se muestran en la **tabla N° 45**, observándose un crecimiento de tránsito general de **445 vpd**.

**Tabla N° 45: Proyección de tránsito.**

TRANSITO PROYECTADO				
Tipo de vehículo	TPDA 2019	Tasa de Crecimiento	n	TPDA Proyectado 2039
Motos	89	0.0353	20	179
Jeep	12	0.0353	20	25
Autos	5	0.0353	20	11
Camionetas	79	0.0353	20	159
McBus<15 pas	2	0.0353	20	5
MnBus 15-30 pas	1	0.0353	20	3
Bus	17	0.0353	20	35
CLV	6	0.0353	20	13
C2	7	0.0353	20	15
			<b>TOTAL, vpd</b>	<b>445</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.4. Factor de distribución por dirección (FD)

El factor direccional está determinado por el sentido del flujo vehicular en ambas direcciones. Para la vía en estudio por ser una carretera con ambas direcciones de circulación se ha tomado un factor de **50%**, este valor se asume de acuerdo a los valores recomendados por el manual centroamericano para diseño de pavimento **tabla N° 46**.

**Tabla N° 46: Factor de distribución por dirección**

Número de carriles en ambas direcciones	Factor direccional (%)
2	50
4	45
6 ó más	40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, (página 29).

#### 5.4.5. Factor de distribución por carril (Fc)

El factor de carril se denomina a la forma de distribución de tránsito en un solo sentido de circulación, dicho factor está en dependencia de la cantidad de carriles que poseerá la carretera que se pretenda diseñar.

Basado en la **tabla N° 47**, recomendadas por la guía para el diseño de estructuras de pavimentos, (AASHTO 93). Se asume un factor de distribución por carril de **1** como se muestra a continuación.

**Tabla N° 47: Factor de distribución por carril**

Número de carriles en una sola dirección	Factor de distribución por carril
1	1
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de Pavimentos, (AASHTO, 1993, Pág. 58).

#### 5.4.6. Estimación del tránsito de diseño

El tráfico pesado es el que mayor daño produce a la estructura del pavimento por lo que deberá de estimarse con la mayor precisión posible.

El tránsito de diseño para un periodo de diseño de 20 años y con una tasa de crecimiento de **3.531%** se determina aplicando la **ecuación N° 27**, obteniendo un tránsito de diseño de **690,184** como se muestra en la **tabla N° 48**.

$$TD = TPDA * FC * FD * F'C$$

Ecuación ( 27 )

Dónde:

TD. Tránsito de diseño.

FC: Factor Crecimiento.

FD: Factor de distribución por carril.

F'C: Factor por Carril.

A continuación, se presenta a manera de ejemplo el tránsito de diseño para motocicleta.

$$TD = (89) (10355) (1) (0.5) = 460797$$

La **tabla N° 48**, muestra el tránsito de diseño por cada tipo de vehículo, así mismo muestra el tránsito de diseño para la vía proyectado para el año 2039 cuyo valor fue de **1128804**.

**Tabla N° 48: Tránsito de diseño**

TRANSITO DE DISEÑO					
Tipo de vehículos	Tránsito Actual (2019)	F.C.	Factor por carril (Fc')	Factor de Dirección (FD)	TD (2039)
Motos	89	10356	1	0.50	<b>460842</b>
Jeep	12	10356	1	0.50	62136
Autos	5	10356	1	0.50	25890
Camionetas	79	10356	1	0.50	409062
McBus<15 pas	2	10356	1	0.50	10356
MnBus 15-30 pas	1	10356	1	0.50	5178
Bus	17	10356	1	0.50	88026
CLV	6	10356	1	0.50	31068
C2	7	10356	1	0.50	36246
				<b>Total</b>	<b>1128804</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.5. Cálculo de ejes equivalentes (ESAL o W15)

El cálculo de ejes equivalentes se obtiene a partir del tránsito de diseño (TD) y los factores de equivalencia (F ESAL).

Por tanto, en concordancia con las características de una Colectora Rural, para la cual de acuerdo a la **tabla N° 1 pág. 13**, el vehículo de diseño es camión articulado WB15, además siendo ésta una carretera de dos carriles en una sola dirección que de acuerdo a los valores en **anexos, tabla N° 63 y 64, pág. LXXIX y LXXX**, de

factores equivalentes de carga, se asumieron los valores correspondientes a la de pavimento flexible, siendo estos  $SN= 5$ ,  $P_t = 2.00$ .

A continuación, se muestran los diagramas de cargas para determinar los ejes equivalentes (ESAL) de diseño que se muestran en **(anexos, ilustración N° 13 y la tabla N° 65, pág. LXXXI)**.

A continuación, se presenta la **tabla N° 49**, que corresponde al cálculo de eje equivalentes de 18 KIPS (8.2 TON), cuyo valor ESAL fue de **395,641**.

**Tabla N° 49: Cálculo ESAL.**

<i>Asumimos un numero estructural (SN = 5), <math>P_o = 4.2</math>, <math>P_t = 2</math>, <math>\Delta PSI = 2.2</math>.</i>							
Tipo de vehículos	Peso X eje (Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	To. 2019	TD	Factor ESAL	ESAL de diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	5.00	25.890,00	0.00038	10
	1.00	2.20	Simple			0.00038	10
Jeep	1.00	2.20	Simple	12.00	62.136,00	0.00038	24
	1.00	2.20	Simple			0.00038	24
Camionetas	1.00	2.20	Simple	78.00	409.062,00	0.00038	156
	2.00	4.40	Simple			0.0034	1391
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	1.00	10.356,00	0.0034	36
	4.00	8.80	Simple			0.502	5199
MnBus 15-30 pas	3.00	8.80	Simple	1.00	5.178,00	0.502	2600
	5.00	17.60	Simple			0.9192	4760
Bus	5.00	11.00	Simple	17.00	88.026,00	0.482	42429
	10.00	22.00	Simple			2.35	206862
CLV	4.00	8.80	Simple	6.00	31.068,00	0.502	15597
	8.00	17.60	Simple			0.9192	28558
C2	5.00	11.00	Simple	7.00	31.068,00	0.482	14975
	10.00	22.00	Simple			2.35	73010
<b>Total, ESAL'S en el carril de diseño(W18)</b>							<b>395,641</b>

Fuente: Elaboración Propia.

# **CAPÍTULO VI. DISEÑO DE ESPEORES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**





### **6.1. Estructura de pavimento**

El diseño estructural de un pavimento comienza con la previsión de los tipos de volúmenes de vehículos que pasan sobre este durante su vida útil. Se eligen los materiales que forman el pavimento y finalmente se determinan los espesores de cada una de las capas que forman el paquete estructural que soportaran las cargas previstas sin que se produzcan fallas, (AASHTO 93, págs. 18, Cap.2).

### **6.2. Metodología**

El proceso de diseño con metodología AASHTO 93 de forma resumida se presenta a continuación.

1. Determinar el número de Ejes Equivalentes (ESAL'S).
2. CBR.
3. Módulo de Resiliencia (Mr).
4. Parámetro de diseño AASTHO 93.
  - Confiabilidad (R)
  - Desviación Estándar (So).
  - Serviciabilidad (Po, Pt).
  - Perdida de serviciabilidad.
  - Coeficiente de drenaje (m).
  - Coeficiente de capa ( $a_n$ ).
5. Numero estructura SN.
6. Cálculo de espesores.

### **6.3. Diseño de estructura de pavimento**

A continuación, se presentan los criterios de diseño de pavimentos articulado (Adoquín) tomando en consideración los criterios para pavimentos articulados en el método AASHTO 93.

### **6.3.1. Carga de ejes simples equivalentes (ESAL)**

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto este compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 kN o 18 kips<sup>2</sup>, por lo que se les denominará "Equivalent simple axial load" o ESAL (ejes equivalentes) (SIECA , 2004 a, págs. 1, Cap.3 ).

Los resultados de los ejes equivalentes de tramo San Luis – Ocotillo se describieron anteriormente en el capítulo V estudio de tránsito obteniéndose un resultado de **395,641 lbs**, como se muestra en la **tabla N° 49, pág. 82** este valor se utilizará para el cálculo de número estructural (SN) utilizando el **nomograma N° 3, pág.94**.

### **6.4. CBR**

El CBR es la relación existente entre una carga que produce una deformación de 0.1 pulg, (2.5 mm) en el material en cuestión y la carga que produce esa misma deformación en una muestra patrón que es un material granular de excelente calidad que se asume como 100% (AASHTO 93, págs. 3, Cap.1).

El método del CBR para diseño de pavimentos, fue uno de los primeros en utilizarse y se basa principalmente en que a menor valor de CBR de la sub-rasante es necesario colocar mayores espesores en la estructura de pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito (SIECA , 2004 a, págs. 5, cap.4).

#### **6.4.1. CBR de diseño**

El CBR de diseño fue calculado mediante el método del instituto de asfalto y sus resultados se presentan en el **capítulo IV, grafico N° 3, pág. 58**, donde se ilustra el percentil **75%**, con un CBR asociado de **7%**. Este valor será utilizado para el cálculo del módulo de resiliencia (Mr) utilizando la **ecuación N° 28, pág. 85**.

#### 6.4.2. CBR de banco de préstamo para base y sub-base

El análisis del banco se realizó conforme a los sondeos del banco de material El Murcielago en el capítulo IV, pág. 62.

#### 6.5. Módulo de Resiliencia (MR)

Es una medida de la propiedad elástica de los suelos que la componen y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por lo tanto, se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de valores de CBR como se muestra en la **tabla N° 50**.

**Tabla N° 50: Ecuaciones para estimar el módulo de resiliencia**

Valores de CBR	Consideración	Determinación
$CBR \leq 7.2\%$	$Mr = 1500 * CBR$	Sugerida por la AASHTO 92.
$7.2\% < CBR < 20\%$	$Mr = 3000 * CBR^{0.65}$	Desarrollada en Sudáfrica para suelos finos (No se aplica en Nicaragua)
$CBR > 20\%$	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$	Utilizado para suelos granulares.

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras Alfonso Montejó Fonseca. pág. 266.

Debido a que el CBR de diseño del tramo en estudio es menor o igual que **7.2%** y teniendo en consideración la **tabla N° 50**, se asume la **ecuación N° 28**, para calcular el módulo de resiliencia.

$$Mr = 1500 * CBR$$

**Ecuación ( 28 )**

$$Mr = 1500(7) = 10,500 \text{ PSI}$$

Aplicando la **ecuación N° 24**, con el CBR de diseño cuyo valor es de **7%**, se obtuvo un módulo de resiliencia de **10,500 PSI**.

El resultado del módulo de resiliencia (Mr) de la sub-rasante se utilizará para calcular el número estructural (SN) utilizando el **nomograma N° 3, pag.94**.

### 6.5.1. Confiabilidad (R)

Este valor se refiere al grado de seguridad o veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento, puede llegar al fin de su período de diseño en buenas condiciones (SIECA , 2004 a, págs. 3, Cap. 7)

Por lo tanto, dado que el tramo de estudio es clasificado como colectoras de zona rural, se asume un nivel de confiabilidad de **R = 80 %** según los rangos presentados en la **tabla N° 51**.

**Tabla N° 51: Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera.**

Tipo de Carretera	Nivel de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regionales	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 95	75 - 95
Colectoras	50 - 80	50 - 80

Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO 93 tercera edición, pág.137.

### 6.5.2. Desviación estándar (So)

Este valor representa la desviación estándar conjunta, e incluye la desviación estándar de la ley de predicción del tránsito en el periodo de diseño con la desviación estándar de la ley de predicción del comportamiento del pavimento, es decir, el número de ejes que puede soportar un pavimento hasta que su Índice de serviciabilidad descienda por debajo de un determinado serviciabilidad final Pt (SIECA , 2004 a, págs. 56, Cap. 7).

Debido a que el presente diseño de estructura de pavimento se utiliza el adoquín en la capa de rodamiento y es una construcción nueva se asume una desviación estándar de **0.45**, recomendado por AASHTO 93 como se observa a continuación en la **tabla N° 52**.

**Tabla N° 52 Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio**

Condiciones	Pavimento Rígidos	Pavimento Articulado
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO 93 tercera edición, pág. 135.

### 6.5.3. Serviciabilidad (Po, Pt)

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otra palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (Perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0 (Pésimas condiciones) (SIECA , 2004 a, págs. 3, Cap. 3)

Para la determinación de la serviciabilidad de un pavimento se toma en cuenta que la serviciabilidad final de un pavimento (Pt) depende del tránsito y del índice de servicio inicial (Po).

De acuerdo a la **tabla N° 53**, se utiliza una serviciabilidad final (Pt) de 2, valor considerado para caminos de poco tránsito, así mismo se asumió una serviciabilidad inicial (Po) igual a 4.2 para pavimentos flexibles (adoquín).

**Tabla N° 53: Factores de Serviciabilidad.**

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
Po= 4.5 para pavimento rígidos	Pt= 2.5 o más para caminos principales
Po = 4.2 para pavimento flexibles	Pt= 2.0 para caminos de tránsito menor

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

#### 6.5.4. Pérdida de Serviciabilidad

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final (SIECA , 2004 a).

Para el presente caso aplicando la **ecuación N° 29**, se determinó una pérdida de serviciabilidad de 2.2.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

**Ecuación ( 29 )**

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.2 = 2.2$$

#### 6.5.5. Coeficiente de Drenaje (m)

Las condiciones de drenaje se tienen en cuenta con el coeficiente de drenaje Cd, que tiene en cuenta la calidad del drenaje y el tiempo en que el pavimento está sometido a niveles de humedad próximos a la saturación. Se pueden tener en cuenta subrasantes expansivas o sometidas a congelamiento (AASHTO 93, págs. 11, Cap. 1)

Para el presente diseño se asume una capacidad de drenaje buena y un porcentaje de pavimento expuesto a humedad del 25%, por lo que se obtienen un coeficiente de drenaje  $m_1 = 1.00$  como se indica en la **tabla N° 54**.

**Tabla 54: Porcentaje del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación.**

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto de humedad cercano a la saturación.			
	<1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
Excelente	1.40 -1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - .05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobres	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

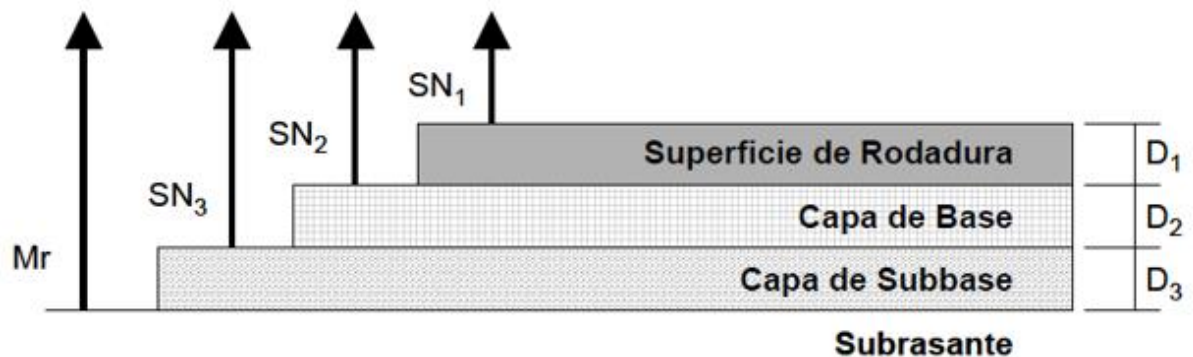
Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO 93 tercera edición, pág. 148.

### 6.5.6. Coeficiente de capa ( $a_n$ )

El método AASHTO 93 asigna a cada capa del pavimento un coeficiente ( $a_n$ ), los cuales son requeridos para el diseño estructural de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN (SIECA , 2004 a)

Para evitar las deformaciones excesivas, los materiales son seleccionados para cada capa: Superficie de rodadura, base granular y sub-base con buen CBR, límites, etc. (Ilustración N° 12).

Ilustración N° 12: Estructura de Pavimento Articulado.



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1,993.

Representados con la siguiente simbología:

**$a_1$ : Carpeta de rodamiento (Adoquín).**

El coeficiente estructural  $a_1$  es una medida de la habilidad relativa de una unidad de espesor de un material/mezcla determinado, para servir como un componente estructural de un pavimento.

Los coeficientes estructurales ( $a_1$ ) que son empleados en el Método AASHTO 93, los cuales utilizaremos en el diseño de la carretera son los siguientes:

Un valor de  $a_1 = 0.45$  este coeficiente estructural de la capa de rodamiento (Adoquín) ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA,

2000, págs. 107, Cap. 7) usando un adoquín tipo tráfico 3500 si de resistencia a la compresión para la capa de rodamiento.

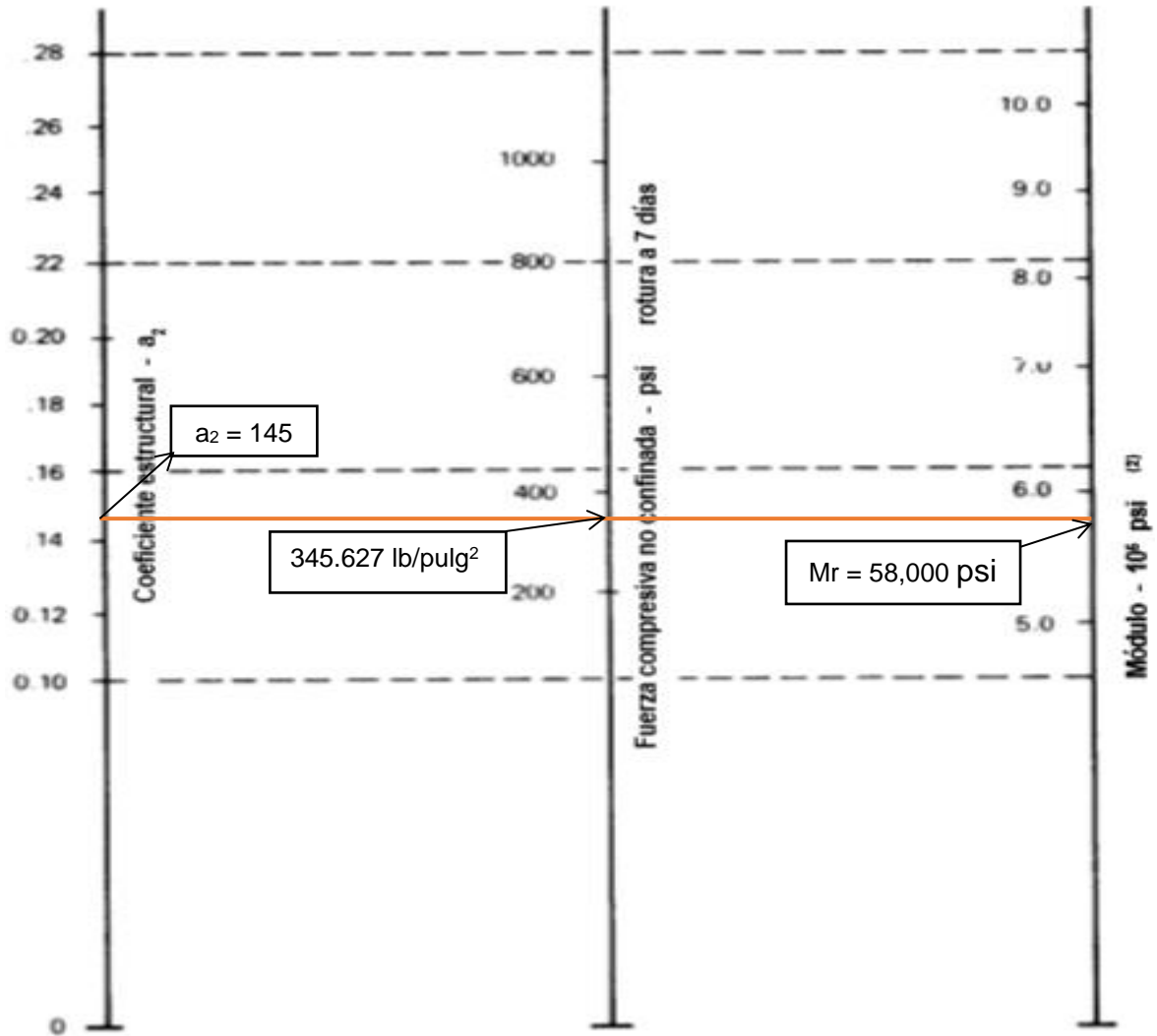
**a<sub>2</sub>: Base granular (Banco de Préstamo).**

La determinación del coeficiente estructural a<sub>2</sub> se realizó en base a la aplicación del nomograma para base tratada con cemento proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993 Pág. 3-36).

El valor de Resistencia a Compresión usado para la determinación del coeficiente estructural a<sub>2</sub> es igual 24.3 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a 345.627 lb/pulg<sup>2</sup> que corresponde al Banco de Préstamo El Murcielago clasificado como un material A-1-a (0), de acuerdo a la línea trazada en el **nomograma N° 1**, se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de **a<sub>2</sub> = 0.145** y en la escala derecha un módulo resiliente para base de **Mr = 58,000 psi**.



**Nomograma N° 1: cálculo de coeficiente estructural  $a_2$  y MR para base estabilizada**

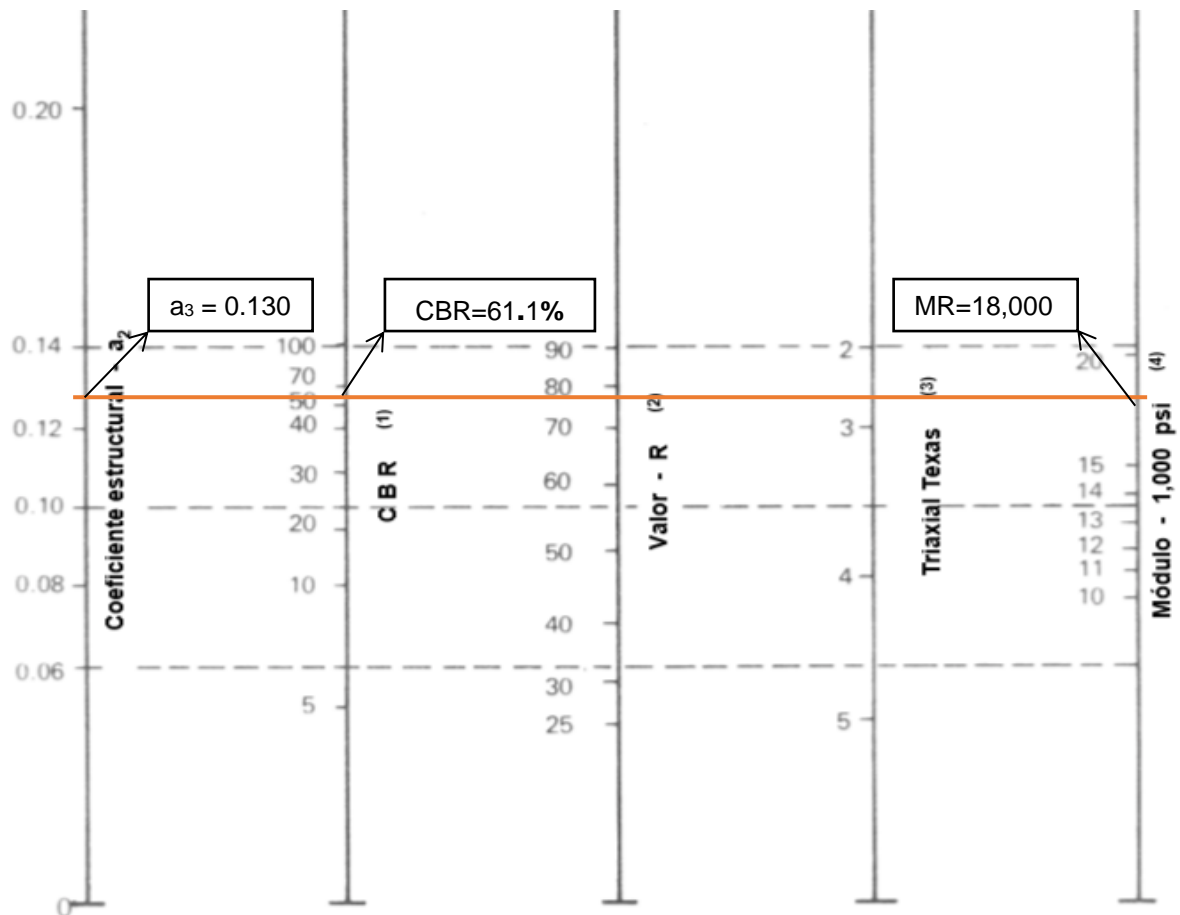


Fuente: Manual centroamericano para el diseño de pavimentos SIECA (Cap. 7, pág. 16).

**$a_3$ : sub-base granular (Banco de Préstamo).**

El valor de CBR usado para el cálculo de la Sub-Base es igual a 61.1%% que corresponde al banco de préstamo El Murcielago clasificado como un material A-1-a (0), de acuerdo a la línea trazada en el **nomograma N° 2** se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de  $a_3 = 0.130$  y en la escala derecha un módulo resiliente para sub-base de **MR= 18,000 PSI**.

## Nomograma N° 2: cálculo de coeficiente estructural $a_3$ y MR para Sub-Base



Fuente: Manual centroamericano para el diseño de pavimentos SIECA (Cap. 7, pág. 17).

### 6.6. Número Estructural

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil (SIECA , 2004 a)

Según el Manual para la Revisión de Diseño de Pavimento, en la página número 61, el número estructural (SN) se puede expresar en la **ecuación N° 30**.

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

**Ecuación ( 30 )**

$D_1, D_2, D_3$ = espesores de capas asfálticas, base y sub-base respectivamente en (pulgadas).

$a_i$ = coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo.

$m_i$  = coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

### 6.7. Cálculo de espesores

Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA , 2004, pág. 107) el espesor  $D_1$  para este caso está definido, debido que se utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto,  $D_1= 4$  pulgadas y el coeficiente estructural  $a_1$ : 0.45, para el cálculo del mismo se usa la siguiente ecuación:

$$SN1 = a_1 * D_1 \quad \text{Ecuación ( 31 )}$$

$$SN1 = (0.45 * 4) = 1.80$$

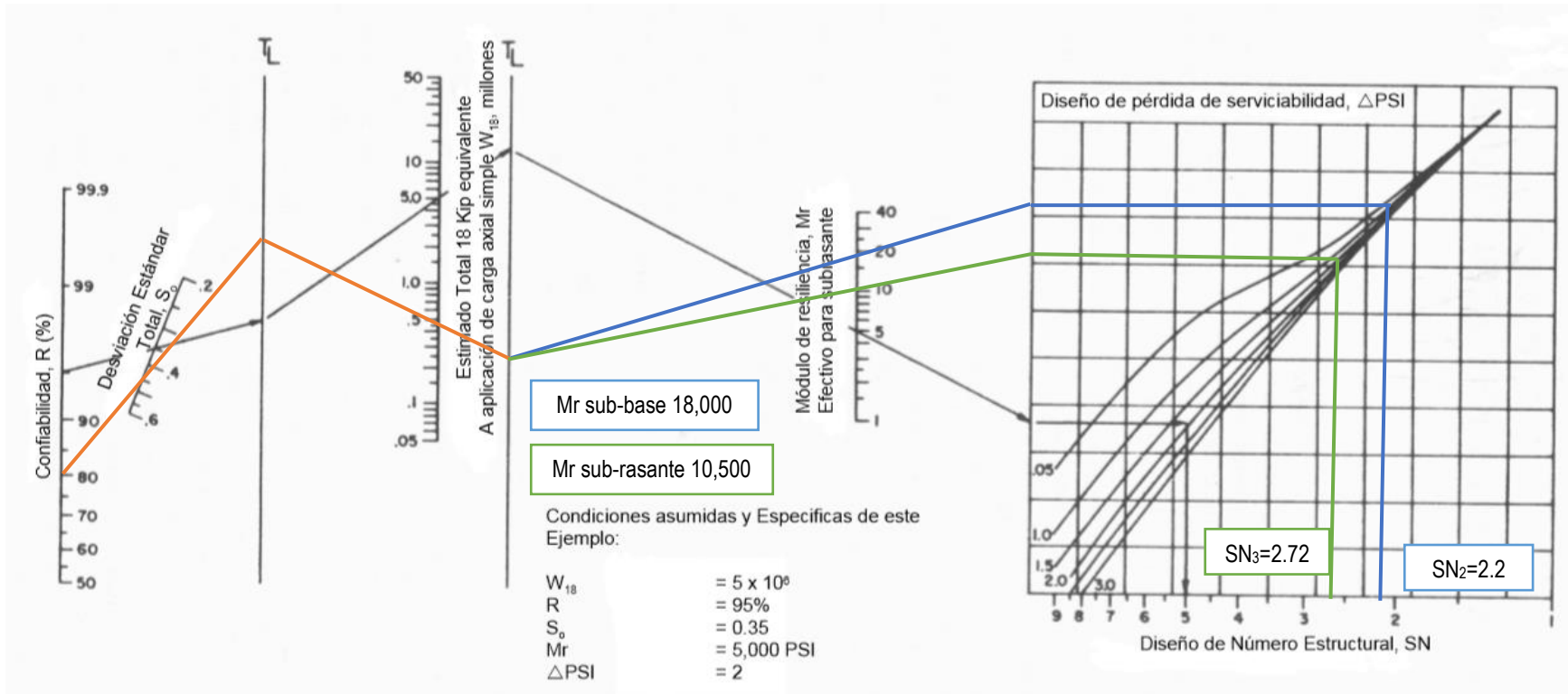
Haciendo del **nomograma N° 3** establecido por la guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), se hace el cálculo de  $SN_2$  Y  $SN_3$  con los datos de la **tabla N° 55**.

**Tabla N° 55: Datos a utilizar**

Nombre	Valor
Confiabilidad R	80%
Desviación Estandar $S_o$	0.45
ESAL	395,641
Módulo Resiliente $M_r$ sub-base	18,000 psi
Módulo Resiliente $M_r$ sub-rasante	10,500 psi
Predida de serviciabilidad $\Delta PSI$	2.2

Fuente: Elaboración propia.

### Nomograma N° 3: Número Estructural Requerido para Sub-rasante



Fuente: Manual centroamericano para el diseño de pavimentos SIECA (Cap. 7, pág. 6).

### 6.8. Cálculo del espesor de la base (D2) y Sub-base (D3)

Una vez calculado el valor de SN1, se utiliza la fórmula siguiente para encontrar D2 de la base:

$$D2 = (SN2 - SN1)/(a2 * m) \quad \text{Ecuación ( 32 )}$$

$$D2 = \frac{(2.2 - 1.80)}{(0.145 * 1)} = 2.76 \text{ Pulg "no cumple"}$$

Por tanto, 4 pulgadas será el espesor que se requiere para que D2 correspondiente a la capa de la Base, resista los esfuerzos que le transmitirá la carpeta de adoquín, comprobando este espesor de acuerdo a la **tabla N°56**, de espesores mínimos, tomando en cuenta que para el ESAL´S de diseño igual a **395,641** el espesor mínimo de la base es 4 pulgada (10.16 centímetros).

**Tabla N° 56: Espesores mínimos sugeridos**

Numero de ESAL´S	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Adoquín	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 – 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, MTI 2002, pág 147.

Haciendo uso de los espesores mínimos sugeridos por AASHTO 93 se corrige el número estructural SN2:

$$SN2 = (a2 * D2 * m) \quad \text{Ecuación ( 33 )}$$

$$SN2 = (0.145 * 4 * 1) = 0.580$$

Para la Sub-Base ( $D_3$ ):

$$D_3 = SN_3 - (SN_2 + SN_1) / (a_3 * m) \quad \text{Ecuación ( 34 )}$$

$$D_3 = \frac{2.72 - (0.580 + 1.80)}{0.130 * 1} = 2.615$$

Tomando en cuenta que el resultado del cálculo para la Sub-Base ( $D_3$ ) es demasiado bajo o una capa muy delgada y que implica una inversión económica, se le tendrá que incrementar a la base para que absorba ese esfuerzo, recalculando el espesor de la base, como se muestra en la **ecuación N° 35**.

$$D_2 = \frac{2.72 - 1.80}{0.145 * 1} = 6.345 \text{ pulg} \quad \text{Ecuación ( 35 )}$$

Por tanto, se propone un  $D_2 = 6.345$  pulg, para el nuevo cálculo del número estructural  $SN_2$ , dando como resultado lo siguiente:

$$SN_2 = (0.145 * 6.345 * 1) = 0.92$$

Comprobando

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN \text{ Requerido} \quad \text{Ecuación ( 36 )}$$

$$1.80 + 0.92 \geq SN \text{ Requerido}$$

$$2.72 \geq 2.72 \text{ "Correcto"}$$

### 6.8.1. Espesores finales de Diseño

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la carpeta de rodamiento del tramo de carretera de 5.6 km San Luis - Ocotillo, será de 4 pulgadas ya que en este caso se utilizará adoquín y la base será de 6.345 pulg, a continuación, en la **tabla N° 57**, se detallan los siguientes espesores de diseño.

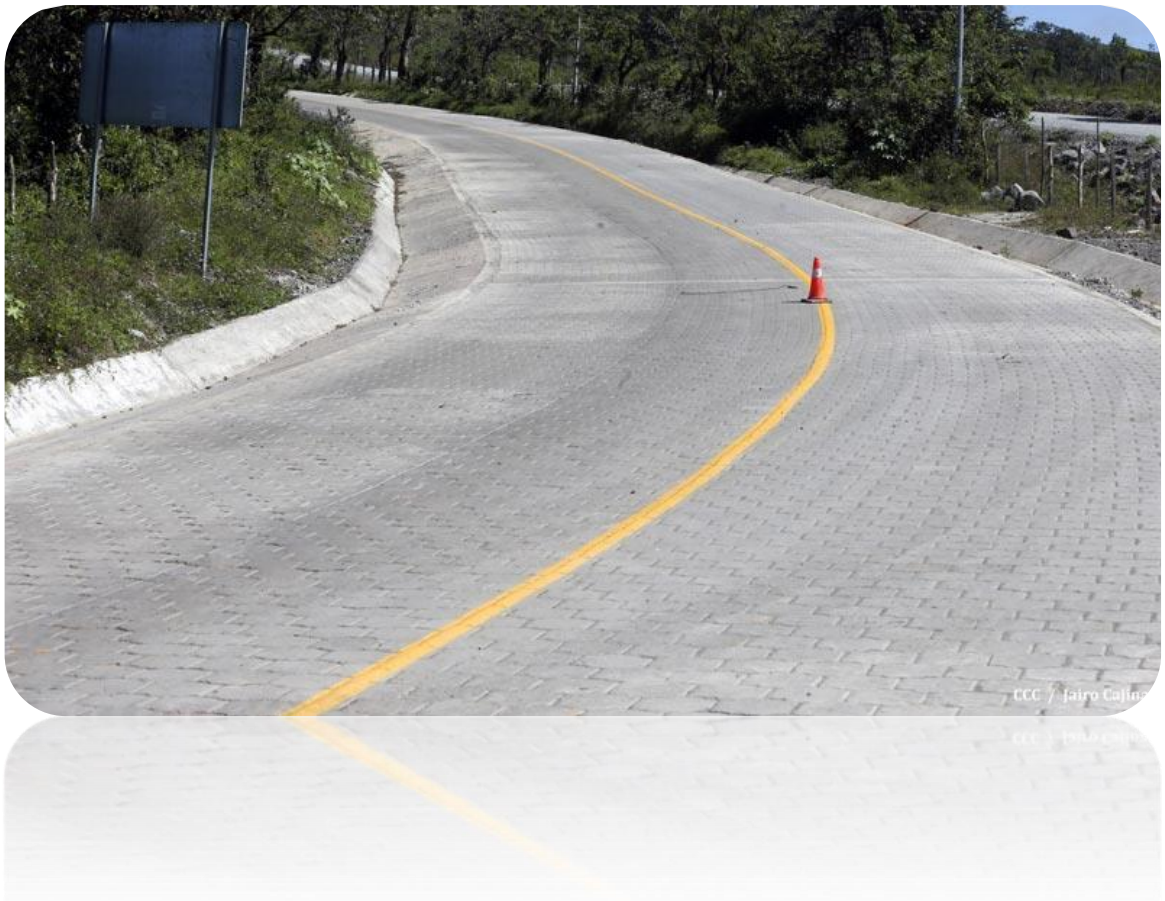
**Tabla N° 57: Espesores finales de diseño**

Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de rodamiento (Adoquín)	4	10
Capa de arena	2	5
Base	6.34	16.12
Espesor Total Requerido	12.34	32

Fuente: Elaboración Propia.

La sección típica se muestra en **anexos, plano H-2**.

# CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





## 7.1. Conclusión

A partir del estudio topográfico se determinó que la longitud del tramo estudiado es de 5.6 Km. La topografía del terreno es rural montañosa con pendientes mayores al 19.05%.

La velocidad de diseño que rige en el proyecto es de 50 km/h, en el diseño se obtuvieron 48 curvas horizontales y 62 curvas verticales las cuales cumplen con los criterios del Manual de la SIECA 2004.

En el estudio de drenaje, se diseñaron alcantarillas correspondientes a cada caudal para evacuar las escorrentías generadas por las microcuencas que existen en la vía en estudio, donde se obtuvo un total de 8 alcantarillas.

En el estudio de suelo se analizaron un total de 57 sondeos manuales separadas 100 m una de otra con profundidades de 1.50 m, se determinó que los suelos predominantes son los grupos A-2-4 y A-7-6.

El cálculo del CBR de la Sub- Rasante resulto de 7 %, tomando un percentil de 75%.

En el aforo vehicular se determinó un volumen vehicular semanal de 1059, una tasa de crecimiento del 3.531%, un TPDA de 218 vehículo/día y un Esal de **395,641** para un periodo de diseño de 20 años.

En el diseño de pavimento se determinó los espesores restantes son de 10 centímetros para carpeta de rodamiento (adoquín), 5 centímetros de colchón de arena y 16.12 centímetro para la base.

## **7.2. Recomendaciones**

Considerar pares de puntos geo-referenciados ubicándose a 150 m de uno al otro y a la vez asignar su ubicación y respectivas coordenadas.

En los sectores donde las pendientes sean mayores del 12 % se recomienda colocar vigas transversales de 20 x 40 cm a cada 20 m para evitar el deslissamiento de la estructura.

Tomando en cuenta que el banco de material no cumple con los requisitos para material base según NIC-2000, pag. 530, se opta por hacer docificación de mezcla de 24.3 Kg/Cm<sup>3</sup>.

Para la proyección del tránsito se deberá utilizar una tasa moderada de 3.531%, no excediendo en este rango del 3 a 4%.

### 7.3. Bibliografía

- AASHTO 93. (s.f.). *Diseño de pavimentos*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2014/07/06/manual-de-diseno-de-pavimentos-en-base-al-metodo-aasht0-93/>
- Banco Central de Nicaragua. (2018). *Anuario anual*. Managua.
- INAA. (1985). *Guía técnica para el diseño de alcantarrillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales*. Managua: INAA.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima.
- MTI. (2008). *Manual para revisión de diseño de pavimentos*. Managua: MTI.
- MTI. (2018). *Anuario de aforos de tráfico*. Managua.
- NIC- 2000. (s.f.). *Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes*.
- SIECA . (2004 a). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala: SIECA.
- SIECA. (2000). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*.
- SIECA. (2004). *Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*. GUTEMALA: SIECA.
- SIECA. (2011). *MANual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras gestión de riesgos y seguridad vial*. Managua: 3a.

# **ANEXOS**

**Tabla N° 58: Bm's del tramo de estudio**

<b>Punto</b>	<b>Coordenadas X</b>	<b>Coordenadas Y</b>	<b>Elevación Z (m)</b>	<b>Descripción</b>
1	556,983.92	1,464,797.90	1,256.55	BM1
2	556,929.32	1,464,874.12	1,258.53	BM2
3	556,718.50	1,464,960.60	1,248.96	BM3
4	556,681.30	1,464,926.58	1,248.14	BM4
5	556,606.40	1,464,913.33	1,239.57	BM5
6	556,525.61	1,464,919.67	1,227.41	BM6
7	556,484.29	1,464,909.25	1,221.98	BM7
8	556,290.34	1,464,910.18	1,198.62	BM8
9	556,193.77	1,464,941.56	1,187.16	BM9
10	556,111.75	1,464,877.12	1,175.15	BM10
11	556,050.78	1,464,889.22	1,169.60	BM11
12	555,757.31	1,464,729.50	1,150.29	BM12
13	555,468.98	1,464,701.23	1,151.41	BM13
14	555,378.97	1,464,733.82	1,151.41	BM14
15	555,248.23	1,464,589.15	1,126.30	BM15
16	555,091.43	1,464,568.66	1,121.76	BM16
17	555,042.08	1,464,507.05	1,117.24	BM17
18	554,949.95	1,464,481.44	1,109.43	BM18
19	554,850.02	1,464,481.91	1,097.73	BM19
20	554,765.11	1,464,451.60	1,097.03	BM20
21	554,630.57	1,464,450.11	1,086.81	BM21
22	554,637.51	1,464,358.55	1,080.33	BM22
23	554,444.13	1,464,318.56	1,054.56	BM23
24	554,363.41	1,464,372.40	1,043.09	BM24
25	554,310.25	1,464,443.33	1,034.79	BM25
26	554,133.59	1,464,448.98	1,011.42	BM26
27	554,043.79	1,464,352.15	992.85	BM27
28	553,963.50	1,464,236.42	968.9	BM28
29	553,775.49	1,464,200.35	944.6	BM29
30	553,682.43	1,464,147.95	929.78	BM30
31	553,547.26	1,464,106.84	907.63	BM31
32	553,469.03	1,464,221.87	888.33	BM32
33	553,342.67	1,464,209.99	871.37	BM33

Punto	Coordenadas X	Coordenadas Y	Elevación Z (m)	Descripción
34	553,282.25	1,464,242.96	864.75	BM34
35	552,968.25	1,464,039.92	846.22	BM35
36	552,845.77	1,464,034.06	838.02	BM36
37	552,752.44	1,463,977.68	830.97	BM37
38	552,624.84	1,463,956.82	819.67	BM38
39	552,572.54	1,463,910.08	819.16	BM39
40	552,526.22	1,463,872.92	808.47	BM40
41	552,514.12	1,463,751.03	801.87	BM41
42	552,386.91	1,463,734.84	786.21	BM42
43	552,325.29	1,463,643.58	773.02	BM43
44	552,069.61	1,463,536.28	737.28	BM44

Fuente: Elaboración Propia.

## Curvas horizontales

### Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	10+900.000	1464788.312	557074.696
End:	10+965.315	1464796.601	557009.909

### Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	65.315	Course:	N 82° 42' 34.3738" W

### Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	10+965.315	1464796.601	557009.909
RP:		1464869.863	557019.282
PT:	11+020.315	1464822.344	556962.739

### Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	42° 39' 57.2560"	Type:	RIGHT

Radius:	73.859	Tangent:	28.845
Length:	55.000	External:	5.433
Mid-Ord:	5.061	Course:	N 61° 22' 35.7458" W
Chord:	53.738		

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+020.315	1464822.344	556962.739
End:	11+084.489	1464871.473	556921.451

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	64.174	Course:	N 40° 02' 37.1178" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+084.489	1464871.473	556921.451
RP:		1464802.984	556839.955
PT:	11+144.489	1464904.419	556872.255

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	32° 17' 36.2494"	Type:	LEFT
Radius:	106.454		
Length:	60.000	Tangent:	30.820
Mid-Ord:	4.199	External:	4.372
Chord:	59.209	Course:	N 56° 11' 25.2425" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+144.489	1464904.419	556872.255
End:	11+252.879	1464937.306	556768.975

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
-----------	-------	-----------	-------

Length: 108.389

Course: N 72° 20' 13.3672" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+252.879	1464937.306	556768.975
RP:		1464833.762	556736.004
PT:	11+312.879	1464939.213	556709.765

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	31° 38' 08.5740"	Type:	LEFT
Radius:	108.667		
Length:	60.000	Tangent:	30.786
Mid-Ord:	4.115	External:	4.277
Chord:	59.241	Course:	N 88° 09' 17.6543" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+312.879	1464939.213	556709.765
End:	11+379.696	1464923.080	556644.924

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	66.818	Course:	S 76° 01' 38.0587" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+379.696	1464923.080	556644.924
RP:		1465092.957	556602.655
PT:	11+439.696	1464918.755	556585.375

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	19° 38' 16.4664"	Type:	RIGHT
Radius:	175.057		



Length: 60.000 Tangent: 30.297  
 Mid-Ord: 2.564 External: 2.602  
 Chord: 59.707 Course: S 85° 50' 46.2920" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+439.696	1464918.755	556585.375
End:	11+467.066	1464921.457	556558.139

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	27.369	Course:	N 84° 20' 05.4748" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+467.066	1464921.457	556558.139
RP:		1464712.197	556537.381
PT:	11+537.066	1464916.753	556488.621

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	19° 04' 21.1653"	Type:	LEFT
Radius:	210.287		
Length:	70.000	Tangent:	35.327
Mid-Ord:	2.906	External:	2.947
Chord:	69.677	Course:	S 86° 07' 43.9425" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+537.066	1464916.753	556488.621
End:	11+570.643	1464908.967	556455.959

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	33.577	Course:	S 76° 35' 33.3599" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+570.643	1464908.967	556455.959
RP:		1464997.464	556434.864
PT:	11+610.643	1464908.405	556416.284

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	25° 11' 29.6122"	Type:	RIGHT
Radius:	90.976		
Length:	40.000	Tangent:	20.329
Mid-Ord:	2.190	External:	2.244
Chord:	39.679	Course:	S 89° 11' 18.1660" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+610.643	1464908.405	556416.284
End:	11+634.388	1464913.254	556393.039

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	23.746	Course:	N 78° 12' 57.0279" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+634.388	1464913.254	556393.039
RP:		1464838.177	556377.376
PT:	11+674.388	1464911.076	556353.551

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	29° 52' 58.2603"	Type:	LEFT
Radius:	76.694		
Length:	40.000	Tangent:	20.466

Mid-Ord: 2.593 External: 2.684  
 Chord: 39.548 Course: S 86° 50' 33.8419" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+674.388	1464911.076	556353.551
End:	11+677.914	1464909.981	556350.200

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	3.526	Course:	S 71° 54' 04.7118" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+677.914	1464909.981	556350.200
RP:		1464965.818	556331.951
PT:	11+707.914	1464908.186	556320.579

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	29° 15' 38.7970"	Type:	RIGHT
Radius:	58.743		
Length:	30.000	Tangent:	15.335
Mid-Ord:	1.905	External:	1.969
Chord:	29.675	Course:	S 86° 31' 54.1103" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+707.914	1464908.186	556320.579
End:	11+818.578	1464929.609	556212.008

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	110.664	Course:	N 78° 50' 16.4912" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+818.578	1464929.609	556212.008
RP:		1464861.126	556198.495
PT:	11+878.578	1464916.066	556155.437

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	49° 14' 58.3630"	Type:	LEFT
Radius:	69.803		
Length:	60.000	Tangent:	31.995
Mid-Ord:	6.348	External:	6.983
Chord:	58.170	Course:	S 76° 32' 14.3273" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+878.578	1464916.066	556155.437
End:	11+913.710	1464894.394	556127.785

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	35.132	Course:	S 51° 54' 45.1458" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+913.710	1464894.394	556127.785
RP:		1464948.462	556085.410
PT:	11+963.710	1464879.904	556081.078

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	41° 42' 10.2675"	Type:	RIGHT
Radius:	68.695		
Length:	50.000	Tangent:	26.165
Mid-Ord:	4.499	External:	4.814

Chord: 48.904 Course: S 72° 45' 50.2796" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	11+963.710	1464879.904	556081.078
End:	11+976.576	1464880.715	556068.237

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	12.866	Course:	N 86° 23' 04.5866" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	11+976.576	1464880.715	556068.237
RP:		1464790.347	556062.527
PT:	12+026.576	1464870.279	556019.986

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	31° 38' 17.6964"	Type:	LEFT
Radius:	90.548		
Length:	50.000	Tangent:	25.655
Mid-Ord:	3.429	External:	3.564
Chord:	49.367	Course:	S 77° 47' 46.5652" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	12+026.576	1464870.279	556019.986
End:	12+255.646	1464762.657	555817.772

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	229.069	Course:	S 61° 58' 37.7170" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	12+255.646	1464762.657	555817.772
RP:		1465102.658	555636.817
PT:	12+395.646	1464720.536	555685.066

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	20° 49' 34.9895"	Type:	RIGHT
Radius:	385.156		
Length:	140.000	Tangent:	70.781
Mid-Ord:	6.344	External:	6.450
Chord:	139.231	Course:	S 72° 23' 25.2118" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	12+395.646	1464720.536	555685.066
End:	12+548.616	1464701.373	555533.300

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	152.971	Course:	S 82° 48' 12.7065" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	12+548.616	1464701.373	555533.300
RP:		1464856.340	555513.733
PT:	12+608.616	1464705.333	555473.800

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	22° 00' 32.1773"	Type:	RIGHT
Radius:	156.198		
Length:	60.000	Tangent:	30.374
Mid-Ord:	2.872	External:	2.926
Chord:	59.632	Course:	N 86° 11' 31.2048" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	12+608.616	1464705.333	555473.800
End:	12+679.980	1464723.577	555404.808

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	71.363	Course:	N 75° 11' 15.1162" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	12+679.980	1464723.577	555404.808
RP:		1464668.614	555390.274
PT:	12+744.980	1464704.628	555346.283

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	65° 30' 25.3233"	Type:	LEFT
Radius:	56.852		
Length:	65.000	Tangent:	36.574
Mid-Ord:	9.039	External:	10.748
Chord:	61.517	Course:	S 72° 03' 32.2222" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	12+744.980	1464704.628	555346.283
End:	12+846.041	1464626.429	555282.265

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	101.061	Course:	S 39° 18' 19.5605" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
-------------	---------	----------	---------

PC:	12+846.041	1464626.429	555282.265
RP:		1464700.201	555192.150
PT:	12+936.041	1464584.470	555205.166

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	44° 16' 40.4616"	Type:	RIGHT
Radius:	116.460		
Length:	90.000	Tangent:	47.382
Mid-Ord:	8.586	External:	9.270
Chord:	87.777	Course:	S 61° 26' 39.7913" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	12+936.041	1464584.470	555205.166
End:	12+992.833	1464578.123	555148.729

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	56.792	Course:	S 83° 35' 00.0221" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	12+992.833	1464578.123	555148.729
RP:		1464470.104	555160.878
PT:	13+062.833	1464549.195	555086.310

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	36° 53' 49.1720"	Type:	LEFT
Radius:	108.700		
Length:	70.000	Tangent:	36.262
Mid-Ord:	5.586	External:	5.889
Chord:	68.797	Course:	S 65° 08' 05.4361" W



Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	13+062.833	1464549.195	555086.310
End:	13+095.929	1464526.492	555062.229

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	33.096	Course:	S 46° 41' 10.8500" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	13+095.929	1464526.492	555062.229
RP:		1464584.339	555007.690
PT:	13+135.929	1464507.363	555027.579

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	28° 49' 36.4724"	Type:	RIGHT
Radius:	79.503		
Length:	40.000	Tangent:	20.433
Mid-Ord:	2.502	External:	2.584
Chord:	39.579	Course:	S 61° 05' 59.0862" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	13+135.929	1464507.363	555027.579
End:	13+212.686	1464488.162	554953.262

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	76.757	Course:	S 75° 30' 47.3224" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	13+212.686	1464488.162	554953.262

RP: 1464762.477 554882.386  
 PT: 13+272.686 1464479.393 554894.020

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	12° 08' 01.1042"	Type:	RIGHT
Radius:	283.324		
Length:	60.000	Tangent:	30.113
Mid-Ord:	1.587	External:	1.596
Chord:	59.888	Course:	S 81° 34' 47.8745" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	13+272.686	1464479.393	554894.020
End:	13+298.175	1464478.346	554868.553

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	25.489	Course:	S 87° 38' 48.4267" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	13+298.175	1464478.346	554868.553
RP:		1464269.310	554877.143
PT:	13+348.175	1464470.371	554819.313

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	13° 41' 35.6261"	Type:	LEFT
Radius:	209.212		
Length:	50.000	Tangent:	25.120
Mid-Ord:	1.492	External:	1.503
Chord:	49.881	Course:	S 80° 48' 00.6136" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	13+348.175	1464470.371	554819.313
End:	13+356.859	1464467.971	554810.968

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	8.684	Course:	S 73° 57' 12.8005" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	13+356.859	1464467.971	554810.968
RP:		1464713.702	554740.290
PT:	13+416.859	1464458.272	554751.896

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	13° 26' 41.1748"	Type:	RIGHT
Radius:	255.694		
Length:	60.000	Tangent:	30.138
Mid-Ord:	1.758	External:	1.770
Chord:	59.862	Course:	S 80° 40' 33.3879" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	13+416.859	1464458.272	554751.896
End:	13+510.558	1464454.019	554658.293

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	93.700	Course:	S 87° 23' 53.9753" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	13+510.558	1464454.019	554658.293
RP:		1464419.830	554659.847

PT: 13+575.558 1464407.331 554627.986

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	108° 49' 03.7432"	Type:	LEFT
Radius:	34.224		
Length:	65.000	Tangent:	47.820
Mid-Ord:	14.306	External:	24.581
Chord:	55.662	Course:	S 32° 59' 22.1037" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	13+575.558	1464407.331	554627.986
End:	13+591.397	1464392.586	554633.770

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	15.839	Course:	S 21° 25' 09.7679" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	13+591.397	1464392.586	554633.770
RP:		1464381.210	554604.771
PT:	13+646.397	1464350.557	554610.319

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	101° 09' 36.2345"	Type:	RIGHT
Radius:	31.151		
Length:	55.000	Tangent:	37.897
Mid-Ord:	11.370	External:	17.906
Chord:	48.130	Course:	S 29° 09' 38.3494" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
-------------	------------	----------	---------

Start:	13+646.397	1464350.557	554610.319
End:	13+771.888	1464328.206	554486.834

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	125.491	Course:	S 79° 44' 26.4666" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	13+771.888	1464328.206	554486.834
RP:		1464444.172	554465.845
PT:	13+891.888	1464365.440	554378.153

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	58° 20' 27.5134"	Type:	RIGHT
Radius:	117.850		
Length:	120.000	Tangent:	65.785
Mid-Ord:	14.947	External:	17.118
Chord:	114.883	Course:	N 71° 05' 19.7767" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	13+891.888	1464365.440	554378.153
End:	13+964.766	1464419.669	554329.465

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	72.879	Course:	N 41° 55' 06.0199" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	13+964.766	1464419.669	554329.465
RP:		1464363.136	554266.498
PT:	14+034.766	1464447.751	554267.511

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	47° 23' 45.1394"	Type:	LEFT
Radius:	84.621		
Length:	70.000	Tangent:	37.143
Mid-Ord:	7.136	External:	7.793
Chord:	68.021	Course:	N 65° 36' 58.5897" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	14+034.766	1464447.751	554267.511
End:	14+141.534	1464449.029	554160.751

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	106.767	Course:	N 89° 18' 51.1594" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	14+141.534	1464449.029	554160.751
RP:		1464383.608	554159.968
PT:	14+191.534	1464431.379	554115.263

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	43° 47' 11.9139"	Type:	LEFT
Radius:	65.426		
Length:	50.000	Tangent:	26.292
Mid-Ord:	4.719	External:	5.085
Chord:	48.792	Course:	S 68° 47' 32.8837" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	14+191.534	1464431.379	554115.263

End: 14+284.069 1464368.151 554047.699

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	92.535	Course:	S 46° 53' 56.9267" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	14+284.069	1464368.151	554047.699
RP:		1464285.446	554125.094
PT:	14+344.069	1464317.710	554016.516

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	30° 20' 59.9570"	Type:	LEFT
Radius:	113.270		
Length:	60.000	Tangent:	30.722
Mid-Ord:	3.950	External:	4.092
Chord:	59.301	Course:	S 31° 43' 26.9482" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	14+344.069	1464317.710	554016.516
End:	14+348.392	1464313.566	554015.285

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	4.323	Course:	S 16° 32' 56.9697" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	14+348.392	1464313.566	554015.285
RP:		1464350.389	553891.362
PT:	14+503.392	1464221.556	553902.079

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	68° 41' 43.5426"	Type:	RIGHT
Radius:	129.279		
Length:	155.000	Tangent:	88.346
Mid-Ord:	22.542	External:	27.303
Chord:	145.881	Course:	S 50° 53' 48.7411" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	14+503.392	1464221.556	553902.079
End:	14+547.707	1464217.882	553857.917

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	44.315	Course:	S 85° 14' 40.5124" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	14+547.707	1464217.882	553857.917
RP:		1463994.033	553876.539
PT:	14+647.707	1464188.044	553763.336

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	25° 30' 27.2587"	Type:	LEFT
Radius:	224.623		
Length:	100.000	Tangent:	50.843
Mid-Ord:	5.542	External:	5.682
Chord:	99.176	Course:	S 72° 29' 26.8830" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	14+647.707	1464188.044	553763.336
End:	14+729.101	1464147.024	553693.034



Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	81.394	Course:	S 59° 44' 13.2537" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	14+729.101	1464147.024	553693.034
RP:		1463986.082	553786.942
PT:	14+779.101	1464116.367	553653.725

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	15° 22' 27.5570"	Type:	LEFT
Radius:	186.336		
Length:	50.000	Tangent:	25.151
Mid-Ord:	1.675	External:	1.690
Chord:	49.850	Course:	S 52° 02' 59.4752" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	14+779.101	1464116.367	553653.725
End:	14+785.873	1464111.526	553648.990

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	6.772	Course:	S 44° 21' 45.6967" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	14+785.873	1464111.526	553648.990
RP:		1464157.480	553602.002
PT:	14+895.873	1464115.459	553551.466

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
-----------	-------	-----------	-------

Delta:	95° 53' 39.4894"	Type:	RIGHT
Radius:	65.724		
Length:	110.000	Tangent:	72.858
Mid-Ord:	21.701	External:	32.398
Chord:	97.603	Course:	N 87° 41' 24.5587" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	14+895.873	1464115.459	553551.466
End:	15+003.296	1464198.059	553482.785

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	107.423	Course:	N 39° 44' 34.8140" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+003.296	1464198.059	553482.785
RP:		1464162.008	553439.427
PT:	15+063.296	1464217.414	553428.949

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	60° 57' 57.3236"	Type:	LEFT
Radius:	56.388		
Length:	60.000	Tangent:	33.192
Mid-Ord:	7.794	External:	9.044
Chord:	57.209	Course:	N 70° 13' 33.4758" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+063.296	1464217.414	553428.949
End:	15+129.121	1464205.182	553364.271

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	65.825	Course:	S 79° 17' 27.8624" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+129.121	1464205.182	553364.271
RP:		1464266.144	553352.742
PT:	15+179.121	1464215.613	553316.744

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	46° 10' 30.3845"	Type:	RIGHT
Radius:	62.042		
Length:	50.000	Tangent:	26.447
Mid-Ord:	4.969	External:	5.402
Chord:	48.658	Course:	N 77° 37' 16.9454" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+179.121	1464215.613	553316.744
End:	15+194.179	1464224.350	553304.480

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	15.058	Course:	N 54° 32' 01.7531" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+194.179	1464224.350	553304.480
RP:		1464163.074	553260.827
PT:	15+234.179	1464238.023	553267.389

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	30° 27' 44.6154"	Type:	LEFT

Radius:	75.235	Tangent:	20.485
Length:	40.000	External:	2.739
Mid-Ord:	2.643	Course:	N 69° 45' 54.0609" W
Chord:	39.531		

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+234.179	1464238.023	553267.389
End:	15+313.427	1464244.935	553188.443

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	79.248	Course:	N 84° 59' 46.3686" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+313.427	1464244.935	553188.443
RP:		1464195.564	553184.120
PT:	15+373.427	1464217.007	553139.440

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	69° 21' 58.2703"	Type:	LEFT
Radius:	49.559		
Length:	60.000	Tangent:	34.295
Mid-Ord:	8.806	External:	10.709
Chord:	56.402	Course:	S 60° 19' 14.4963" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+373.427	1464217.007	553139.440
End:	15+375.701	1464214.958	553138.457

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
-----------	-------	-----------	-------

Length: 2.273 Course: S 25° 38' 15.3611" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+375.701	1464214.958	553138.457
RP:		1464250.701	553063.981
PT:	15+415.701	1464184.398	553113.256

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	27° 44' 35.1977"	Type:	RIGHT
Radius:	82.609		
Length:	40.000	Tangent:	20.400
Mid-Ord:	2.409	External:	2.482
Chord:	39.610	Course:	S 39° 30' 32.9600" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+415.701	1464184.398	553113.256
End:	15+442.088	1464168.658	553092.077

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	26.387	Course:	S 53° 22' 50.5588" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+442.088	1464168.658	553092.077
RP:		1464080.518	553157.582
PT:	15+482.088	1464139.539	553064.976

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	20° 52' 11.0995"	Type:	LEFT
Radius:	109.816		

Length: 40.000 Tangent: 20.224  
 Mid-Ord: 1.816 External: 1.847  
 Chord: 39.779 Course: S 42° 56' 45.0091" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+482.088	1464139.539	553064.976
End:	15+497.388	1464126.637	553056.752

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	15.300	Course:	S 32° 30' 39.4593" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+497.388	1464126.637	553056.752
RP:		1464190.168	552957.071
PT:	15+547.388	1464091.318	553021.888

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	24° 14' 08.7478"	Type:	RIGHT
Radius:	118.205		
Length:	50.000	Tangent:	25.380
Mid-Ord:	2.634	External:	2.694
Chord:	49.628	Course:	S 44° 37' 43.8332" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+547.388	1464091.318	553021.888
End:	15+553.915	1464087.739	553016.430

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	6.527	Course:	S 56° 44' 48.2071" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+553.915	1464087.739	553016.430
RP:		1463931.002	553119.203
PT:	15+593.915	1464062.416	552985.564

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	12° 13' 40.3507"	Type:	LEFT
Radius:	187.427		
Length:	40.000	Tangent:	20.076
Mid-Ord:	1.066	External:	1.072
Chord:	39.924	Course:	S 50° 37' 58.0317" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+593.915	1464062.416	552985.564
End:	15+602.395	1464056.370	552979.619

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	8.479	Course:	S 44° 31' 07.8564" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+602.395	1464056.370	552979.619
RP:		1464097.549	552937.742
PT:	15+642.395	1464039.190	552944.349

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	39° 01' 18.2197"	Type:	RIGHT
Radius:	58.732		
Length:	40.000	Tangent:	20.811

Mid-Ord: 3.373 External: 3.578  
 Chord: 39.231 Course: S 64° 01' 46.9662" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+642.395	1464039.190	552944.349
End:	15+715.009	1464031.021	552872.196

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	72.614	Course:	S 83° 32' 26.0760" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+715.009	1464031.021	552872.196
RP:		1463827.582	552895.229
PT:	15+785.009	1464011.523	552805.321

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	19° 35' 21.8740"	Type:	LEFT
Radius:	204.738		
Length:	70.000	Tangent:	35.345
Mid-Ord:	2.984	External:	3.028
Chord:	69.660	Course:	S 73° 44' 45.1390" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+785.009	1464011.523	552805.321
End:	15+845.248	1463985.070	552751.201

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	60.239	Course:	S 63° 57' 04.2020" W



Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+845.248	1463985.070	552751.201
RP:		1464201.717	552645.307
PT:	15+925.248	1463962.394	552674.865

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	19° 00' 29.3699"	Type:	RIGHT
Radius:	241.142		
Length:	80.000	Tangent:	40.371
Mid-Ord:	3.310	External:	3.356
Chord:	79.634	Course:	S 73° 27' 18.8870" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+925.248	1463962.394	552674.865
End:	15+925.388	1463962.376	552674.725

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	0.140	Course:	S 82° 57' 33.5715" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	15+925.388	1463962.376	552674.725
RP:		1463772.020	552698.235
PT:	15+985.388	1463945.903	552617.285

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	17° 55' 24.1320"	Type:	LEFT
Radius:	191.802		
Length:	60.000	Tangent:	30.247
Mid-Ord:	2.341	External:	2.370

Chord: 59.756 Course: S 73° 59' 51.5059" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	15+985.388	1463945.903	552617.285
End:	16+032.086	1463926.194	552574.950

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	46.698	Course:	S 65° 02' 09.4399" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	16+032.086	1463926.194	552574.950
RP:		1463863.265	552604.247
PT:	16+082.086	1463891.238	552540.718

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	41° 16' 13.8128"	Type:	LEFT
Radius:	69.415		
Length:	50.000	Tangent:	26.140
Mid-Ord:	4.453	External:	4.759
Chord:	48.926	Course:	S 44° 24' 02.5334" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	16+082.086	1463891.238	552540.718
End:	16+120.648	1463855.947	552525.178

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	38.562	Course:	S 23° 45' 55.6270" W

---

Curve Point Data

XXX

Description	Station	Northing	Easting
PC:	16+120.648	1463855.947	552525.178
RP:		1463829.091	552586.166
PT:	16+170.648	1463807.150	552523.243

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	42° 59' 22.6497"	Type:	LEFT
Radius:	66.639		
Length:	50.000	Tangent:	26.243
Mid-Ord:	4.635	External:	4.981
Chord:	48.835	Course:	S 02° 16' 14.3022" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	16+170.648	1463807.150	552523.243
End:	16+180.051	1463798.271	552526.339

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	9.403	Course:	S 19° 13' 27.0227" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	16+180.051	1463798.271	552526.339
RP:		1463784.755	552487.580
PT:	16+255.051	1463743.837	552490.827

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	104° 41' 18.4091"	Type:	RIGHT
Radius:	41.047		
Length:	75.000	Tangent:	53.194
Mid-Ord:	15.971	External:	26.142
Chord:	64.994	Course:	S 33° 07' 12.1819" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	16+255.051	1463743.837	552490.827
End:	16+326.672	1463738.173	552419.429

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	71.621	Course:	S 85° 27' 51.3865" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	16+326.672	1463738.173	552419.429
RP:		1463681.475	552423.927
PT:	16+376.672	1463714.175	552377.391

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	50° 22' 08.2041"	Type:	LEFT
Radius:	56.876		
Length:	50.000	Tangent:	26.745
Mid-Ord:	5.407	External:	5.974
Chord:	48.405	Course:	S 60° 16' 47.2844" W

---

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	16+376.672	1463714.175	552377.391
End:	16+401.045	1463694.233	552363.379

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	24.373	Course:	S 35° 05' 43.1823" W

---

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
-------------	---------	----------	---------

PC: 16+401.045 1463694.233 552363.379  
 RP: 1463835.325 552162.590  
 PT: 16+551.045 1463604.551 552246.053

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	35° 01' 16.7500"	Type:	RIGHT
Radius:	245.404		
Length:	150.000	Tangent:	77.426
Mid-Ord:	11.372	External:	11.924
Chord:	147.676	Course:	S 52° 36' 21.5574" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	16+551.045	1463604.551	552246.053
End:	16+696.527	1463555.071	552109.244

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	145.482	Course:	S 70° 06' 59.9324" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	16+696.527	1463555.071	552109.244
RP:		1463476.303	552137.732
PT:	16+700.000	1463553.823	552106.003

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	02° 22' 32.1060"	Type:	LEFT
Radius:	83.762		
Length:	3.473	Tangent:	1.737
Mid-Ord:	0.018	External:	0.018
Chord:	3.473	Course:	S 68° 55' 43.8794" W

## Curvas verticales

PVI	Station	Grade Out	Curve Length
0.00	10+900.00	-3.99%	
1.00	10+931.50	-5.68%	50.000m
Vertical Curve Information:(crest curve) <hr/> PVC Station: 10+906.49 Elevation: 1,260.241m PVI Station: 10+931.50 Elevation: 1,259.244m PVT Station: 10+956.49 Elevation: 1,257.824m High Point: 10+906.49 Elevation: 1,260.241m Grade in: -3.99% Grade out: -5.68% Change: 1.69% K: Curve Length: 50.000m Passing Distance: Stopping Distance:			
2.00	10+998.16	4.55%	35.000m
Vertical Curve Information:(sag curve) <hr/> PVC Station: 10+980.67 Elevation: 1,256.450m PVI Station: 10+998.16 Elevation: 1,255.456m PVT Station: 11+015.67 Elevation: 1,256.253m Low Point: 11+000.10 Elevation: 1,255.898m Grade in: -5.68% Grade out: 4.55% Change: 10.23% K: Curve Length: 35.000m Headlight Distance:			
3.00	11+073.51	-8.57%	50.000m
Vertical Curve Information:(crest curve) <hr/> PVC Station: 11+048.48 Elevation: 1,257.747m PVI Station: 11+073.51 Elevation: 1,258.886m PVT Station: 11+098.48 Elevation: 1,256.747m High Point: 11+065.86 Elevation: 1,258.142m Grade in: 4.55% Grade out: -8.57% Change: 13.12% K: Curve Length: 50.000m			

	Passing Distance:	Stopping Distance:
4.00	11+143.78	-3.24% 35.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)	
	PVC Station:	11+126.31 Elevation: 1,254.363m
	PVI Station:	11+143.78 Elevation: 1,252.865m
	PVT Station:	11+161.31 Elevation: 1,252.298m
	Low Point:	11+161.31 Elevation: 1,252.298m
	Grade in:	-8.57% Grade out: -3.24%
	Change:	5.33% K:
	Curve Length:	35.000m
	Headlight Distance:	
5.00	11+195.08	-0.31% 45.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)	
	PVC Station:	11+172.59 Elevation: 1,251.932m
	PVI Station:	11+195.08 Elevation: 1,251.204m
	PVT Station:	11+217.59 Elevation: 1,251.133m
	Low Point:	11+217.59 Elevation: 1,251.133m
	Grade in:	-3.24% Grade out: -0.31%
	Change:	2.93% K:
	Curve Length:	45.000m
	Headlight Distance:	
6.00	11+249.48	-3.45% 55.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)	
	PVC Station:	11+221.98 Elevation: 1,251.120m
	PVI Station:	11+249.48 Elevation: 1,251.034m
	PVT Station:	11+276.98 Elevation: 1,250.087m
	High Point:	11+221.98 Elevation: 1,251.120m
	Grade in:	-0.31% Grade out: -3.45%
	Change:	3.13% K:
	Curve Length:	55.000m
	Passing Distance:	Stopping Distance:
7.00	11+310.67	-3.95% 30.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)	

	PVC Station: 11+295.67 Elevation: 1,249.443m PVI Station: 11+310.67 Elevation: 1,248.926m PVT Station: 11+325.67 Elevation: 1,248.333m High Point: 11+295.67 Elevation: 1,249.443m Grade in: -3.45% Grade out: -3.95% Change: 0.51% K: Curve Length: 30.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
8.00	11+353.96	-12.07%	50.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve) <hr/> PVC Station: 11+328.88 Elevation: 1,248.206m PVI Station: 11+353.96 Elevation: 1,247.214m PVT Station: 11+378.88 Elevation: 1,244.207m High Point: 11+328.88 Elevation: 1,248.206m Grade in: -3.95% Grade out: -12.07% Change: 8.11% K: Curve Length: 50.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
9.00	11+406.58	-14.81%	45.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve) <hr/> PVC Station: 11+384.04 Elevation: 1,243.584m PVI Station: 11+406.58 Elevation: 1,240.864m PVT Station: 11+429.04 Elevation: 1,237.539m High Point: 11+384.04 Elevation: 1,243.584m Grade in: -12.07% Grade out: -14.81% Change: 2.74% K: Curve Length: 45.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
10.00	11+513.09	-11.88%	100.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve) <hr/> PVC Station: 11+463.19 Elevation: 1,232.483m PVI Station: 11+513.09 Elevation: 1,225.094m PVT Station: 11+563.19 Elevation: 1,219.144m		



	Low Point: 11+563.19	Elevation: 1,219.144m	
	Grade in: -14.81%	Grade out: -11.88%	
	Change: 2.93%	K:	
	Curve Length: 100.000m		
	Headlight Distance:		
11.00	11+785.91	-14.21%	100.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 11+735.83	Elevation: 1,198.639m	
	PVI Station: 11+785.91	Elevation: 1,192.691m	
	PVT Station: 11+835.83	Elevation: 1,185.596m	
	High Point: 11+735.83	Elevation: 1,198.639m	
	Grade in: -11.88%	Grade out: -14.21%	
	Change: 2.33%	K:	
	Curve Length: 100.000m		
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
12.00	11+880.20	-7.62%	50.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 11+855.28	Elevation: 1,182.832m	
	PVI Station: 11+880.20	Elevation: 1,179.292m	
	PVT Station: 11+905.28	Elevation: 1,177.381m	
	Low Point: 11+905.28	Elevation: 1,177.381m	
	Grade in: -14.21%	Grade out: -7.62%	
	Change: 6.60%	K:	
	Curve Length: 50.000m		
	Headlight Distance:		
13.00	11+930.51	-8.92%	40.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 11+910.50	Elevation: 1,176.984m	
	PVI Station: 11+930.51	Elevation: 1,175.460m	
	PVT Station: 11+950.50	Elevation: 1,173.678m	
	High Point: 11+910.50	Elevation: 1,176.984m	
	Grade in: -7.62%	Grade out: -8.92%	
	Change: 1.30%	K:	

	Curve Length: 40.000m		
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
14.00	11+980.40	-13.88%	50.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	11+955.33	Elevation: 1,173.247m
	PVI Station:	11+980.40	Elevation: 1,171.012m
	PVT Station:	12+005.33	Elevation: 1,167.551m
	High Point:	11+955.33	Elevation: 1,173.247m
	Grade in:	-8.92%	Grade out: -13.88%
	Change:	4.97%	K:
	Curve Length:	50.000m	
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
15.00	12+051.87	-3.15%	45.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	12+029.47	Elevation: 1,164.199m
	PVI Station:	12+051.87	Elevation: 1,161.089m
	PVT Station:	12+074.47	Elevation: 1,160.377m
	Low Point:	12+074.47	Elevation: 1,160.377m
	Grade in:	-13.88%	Grade out: -3.15%
	Change:	10.73%	K:
	Curve Length:	45.000m	
	Headlight Distance:		
16.00	12+146.32	-9.74%	45.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	12+123.77	Elevation: 1,158.824m
	PVI Station:	12+146.32	Elevation: 1,158.113m
	PVT Station:	12+168.77	Elevation: 1,155.927m
	High Point:	12+123.77	Elevation: 1,158.824m
	Grade in:	-3.15%	Grade out: -9.74%
	Change:	6.59%	K:
	Curve Length:	45.000m	
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
17.00	12+209.90	-2.26%	57.000m

	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	12+181.46	Elevation: 1,154.691m
	PVI Station:	12+209.90	Elevation: 1,151.921m
	PVT Station:	12+238.46	Elevation: 1,151.276m
	Low Point:	12+238.46	Elevation: 1,151.276m
	Grade in:	-9.74%	Grade out: -2.26%
	Change:	7.48%	K:
	Curve Length:	57.000m	
	Headlight Distance:		
18.00	12+373.76	1.55%	75.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	12+336.26	Elevation: 1,149.068m
	PVI Station:	12+373.76	Elevation: 1,148.222m
	PVT Station:	12+411.26	Elevation: 1,148.803m
	Low Point:	12+380.74	Elevation: 1,148.566m
	Grade in:	-2.26%	Grade out: 1.55%
	Change:	3.81%	K:
	Curve Length:	75.000m	
	Headlight Distance:		
19.00	12+460.69	-2.28%	72.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	12+424.68	Elevation: 1,149.010m
	PVI Station:	12+460.69	Elevation: 1,149.568m
	PVT Station:	12+496.68	Elevation: 1,148.748m
	High Point:	12+453.83	Elevation: 1,149.236m
	Grade in:	1.55%	Grade out: -2.28%
	Change:	3.82%	K:
	Curve Length:	72.000m	
	Passing Distance:		Stopping Distance:
20.00	12+542.96	4.92%	67.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	12+509.44	Elevation: 1,148.458m
	PVI Station:	12+542.96	Elevation: 1,147.695m

	PVT Station: 12+576.44 Elevation: 1,149.343m Low Point: 12+530.64 Elevation: 1,148.217m Grade in: -2.28% Grade out: 4.92% Change: 7.20% K: Curve Length: 67.000m Headlight Distance:
21.00	12+661.63 -8.76% 60.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve) ----- PVC Station: 12+631.59 Elevation: 1,152.057m PVI Station: 12+661.63 Elevation: 1,153.536m PVT Station: 12+691.59 Elevation: 1,150.911m High Point: 12+653.21 Elevation: 1,152.589m Grade in: 4.92% Grade out: -8.76% Change: 13.68% K: Curve Length: 60.000m Passing Distance: Stopping Distance:
22.00	12+726.65 -13.87% 45.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve) ----- PVC Station: 12+704.09 Elevation: 1,149.816m PVI Station: 12+726.65 Elevation: 1,147.839m PVT Station: 12+749.09 Elevation: 1,144.727m High Point: 12+704.09 Elevation: 1,149.816m Grade in: -8.76% Grade out: -13.87% Change: 5.11% K: Curve Length: 45.000m Passing Distance: Stopping Distance:
23.00	12+807.40 -14.54% 35.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve) ----- PVC Station: 12+789.90 Elevation: 1,139.067m PVI Station: 12+807.40 Elevation: 1,136.638m PVT Station: 12+824.90 Elevation: 1,134.094m High Point: 12+789.90 Elevation: 1,139.067m Grade in: -13.87% Grade out: -14.54%

	Change: 0.67% K: Curve Length: 35.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
24.00	12+891.97	-3.64%	100.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	12+842.21	Elevation: 1,131.577m
	PVI Station:	12+891.97	Elevation: 1,124.342m
	PVT Station:	12+942.21	Elevation: 1,122.511m
	Low Point:	12+942.21	Elevation: 1,122.511m
	Grade in:	-14.54%	Grade out: -3.64%
	Change:	10.90%	K:
	Curve Length:	100.000m	
	Headlight Distance:		
25.00	12+983.18	0.16%	55.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	12+955.69	Elevation: 1,122.020m
	PVI Station:	12+983.18	Elevation: 1,121.018m
	PVT Station:	13+010.69	Elevation: 1,121.061m
	Low Point:	13+008.42	Elevation: 1,121.059m
	Grade in:	-3.64%	Grade out: 0.16%
	Change:	3.80%	K:
	Curve Length:	55.000m	
	Headlight Distance:		
26.00	13+061.81	-7.11%	80.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	13+021.76	Elevation: 1,121.078m
	PVI Station:	13+061.81	Elevation: 1,121.141m
	PVT Station:	13+101.76	Elevation: 1,118.300m
	High Point:	13+023.49	Elevation: 1,121.080m
	Grade in:	0.16%	Grade out: -7.11%
	Change:	7.27%	K:
	Curve Length:	80.000m	
	Passing Distance:		Stopping Distance:

27.00	13+143.10	-9.01%	70.000m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station: 13+108.08 Elevation: 1,117.851m			
PVI Station: 13+143.10 Elevation: 1,115.361m			
PVT Station: 13+178.08 Elevation: 1,112.211m			
High Point: 13+108.08 Elevation: 1,117.851m			
Grade in: -7.11% Grade out: -9.01%			
Change: 1.90% K:			
Curve Length: 70.000m			
Passing Distance: Stopping Distance:			
28.00	13+231.56	-12.96%	38.000m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station: 13+212.52 Elevation: 1,109.108m			
PVI Station: 13+231.56 Elevation: 1,107.393m			
PVT Station: 13+250.52 Elevation: 1,104.936m			
High Point: 13+212.52 Elevation: 1,109.108m			
Grade in: -9.01% Grade out: -12.96%			
Change: 3.95% K:			
Curve Length: 38.000m			
Passing Distance: Stopping Distance:			
29.00	13+320.06	1.77%	80.000m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station: 13+280.22 Elevation: 1,101.087m			
PVI Station: 13+320.06 Elevation: 1,095.923m			
PVT Station: 13+360.22 Elevation: 1,096.633m			
Low Point: 13+350.56 Elevation: 1,096.547m			
Grade in: -12.96% Grade out: 1.77%			
Change: 14.73% K:			
Curve Length: 80.000m			
Headlight Distance:			
30.00	13+400.59	-7.15%	75.000m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station: 13+363.05 Elevation: 1,096.683m			

	PVI Station: 13+400.59 Elevation: 1,097.346m PVT Station: 13+438.05 Elevation: 1,094.666m High Point: 13+377.93 Elevation: 1,096.814m Grade in: 1.77% Grade out: -7.15% Change: 8.92% K: Curve Length: 75.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
31.00	13+503.56	-11.67%	50.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 13+478.51 Elevation: 1,091.772m PVI Station: 13+503.56 Elevation: 1,089.980m PVT Station: 13+528.51 Elevation: 1,087.069m High Point: 13+478.51 Elevation: 1,091.772m Grade in: -7.15% Grade out: -11.67% Change: 4.51% K: Curve Length: 50.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
32.00	13+551.95	-7.32%	45.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 13+529.50 Elevation: 1,086.953m PVI Station: 13+551.95 Elevation: 1,084.333m PVT Station: 13+574.50 Elevation: 1,082.683m Low Point: 13+574.50 Elevation: 1,082.683m Grade in: -11.67% Grade out: -7.32% Change: 4.35% K: Curve Length: 45.000m Headlight Distance:		
33.00	13+609.52	-15.20%	55.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 13+581.90 Elevation: 1,082.141m PVI Station: 13+609.52 Elevation: 1,080.120m PVT Station: 13+636.90 Elevation: 1,075.959m High Point: 13+581.90 Elevation: 1,082.141m		

	Grade in:               -7.32%   Grade out:               -15.20% Change:                 7.88%   K: Curve Length:         55.000m Passing Distance:                               Stopping Distance:		
34.00	13+705.93	-11.37%	40.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:         13+685.98   Elevation: 1,068.500m PVI Station:         13+705.93   Elevation: 1,065.468m PVT Station:         13+725.98   Elevation: 1,063.188m Low Point:           13+725.98   Elevation: 1,063.188m Grade in:             -15.20%   Grade out:     -11.37% Change:               3.83%   K: Curve Length:         40.000m Headlight Distance:		
35.00	13+822.70	-10.76%	50.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:         13+797.71   Elevation: 1,055.033m PVI Station:         13+822.70   Elevation: 1,052.191m PVT Station:         13+847.71   Elevation: 1,049.501m Low Point:           13+847.71   Elevation: 1,049.501m Grade in:             -11.37%   Grade out:     -10.76% Change:               0.61%   K: Curve Length:         50.000m Headlight Distance:		
36.00	13+934.97	-9.21%	65.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:         13+902.49   Elevation: 1,043.608m PVI Station:         13+934.97   Elevation: 1,040.114m PVT Station:         13+967.49   Elevation: 1,037.120m Low Point:           13+967.49   Elevation: 1,037.120m Grade in:             -10.76%   Grade out:     -9.21% Change:               1.55%   K: Curve Length:         65.000m		



	Headlight Distance:		
37.00	14+028.64	-15.83%	80.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	13+988.47	Elevation: 1,035.188m
	PVI Station:	14+028.64	Elevation: 1,031.491m
	PVT Station:	14+068.47	Elevation: 1,025.186m
	High Point:	13+988.47	Elevation: 1,035.188m
	Grade in:	-9.21%	Grade out: -15.83%
	Change:	6.62%	K:
	Curve Length:	80.000m	
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
38.00	14+097.41	-12.27%	50.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	14+072.47	Elevation: 1,024.554m
	PVI Station:	14+097.41	Elevation: 1,020.607m
	PVT Station:	14+122.47	Elevation: 1,017.533m
	Low Point:	14+122.47	Elevation: 1,017.533m
	Grade in:	-15.83%	Grade out: -12.27%
	Change:	3.56%	K:
	Curve Length:	50.000m	
	Headlight Distance:		
39.00	14+140.86	-16.20%	35.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	14+123.31	Elevation: 1,017.429m
	PVI Station:	14+140.86	Elevation: 1,015.277m
	PVT Station:	14+158.31	Elevation: 1,012.449m
	High Point:	14+123.31	Elevation: 1,017.429m
	Grade in:	-12.27%	Grade out: -16.20%
	Change:	3.94%	K:
	Curve Length:	35.000m	
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
40.00	14+178.19	-13.36%	35.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		

	PVC Station: 14+160.73 Elevation: 1,012.056m PVI Station: 14+178.19 Elevation: 1,009.226m PVT Station: 14+195.73 Elevation: 1,006.883m Low Point: 14+195.73 Elevation: 1,006.883m Grade in: -16.20% Grade out: -13.36% Change: 2.85% K: Curve Length: 35.000m Headlight Distance:		
41.00	14+226.65	-14.22%	35.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 14+209.14 Elevation: 1,005.093m PVI Station: 14+226.65 Elevation: 1,002.753m PVT Station: 14+244.14 Elevation: 1,000.266m High Point: 14+209.14 Elevation: 1,005.093m Grade in: -13.36% Grade out: -14.22% Change: 0.87% K: Curve Length: 35.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
42.00	14+276.78	-14.29%	40.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 14+256.78 Elevation: 998.467m PVI Station: 14+276.78 Elevation: 995.622m PVT Station: 14+296.78 Elevation: 992.764m High Point: 14+256.78 Elevation: 998.467m Grade in: -14.22% Grade out: -14.29% Change: 0.06% K: Curve Length: 40.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
43.00	14+357.72	-19.28%	45.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 14+335.13 Elevation: 987.285m PVI Station: 14+357.72 Elevation: 984.056m PVT Station: 14+380.13 Elevation: 979.737m		

	High Point: 14+335.13	Elevation: 987.285m	
	Grade in: -14.29%	Grade out: -19.28%	
	Change: 4.99%	K:	
	Curve Length: 45.000m		
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
44.00	14+415.62	-14.55%	45.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 14+393.21	Elevation: 977.215m	
	PVI Station: 14+415.62	Elevation: 972.895m	
	PVT Station: 14+438.21	Elevation: 969.609m	
	Low Point: 14+438.21	Elevation: 969.609m	
	Grade in: -19.28%	Grade out: -14.55%	
	Change: 4.73%	K:	
	Curve Length: 45.000m		
	Headlight Distance:		
45.00	14+496.83	-11.77%	50.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 14+471.88	Elevation: 964.712m	
	PVI Station: 14+496.83	Elevation: 961.081m	
	PVT Station: 14+521.88	Elevation: 958.134m	
	Low Point: 14+521.88	Elevation: 958.134m	
	Grade in: -14.55%	Grade out: -11.77%	
	Change: 2.78%	K:	
	Curve Length: 50.000m		
	Headlight Distance:		
46.00	14+557.41	-13.60%	50.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 14+532.38	Elevation: 956.898m	
	PVI Station: 14+557.41	Elevation: 953.953m	
	PVT Station: 14+582.38	Elevation: 950.558m	
	High Point: 14+532.38	Elevation: 956.898m	
	Grade in: -11.77%	Grade out: -13.60%	
	Change: 1.83%	K:	

	Curve Length: 50.000m		
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
47.00	14+624.54	-13.00%	45.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	14+602.05	Elevation: 947.884m
	PVI Station:	14+624.54	Elevation: 944.826m
	PVT Station:	14+647.05	Elevation: 941.900m
	Low Point:	14+647.05	Elevation: 941.900m
	Grade in:	-13.60%	Grade out: -13.00%
	Change:	0.60%	K:
	Curve Length:	45.000m	
	Headlight Distance:		
48.00	14+700.34	-16.79%	60.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	14+670.26	Elevation: 938.883m
	PVI Station:	14+700.34	Elevation: 934.972m
	PVT Station:	14+730.26	Elevation: 929.950m
	High Point:	14+670.26	Elevation: 938.883m
	Grade in:	-13.00%	Grade out: -16.79%
	Change:	3.79%	K:
	Curve Length:	60.000m	
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
49.00	14+768.37	-12.75%	45.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	14+745.93	Elevation: 927.319m
	PVI Station:	14+768.37	Elevation: 923.553m
	PVT Station:	14+790.93	Elevation: 920.677m
	Low Point:	14+790.93	Elevation: 920.677m
	Grade in:	-16.79%	Grade out: -12.75%
	Change:	4.04%	K:
	Curve Length:	45.000m	
	Headlight Distance:		
50.00	14+819.55	-17.03%	50.018m

	Vertical Curve Information:(crest curve) -----		
	PVC Station:	14+794.46	Elevation: 920.227m
	PVI Station:	14+819.55	Elevation: 917.029m
	PVT Station:	14+844.48	Elevation: 912.784m
	High Point:	14+794.46	Elevation: 920.227m
	Grade in:	-12.75%	Grade out: -17.03%
	Change:	4.28%	K:
	Curve Length:	50.018m	
	Passing Distance:	Stopping Distance:	
51.00	14+869.80	-13.26%	51.004m
	Vertical Curve Information:(sag curve) -----		
	PVC Station:	14+844.36	Elevation: 912.803m
	PVI Station:	14+869.80	Elevation: 908.473m
	PVT Station:	14+895.37	Elevation: 905.082m
	Low Point:	14+895.37	Elevation: 905.082m
	Grade in:	-17.03%	Grade out: -13.26%
	Change:	3.77%	K:
	Curve Length:	51.004m	
	Headlight Distance:		
52.00	15+172.91	-7.96%	50.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve) -----		
	PVC Station:	15+147.98	Elevation: 871.584m
	PVI Station:	15+172.91	Elevation: 868.278m
	PVT Station:	15+197.98	Elevation: 866.283m
	Low Point:	15+197.98	Elevation: 866.283m
	Grade in:	-13.26%	Grade out: -7.96%
	Change:	5.30%	K:
	Curve Length:	50.000m	
	Headlight Distance:		
53.00	15+430.86	0.22%	100.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve) -----		
	PVC Station:	15+380.94	Elevation: 851.724m
	PVI Station:	15+430.86	Elevation: 847.751m

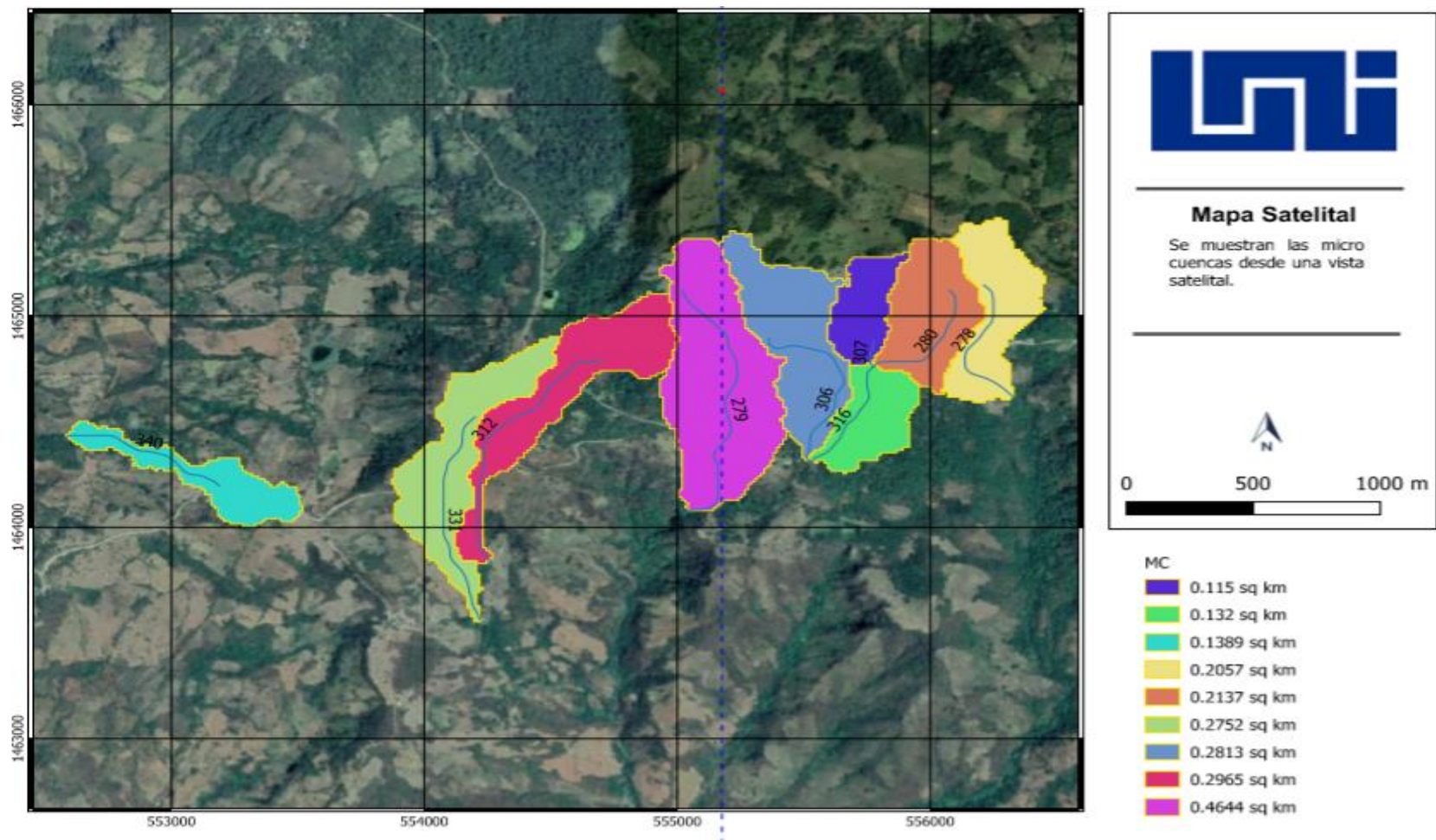
	PVT Station: 15+480.94 Elevation: 847.860m Low Point: 15+478.26 Elevation: 847.857m Grade in: -7.96% Grade out: 0.22% Change: 8.18% K: Curve Length: 100.000m Headlight Distance:		
54.00	15+589.30	-6.96%	100.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 15+539.23 Elevation: 847.987m PVI Station: 15+589.30 Elevation: 848.097m PVT Station: 15+639.23 Elevation: 844.620m High Point: 15+542.28 Elevation: 847.991m Grade in: 0.22% Grade out: -6.96% Change: 7.18% K: Curve Length: 100.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
55.00	15+922.64	-10.66%	65.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station: 15+890.09 Elevation: 827.155m PVI Station: 15+922.64 Elevation: 824.889m PVT Station: 15+955.09 Elevation: 821.430m High Point: 15+890.09 Elevation: 827.155m Grade in: -6.96% Grade out: -10.66% Change: 3.70% K: Curve Length: 65.000m Passing Distance: Stopping Distance:		
56.00	15+987.73	-3.98%	60.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station: 15+957.81 Elevation: 821.141m PVI Station: 15+987.73 Elevation: 817.951m PVT Station: 16+017.81 Elevation: 816.752m Low Point: 16+017.81 Elevation: 816.752m Grade in: -10.66% Grade out: -3.98%		

	Change: 6.67% K: Curve Length: 60.000m Headlight Distance:		
57.00	16+060.73	-13.79%	70.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	16+025.58	Elevation: 816.443m
	PVI Station:	16+060.73	Elevation: 815.042m
	PVT Station:	16+095.58	Elevation: 810.235m
	High Point:	16+025.58	Elevation: 816.443m
	Grade in:	-3.98%	Grade out: -13.79%
	Change:	9.81%	K:
	Curve Length:	70.000m	
	Passing Distance:		Stopping Distance:
58.00	16+135.41	-2.97%	45.000m
	Vertical Curve Information:(sag curve)		
	PVC Station:	16+113.01	Elevation: 807.830m
	PVI Station:	16+135.41	Elevation: 804.740m
	PVT Station:	16+158.01	Elevation: 804.069m
	Low Point:	16+158.01	Elevation: 804.069m
	Grade in:	-13.79%	Grade out: -2.97%
	Change:	10.83%	K:
	Curve Length:	45.000m	
	Headlight Distance:		
59.00	16+233.50	-13.45%	60.000m
	Vertical Curve Information:(crest curve)		
	PVC Station:	16+203.37	Elevation: 802.723m
	PVI Station:	16+233.50	Elevation: 801.829m
	PVT Station:	16+263.37	Elevation: 797.811m
	High Point:	16+203.37	Elevation: 802.723m
	Grade in:	-2.97%	Grade out: -13.45%
	Change:	10.48%	K:
	Curve Length:	60.000m	
	Passing Distance:		Stopping Distance:

60.00	16+311.53	-12.68%	60.000m
	<u>Vertical Curve Information:(sag curve)</u> PVC Station: 16+281.54 Elevation: 795.367m PVI Station: 16+311.53 Elevation: 791.334m PVT Station: 16+341.54 Elevation: 787.528m Low Point: 16+341.54 Elevation: 787.528m Grade in: -13.45% Grade out: -12.68% Change: 0.77% K: Curve Length: 60.000m Headlight Distance:		
61.00	16+476.99	-14.34%	106.931m
	<u>Vertical Curve Information:(crest curve)</u> PVC Station: 16+423.46 Elevation: 777.140m PVI Station: 16+476.99 Elevation: 770.353m PVT Station: 16+530.40 Elevation: 762.697m High Point: 16+423.46 Elevation: 777.140m Grade in: -12.68% Grade out: -14.34% Change: 1.66% K: Curve Length: 106.931m Passing Distance: Stopping Distance:		
62.00	16+614.47	-10.09%	74.722m
	<u>Vertical Curve Information:(sag curve)</u> PVC Station: 16+577.20 Elevation: 755.987m PVI Station: 16+614.47 Elevation: 750.645m PVT Station: 16+651.92 Elevation: 746.865m Low Point: 16+651.92 Elevation: 746.865m Grade in: -14.34% Grade out: -10.09% Change: 4.24% K: Curve Length: 74.722m Headlight Distance:		
63.00	16+699.93		

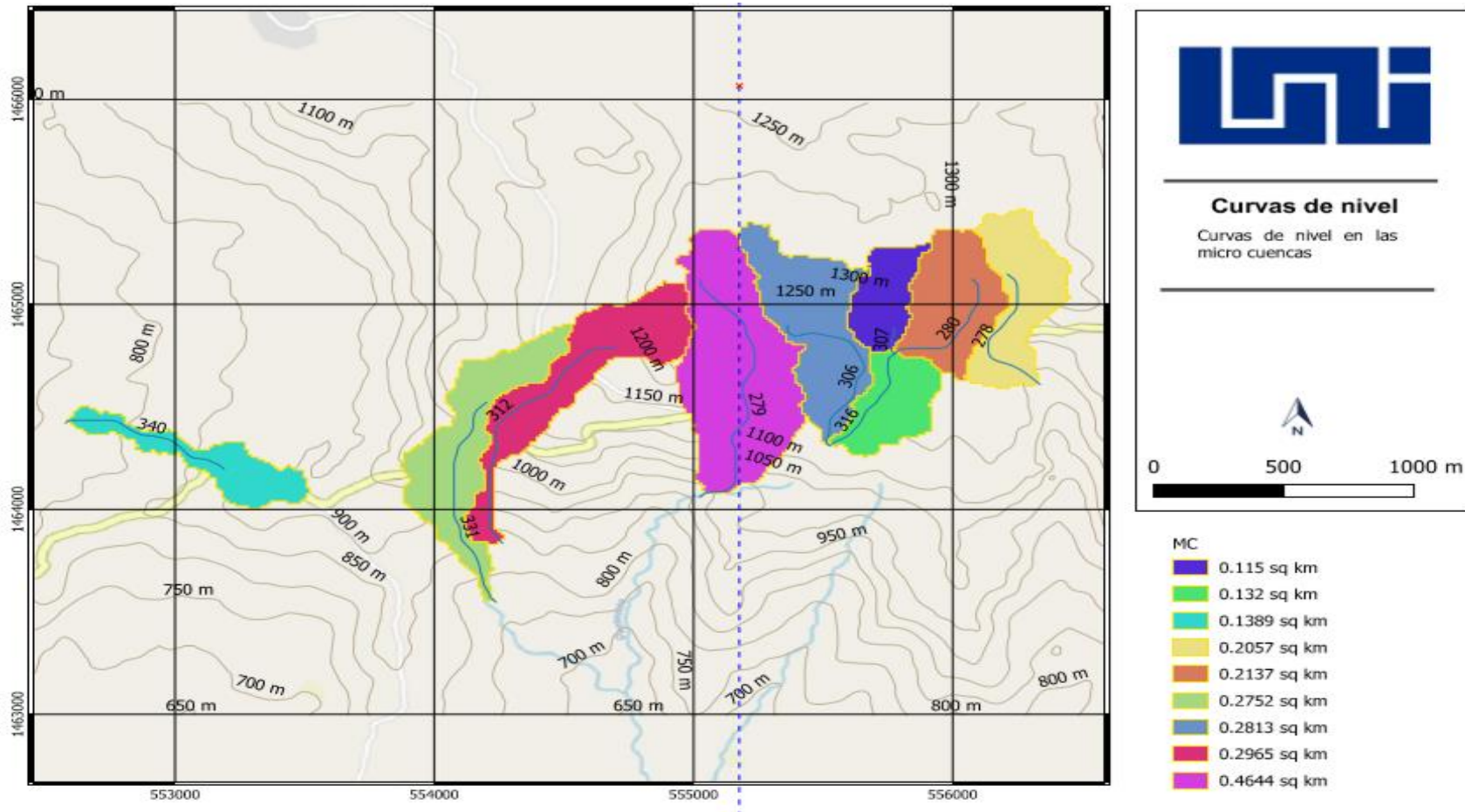


Mapa N° 1: Ortofoto de las microcuencas.



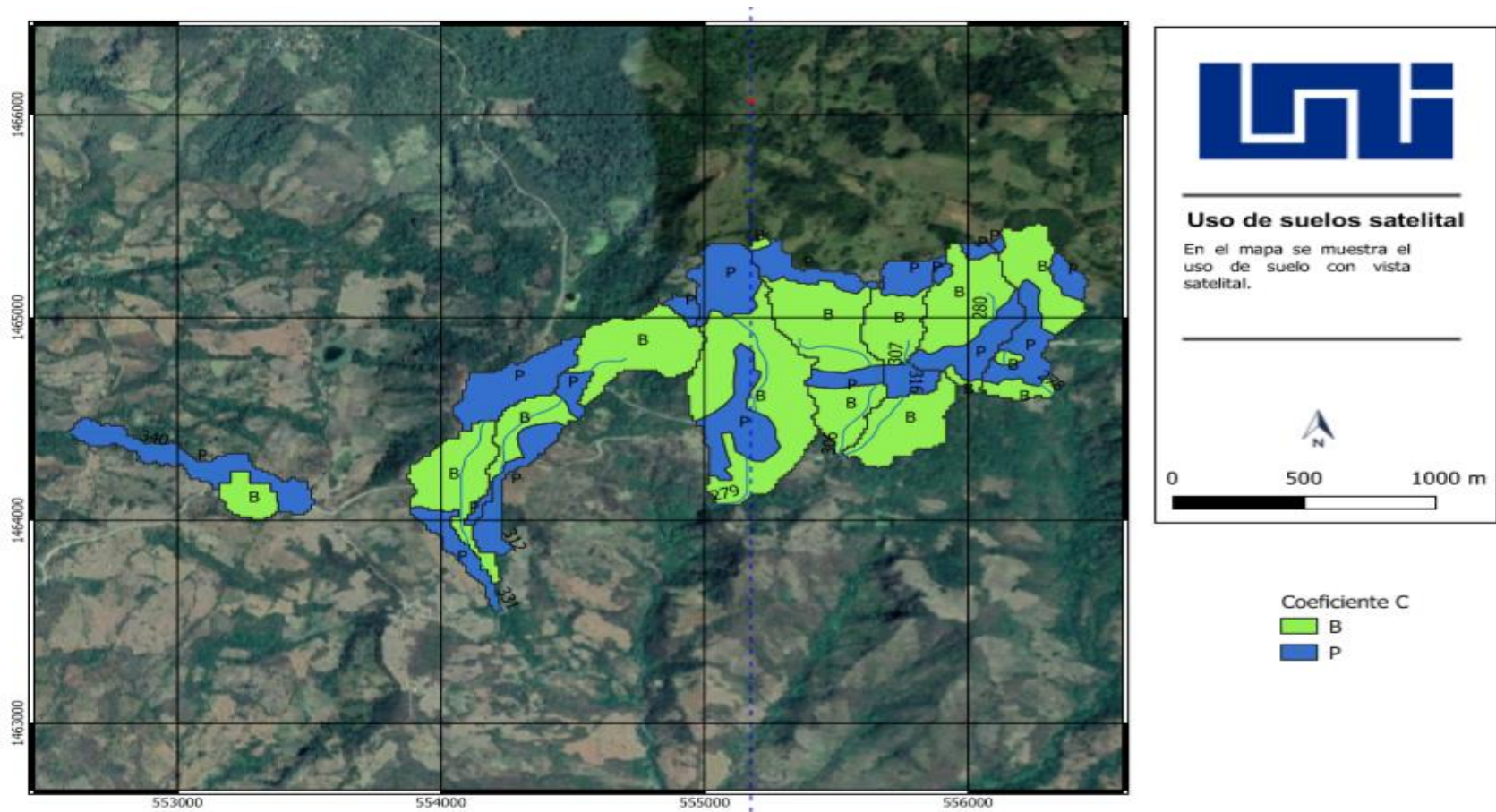
Fuente: Elaboración propia, utilizando software Qgis.

Mapa N° 2: Mapa base con curvas de nivel de las microcuencas



Fuente: Elaboración propia, utilizando software Qgis.

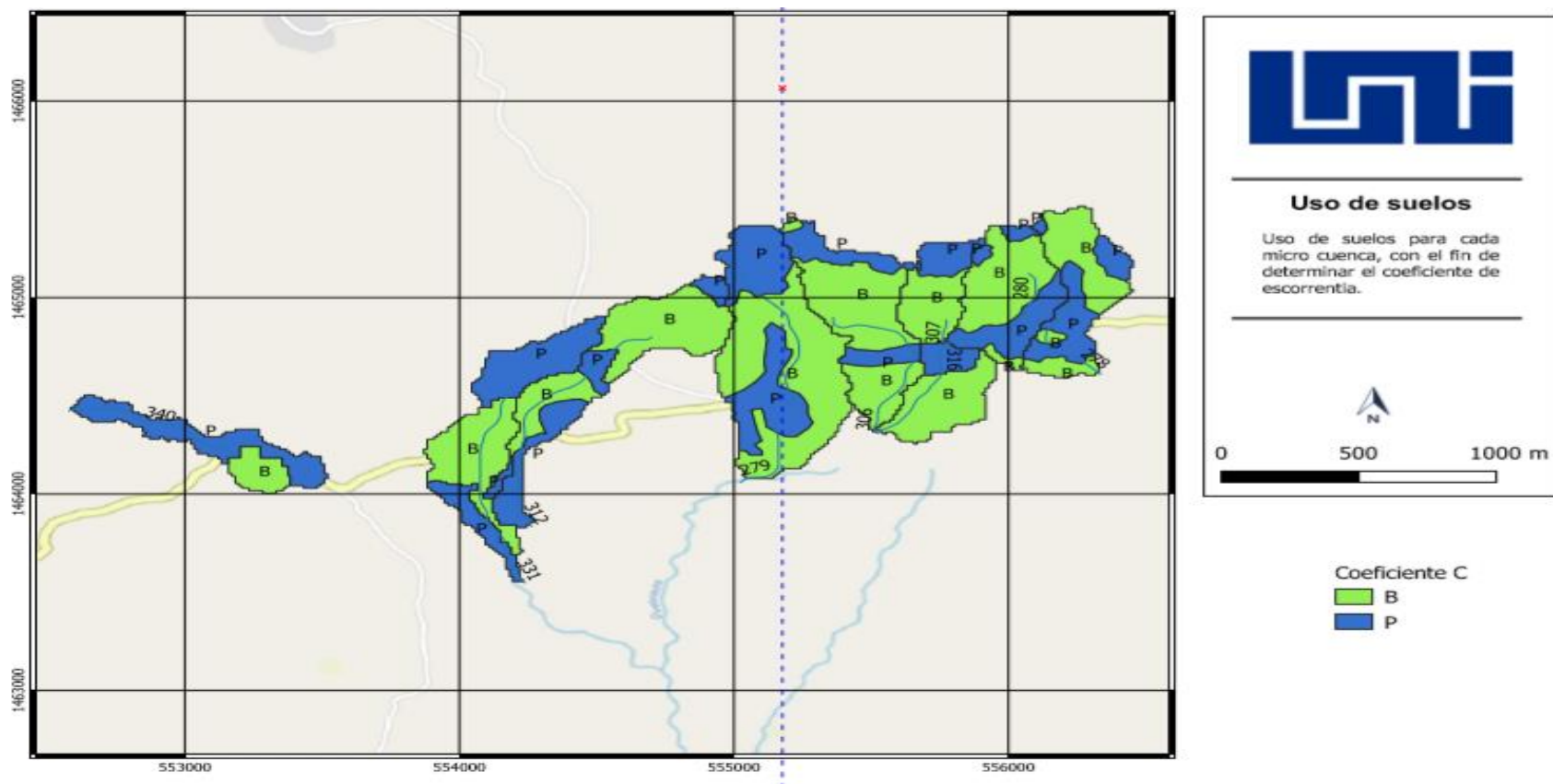
MapaN° 3: Ortofoto de uso de suelo



Fuente: Elaboración propia, utilizando software Qgis.

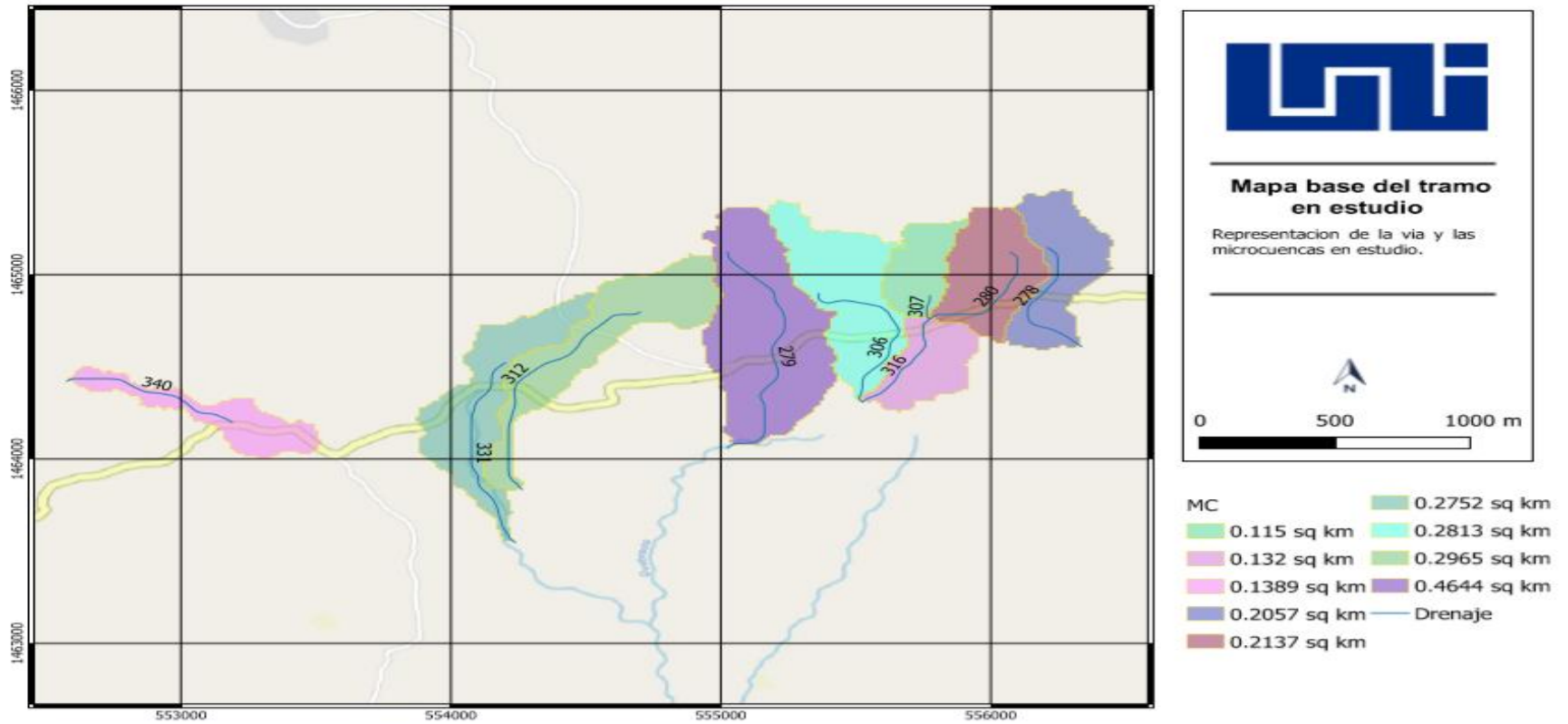


Mapa N° 4: Mapa base con uso de suelo



Fuente: Elaboración propia, utilizando software Qgis.

**Mapa N° 5: Mapa base del tramo en estudio**



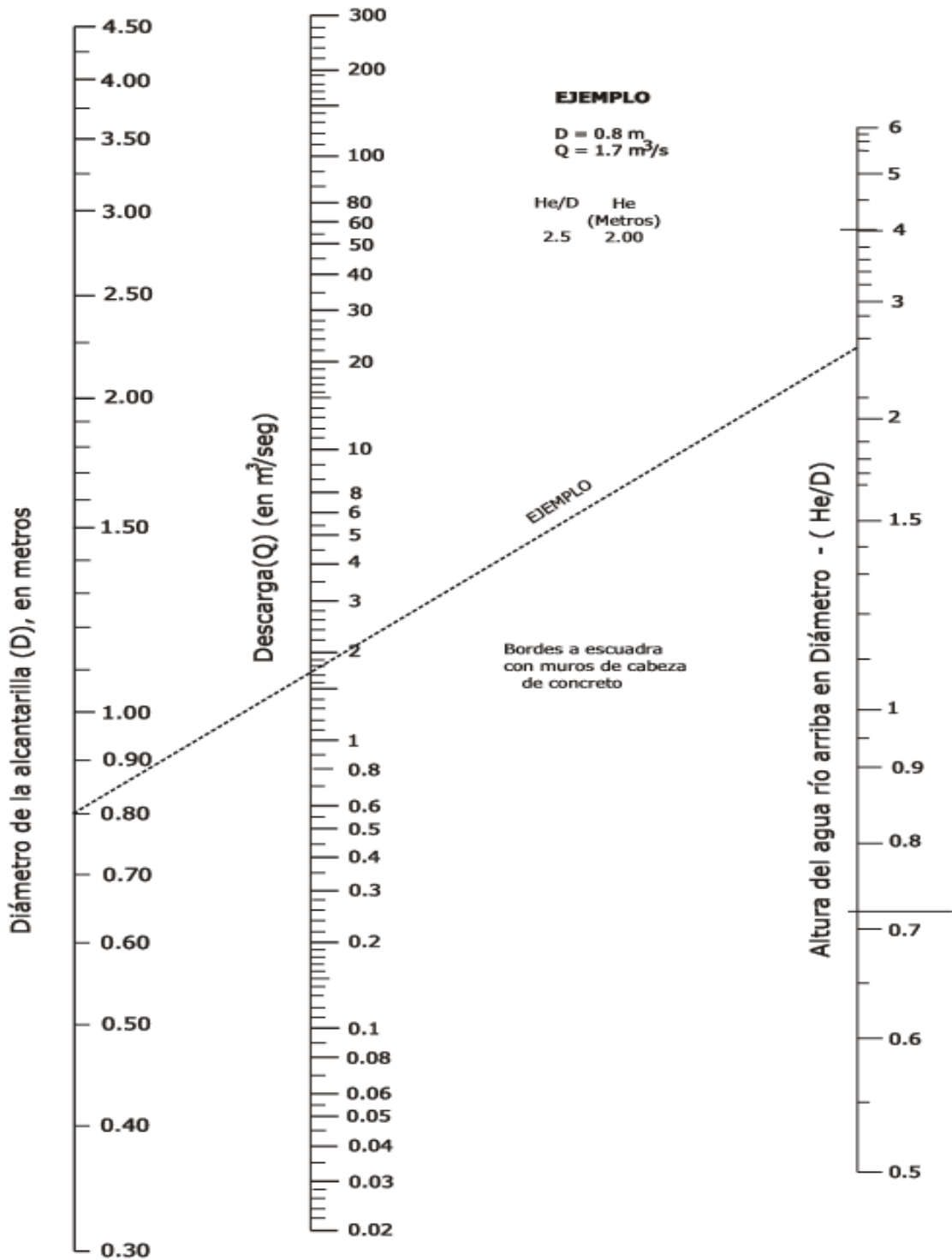
Fuente: Elaboración propia, utilizando software Qgis.

**Tabla N° 59: Estación meteorológica de Condega**

T: Años	r	a	d	b
15	-0.9984	4069.531	21	0.97
25	-0.9982	4502.393	22	0.969
50	-0.9982	5779.707	25	0.991

Fuente: Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales, pág. 76.

### Nomograma N° 4: FHWA, HDS 5.1998



Fuente: Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales, pág. 44.

**Tabla N° 60: Coeficiente de escorrentía**

Tipo de superficie	Periodo de retorno en años		
	2	15	25
Tierra cultivada			
Plana 0-2%	0.31	0.38	0.4
Promedio, 2-7%	0.35	0.43	0.44
Pronunciada mayor 7%	0.39	0.46	0.48
Pasto / matorral			
Plana 0-2%	0.25	0.32	0.34
Promedio, 2-7%	0.33	0.4	0.42
Pronunciada mayor 7%	0.37	0.44	0.46
Bosque			
Plana 0-2%	0.22	0.3	0.31
Promedio, 2-7%	0.31	0.38	0.4
Pronunciada mayor 7%	0.35	0.43	0.45
Pantano	0.9	0.9	0.9

Fuente: Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales, pág. 6.



Nomograma N° 5: FHWA, HDS 5.1998 de la alcantarilla N° 1

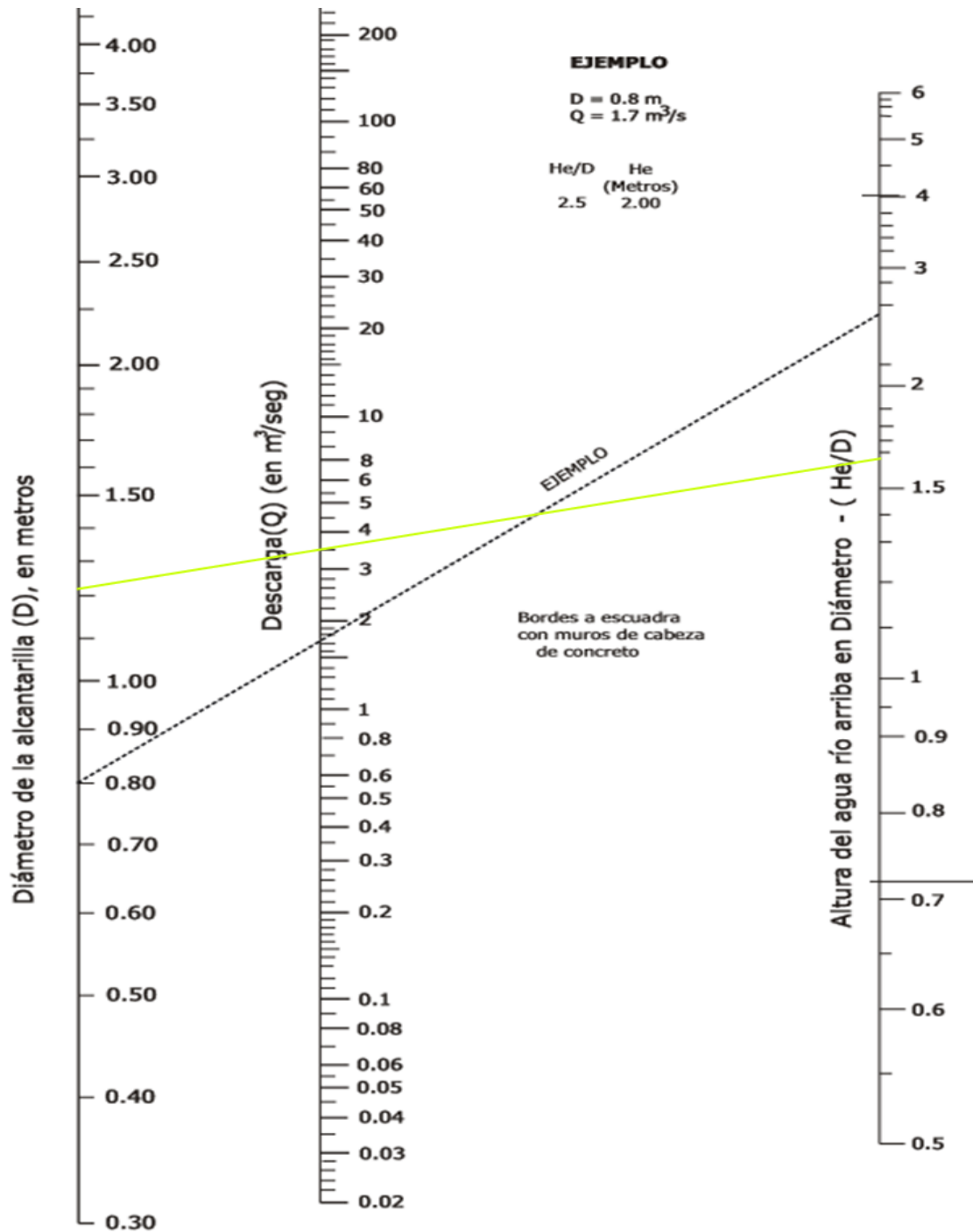


Gráfico No 3-1

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de obras de Drenaje en Aminos Rurales (PAST-DANIDA).

Nomograma N° 6: FHWA, HDS 5.1998 de la alcantarilla N° 2

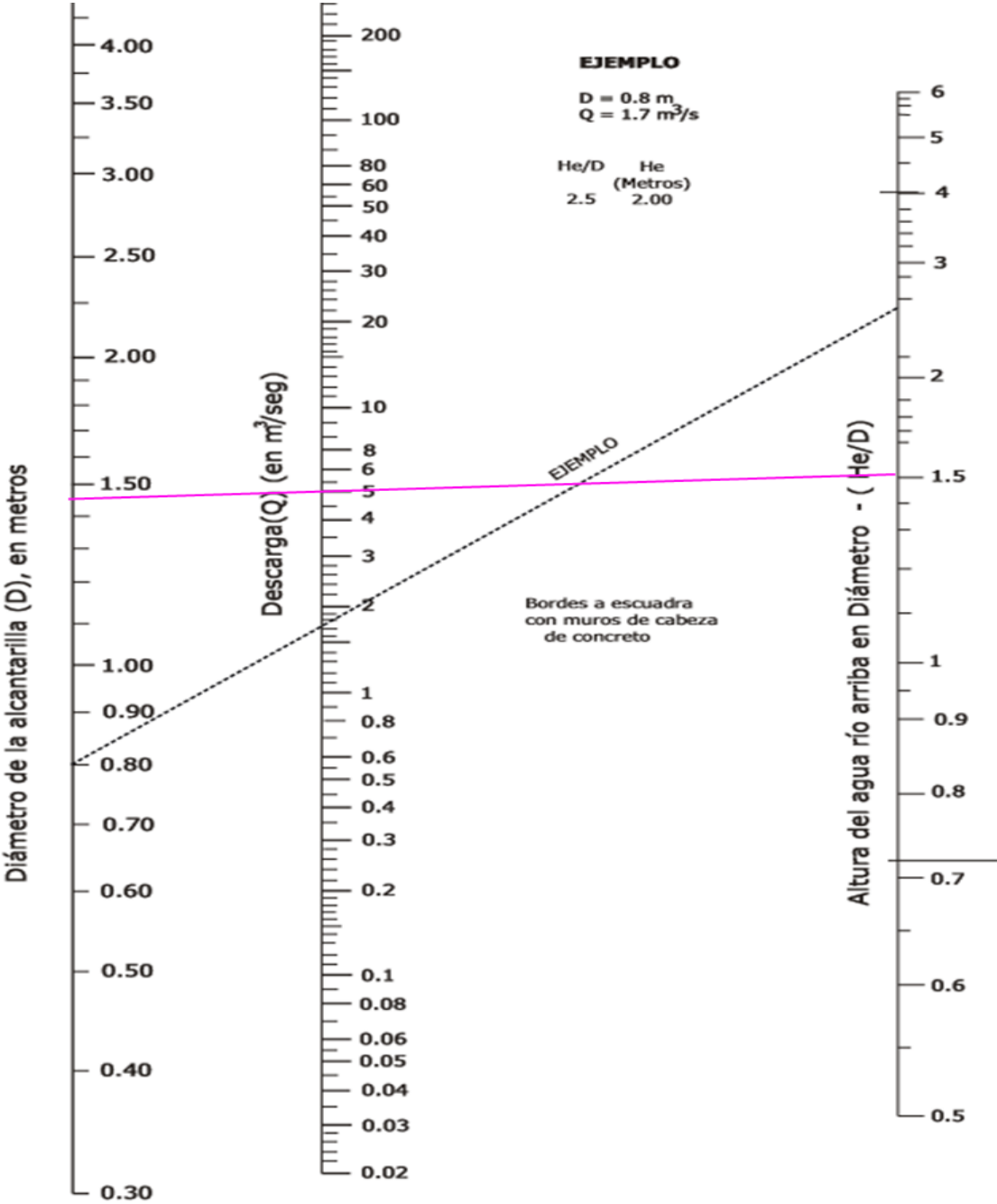


Gráfico No 3-1

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de obras de Drenaje en Aminos Rurales (PAST-DANIDA).

Nomograma N° 7: FHWA, HDS 5.1998 de la alcantarilla N° 3

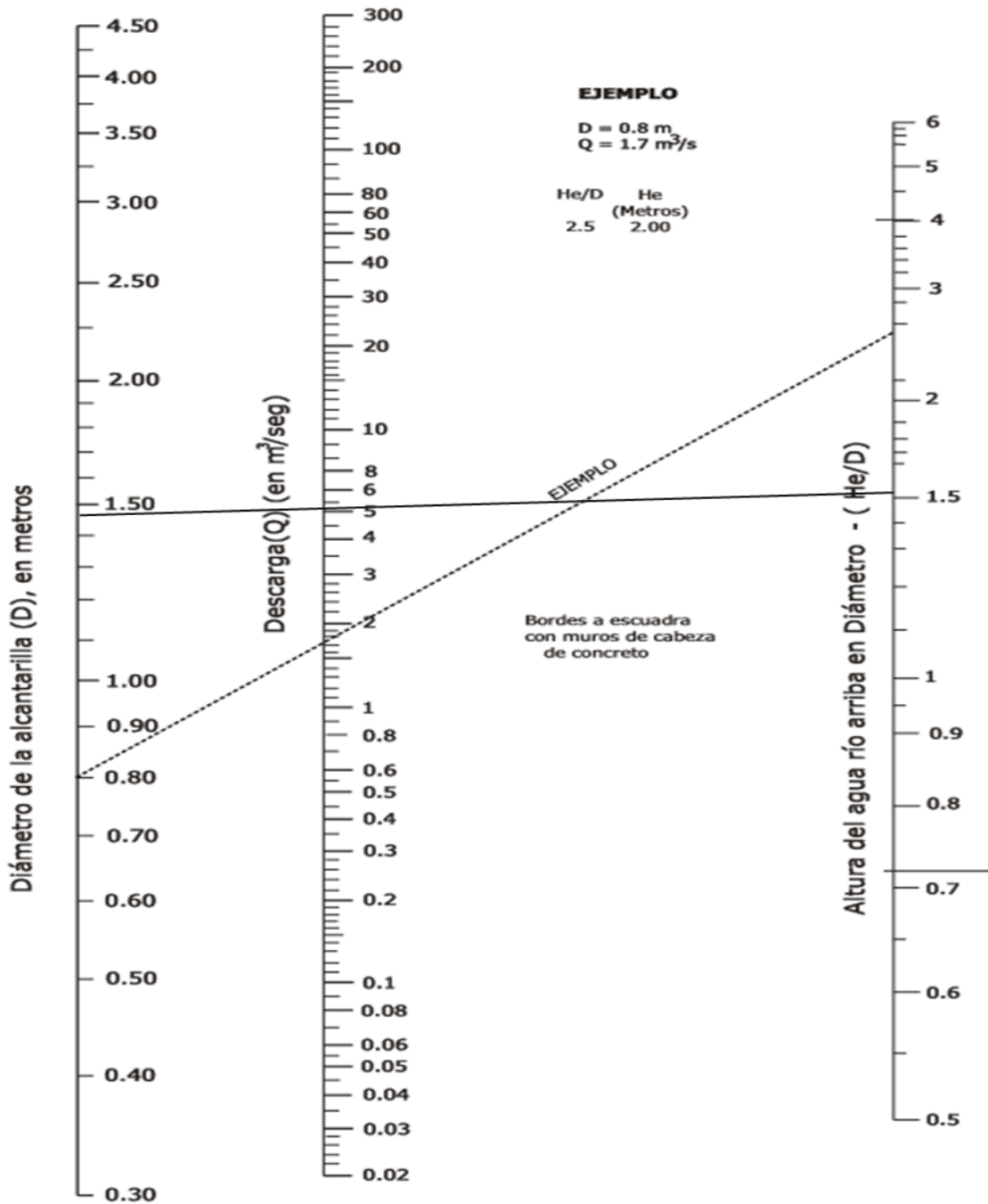


Gráfico No 3-1

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de obras de Drenaje en Aminos Rurales (PAST-DANIDA).

Nomograma N° 8: FHWA, HDS 5.1998 de la alcantarilla N° 4

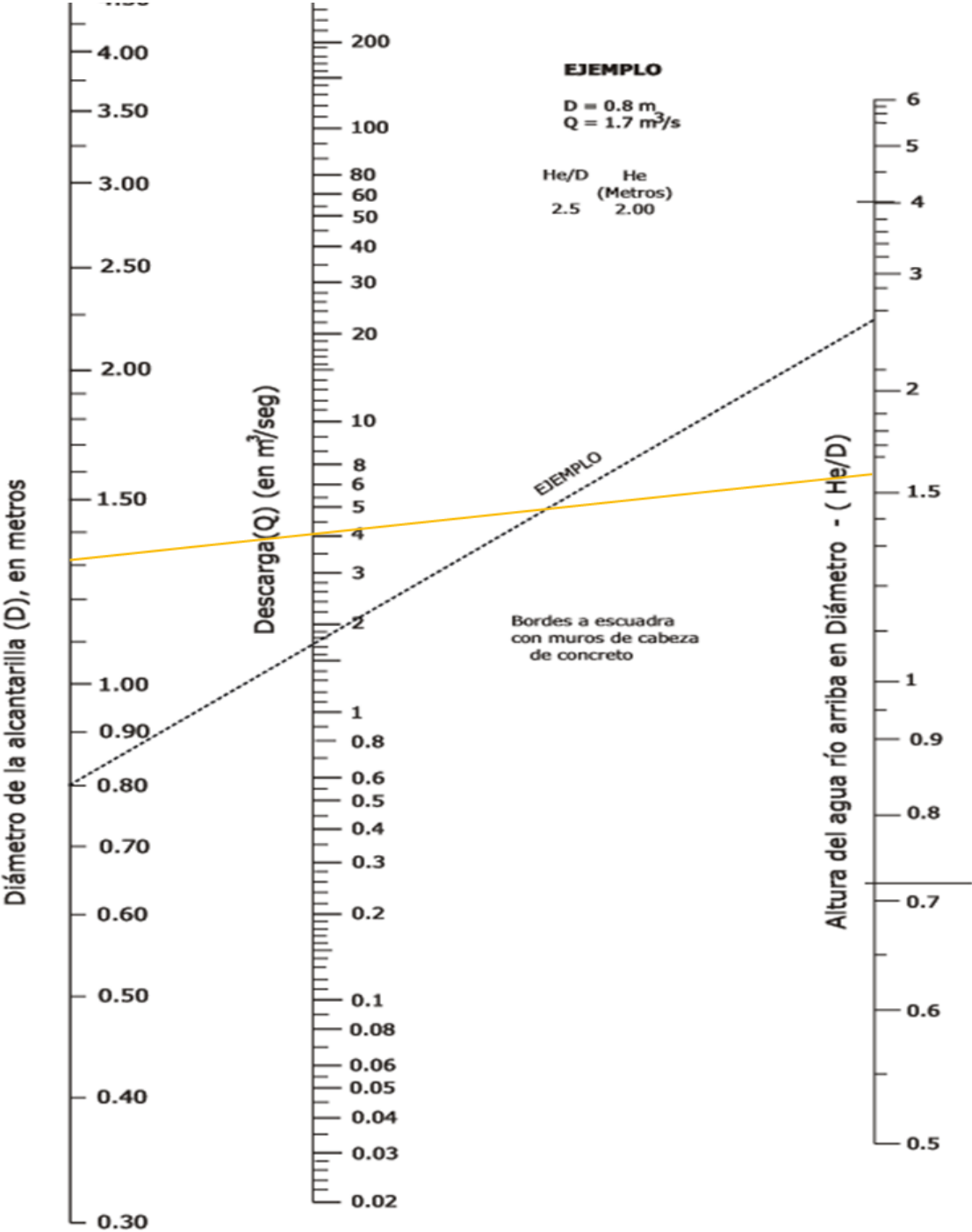


Gráfico No 3-1

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de obras de Drenaje en Aminos Rurales (PAST-DANIDA).

Nomograma N° 9: FHWA, HDS 5.1998 de la alcantarilla N° 5

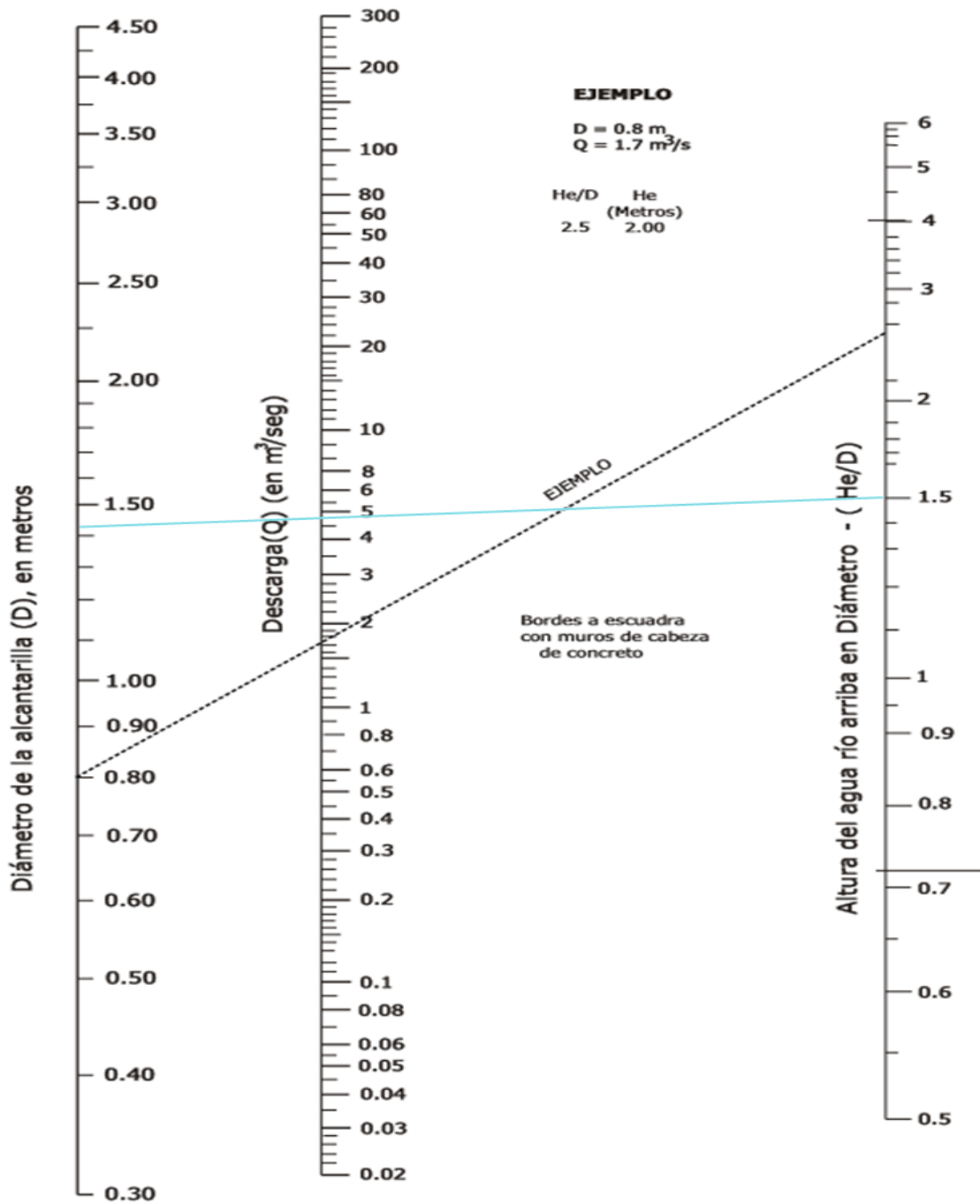


Gráfico No 3-1

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de obras de Drenaje en Aminos Rurales (PAST-DANIDA).

Nomograma N° 10: FHWA, HDS 5.1998 de la alcantarilla N° 6

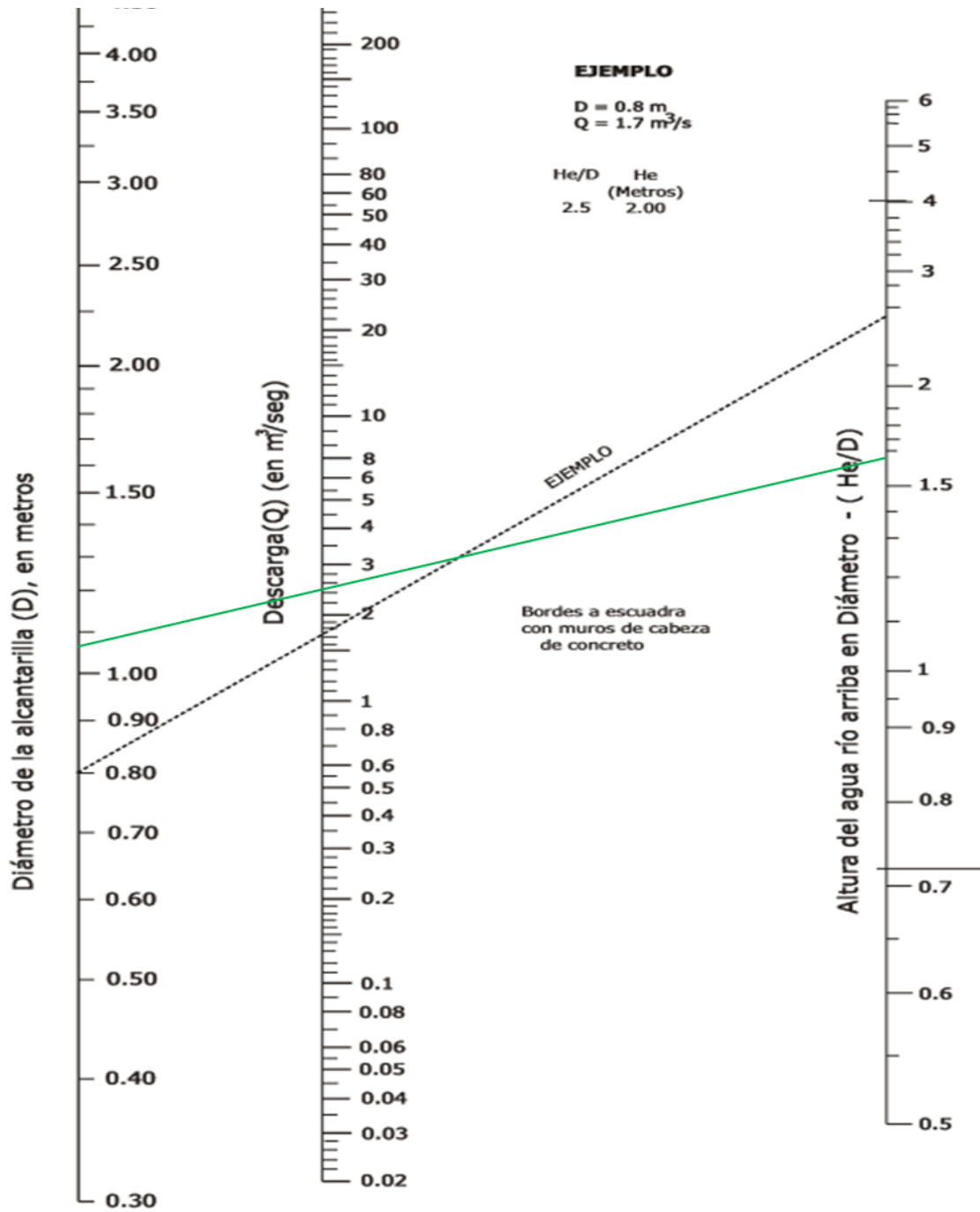


Gráfico No 3-1

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de obras de Drenaje en Aminos Rurales (PAST-DANIDA).

Nomograma N° 13: FHWA, HDS 5.1998 de la alcantarilla N° 9

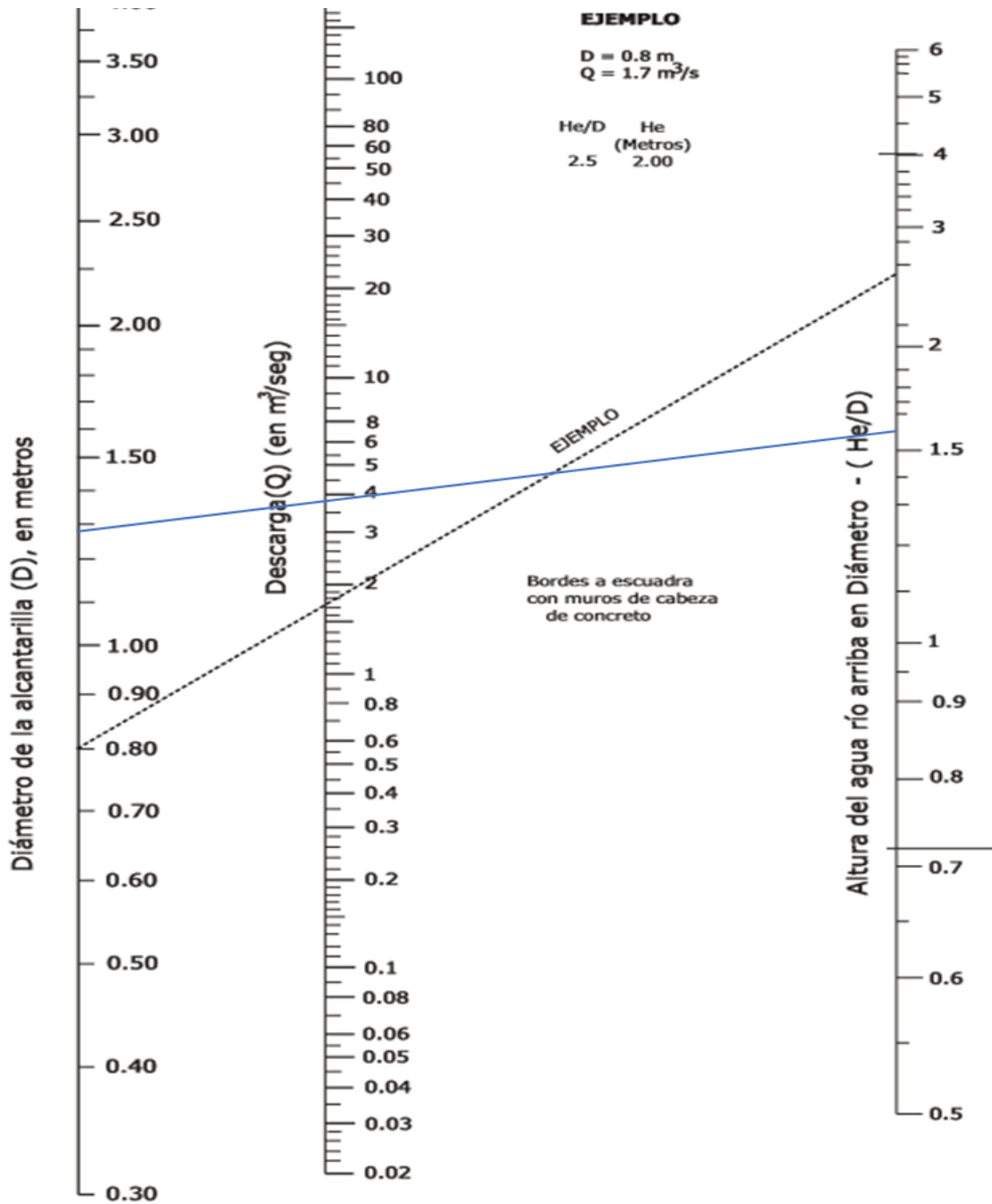


Gráfico No 3-1

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de obras de Drenaje en Aminos Rurales (PAST-DANIDA).

**Tabla N° 61: Matriz de ensayo**

Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
1	1	556.896,00	1.464.885,00	11+000	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,8	84,5	66,3	52,5	46,4	30,9	20,6	32,5	8,6	A-2-4 ( 0 )	55,3	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,9	79,5	63,6	43,7	18,1	A-7-6 ( 9 )	7,8
2	1	556.397,00	1.464.865,00	11+100	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	90,1	84,8	66,7	52,9	47,0	31,5	21,1	33,5	9,6	A-2-4 ( 0 )	55,3	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,7	81,5	67,4	42,6	17,0	A-7-6 ( 10 )	7,8
3	1	556.298,00	1.464.869,00	11+200	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	90,2	84,7	66,2	52,4	46,3	31,2	21,0	32,9	9,0	A-2-4 ( 0 )	55,3	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,1	78,3	62,6	44,3	18,6	A-7-6 ( 10 )	7,8
4	1	556.193,00	1.464.889,00	11+300	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,5	83,8	65,2	51,5	45,6	30,6	20,4	33,4	9,4	A-2-4 ( 0 )	55,3	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,1	77,5	61,6	44,2	18,6	A-7-6 ( 9 )	7,8
5	1	556.105,00	1.464.863,00	11+400	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	88,8	83,2	64,2	51,2	45,5	30,6	20,8	32,9	9,0	A-2-4 ( 0 )	55,3	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,7	79,6	64,4	42,6	17,0	A-7-6 ( 9 )	7,8
6	1	556.007,00	1.469.840,00	11+500	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,5	84,1	65,7	52,1	46,0	30,7	20,6	33,4	9,5	A-2-4 ( 0 )	55,3	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,6	77,9	62,5	44,2	18,6	A-7-6 ( 10 )	7,8



Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
																				plasticidad, color café.	
7	1	555.912,00	1.464.789,00	11+600	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,1	83,9	65,3	51,6	45,4	30,3	20,3	33,0	9,1	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>55,3</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,7	78,6	63,3	43,2	17,6	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,8</b>
8	1	555.826,00	1.464.744,00	11+700	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,7	84,4	65,8	52,3	47,0	31,5	21,4	33,4	9,4	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>55,3</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,9	79,5	64,0	44,2	18,6	<b>A-7-6 ( 10 )</b>	<b>7,8</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
9	1	555.746,00	1.464.703,00	11+800	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,8	84,4	65,8	52,3	46,1	30,5	21,2	32,7	8,8	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>55,3</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,6	77,5	62,2	43,9	18,2	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,8</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
10	1	555.652,00	1.464.632,00	11+900	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,4	83,9	65,5	52,0	46,1	30,9	20,6	33,4	9,4	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>55,3</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,1	77,4	62,1	44,3	18,6	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,8</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
11	1	555.536,00	1.464.665,00	12+000	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,3	84,1	65,4	52,1	46,0	30,8	20,7	33,2	9,3	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>61,8</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,7	76,9	61,2	42,8	17,1	<b>A-7-6 ( 8 )</b>	<b>6,7</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
12	1	555.437,00	1.468.668,00	12+100	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,7	84,6	66,1	52,3	46,4	31,4	21,5	33,9	9,9	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>61,8</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,9	77,3	61,6	42,6	17,0	<b>A-7-6 ( 8 )</b>	<b>6,7</b>	Arcilla arenosa, de mediana

Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
																				plasticidad, color café.	
13	1	555.348,00	1.464.684,00	12+200	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,9	84,4	65,9	52,4	46,4	30,9	20,7	32,9	8,9	A-2-4 ( 0 )	61,8	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,7	79,8	64,9	45,0	19,5	A-7-6 ( 11 )	6,7
14	1	555.271,00	1.464.612,00	12+300	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,8	84,3	65,8	52,3	47,0	31,7	21,7	33,0	9,1	A-2-4 ( 0 )	61,8	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,8	78,3	62,9	42,8	17,2	A-7-6 ( 9 )	6,7
15	1	555.199,00	1.464.548,00	12+400	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,2	83,8	65,3	51,9	46,0	31,1	21,0	33,3	9,4	A-2-4 ( 0 )	61,8	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,8	77,3	62,0	42,8	17,2	A-7-6 ( 9 )	6,7
16	1	555.099,00	1.464.531,00	12+500	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,3	84,0	65,4	51,9	45,9	30,6	20,6	33,0	9,1	A-2-4 ( 0 )	61,8	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,1	77,1	61,5	43,0	17,8	A-7-6 ( 9 )	6,7
17	1	555.023,00	1.464.470,00	12+600	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,3	84,1	65,6	52,2	46,9	32,0	21,8	33,2	9,3	A-2-4 ( 0 )	61,8	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,0	78,2	62,6	42,8	17,5	A-7-6 ( 9 )	6,7
18	1	554.923,00	1.464.442,00	12+700	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,3	83,9	65,3	52,0	46,3	30,7	21,3	33,5	9,5	A-2-4 ( 0 )	61,8	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,5	77,8	62,3	44,0	18,4	A-7-6 ( 9 )	6,7

Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
																				plasticidad, color café.	
19	1	554.831,00	1.464.430,00	12+800	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,3	84,0	65,5	52,0	45,7	30,4	20,6	33,4	9,4	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>61,8</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,0	78,0	62,0	44,1	18,9	<b>A-7-6 ( 10 )</b>	<b>6,7</b>
20	1	554.721,00	1.464.412,00	12+900	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,4	84,0	65,3	51,8	45,9	31,0	20,9	33,2	9,5	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>61,8</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,1	77,1	60,9	43,8	18,5	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>6,7</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
21	1	554.608,00	1.464.382,00	13+000	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,0	83,7	65,2	51,5	45,5	30,2	20,6	33,0	9,1	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>59,9</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,0	78,2	62,4	43,8	18,9	<b>A-7-6 ( 10 )</b>	<b>8,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
22	1	554.584,00	1.464.303,00	13+100	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,3	83,9	65,5	51,8	46,0	30,7	21,1	33,1	9,1	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>59,9</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,6	77,8	62,1	43,2	17,5	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>8,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
23	1	554.476,00	1.464.281,00	13+200	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,8	84,0	65,6	52,1	46,8	31,6	21,6	33,5	9,6	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>59,9</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,5	77,3	61,6	44,8	19,9	<b>A-7-6 ( 10 )</b>	<b>8,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
24	1	554.379,00	1.464.297,00	13+300	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,2	83,9	65,5	51,9	45,8	30,7	20,5	33,1	9,1	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>59,9</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,6	76,8	61,1	43,8	18,2	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>8,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana



Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
																				plasticidad, color café.	
31	1	553.790,00	1.464.156,00	14+000	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,5	84,2	65,8	52,2	46,6	31,3	21,4	33,2	9,3	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,6	77,9	61,8	42,8	17,4	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>
32	1	553.690,00	1.464.105,00	14+100	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,9	84,5	65,9	52,1	45,9	30,9	20,7	33,7	10,0	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,8	77,7	61,6	43,8	18,6	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
33	1	553.603,00	1.464.040,00	14+200	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,5	84,0	65,5	52,0	46,8	31,2	21,3	33,4	9,5	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,5	77,6	61,5	42,9	17,4	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
34	1	553.522,00	1.464.079,00	14+300	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,0	83,2	64,4	50,9	45,0	30,2	20,3	33,3	9,8	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,1	77,2	61,4	43,8	18,5	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
35	1	553.452,00	1.464.157,00	14+400	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,4	83,8	65,2	51,7	45,5	30,5	20,7	33,4	9,7	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,6	77,2	60,8	44,8	19,4	<b>A-7-6 ( 10 )</b>	<b>7,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
36	1	553.353,00	1.464.153,00	14+500	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,2	83,9	65,4	51,9	45,8	31,0	21,4	33,2	10,5	<b>A-2-6 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,1	77,3	61,3	42,8	17,2	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana

Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
																				plasticidad, color café.	
37	1	553.261,00	1.464.186,00	14+600	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,4	84,0	65,4	51,8	45,5	30,2	20,6	33,2	10,3	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,1	77,2	61,4	44,1	18,9	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>
38	1	553.164,00	1.464.194,00	14+700	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,1	83,5	65,0	51,5	45,4	30,9	20,6	33,1	10,6	<b>A-2-6 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,7	77,0	61,0	42,9	17,7	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>
39	1	553.095,00	1.464.130,00	14+800	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,1	83,3	64,5	51,0	44,9	30,2	20,3	33,9	10,2	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,7	76,6	60,3	44,8	19,4	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>
40	1	553.016,00	1.464.045,00	14+900	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,0	83,2	64,7	51,2	45,1	30,3	20,2	33,5	10,0	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>57,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,9	77,8	62,6	43,8	18,5	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>7,1</b>
41	1	552.915,00	1.463.981,00	15+000	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,8	84,4	65,9	52,3	46,1	30,8	20,5	33,6	9,9	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>48,4</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,4	76,5	60,8	44,1	19,5	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>6,7</b>
42	1	552.842,00	1.463.972,00	15+100	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,6	83,7	65,0	51,4	44,9	30,5	21,2	32,7	9,6	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>48,4</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,7	77,1	61,3	44,2	18,8	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>6,7</b>

Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
																				plasticidad, color café.	
43	1	552.750,00	1.463.938,00	15+200	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,2	83,4	64,8	51,4	46,0	31,0	21,4	32,9	9,5	A-2-4 ( 0 )	48,4	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,9	79,6	64,4	43,8	18,1	A-7-6 ( 10 )	6,7
44	1	552.656,00	1.463.889,00	15+300	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,0	83,6	65,3	51,7	46,5	31,0	21,2	33,2	9,3	A-2-4 ( 0 )	48,4	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,0	78,0	62,0	43,8	18,2	A-7-6 ( 11 )	6,7	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
45	1	552.560,00	1.463.855,00	15+400	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,3	84,0	65,4	52,0	46,0	31,0	20,5	33,5	10,5	A-2-4 ( 0 )	48,4	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,6	76,5	60,7	44,2	18,4	A-7-6 ( 9 )	6,7	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
46	1	552.499,00	1.463.764,00	15+500	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	88,8	79,0	73,8	57,4	45,5	40,7	27,5	18,9	33,3	9,3	A-2-4 ( 0 )	48,4	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,8	80,0	65,3	43,9	18,2	A-7-6 ( 10 )	6,7	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
47	1	552.463,00	1.463.682,00	15+600	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,0	83,1	64,5	51,0	44,9	29,9	20,0	33,9	10,0	A-2-4 ( 0 )	48,4	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,7	76,7	60,3	44,8	19,3	A-7-6 ( 9 )	6,7	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
48	1	552.375,00	1.463.667,00	15+700	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,4	83,4	65,0	51,3	45,0	30,1	19,6	33,3	10,8	A-2-6 ( 0 )	48,4	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,2	75,7	60,2	44,1	19,3	A-7-6 ( 9 )	6,7	Arcilla arenosa, de mediana

Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
																				plasticidad, color café.	
49	1	552.311,00	1.463.591,00	15+800	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,8	84,3	65,8	52,2	46,0	30,5	20,4	33,9	10,4	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>48,4</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,6	76,8	61,1	44,1	18,6	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>6,7</b>
50	1	552.217,00	1.463.539,00	15+900	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	88,8	82,9	64,4	50,9	45,0	30,2	20,2	33,9	11,0	<b>A-2-6 ( 0 )</b>	<b>48,4</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,4	76,1	60,1	44,1	18,7	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>6,7</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
51	1	552.112,00	1.463.500,00	16+000	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,9	83,8	64,9	51,2	45,0	29,7	19,6	32,9	9,0	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>42,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,7	76,2	60,2	43,5	18,3	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>8,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
52	1	552.043,00	1.463.455,00	16+100	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	88,8	83,1	64,8	51,1	45,0	30,1	20,1	33,2	9,5	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>42,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,7	76,4	60,6	44,0	18,8	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>8,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
53	1	551.974,00	1.463.392,00	16+200	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	88,7	82,8	64,0	50,4	44,2	29,5	19,6	33,2	10,1	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>42,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,8	75,0	59,4	43,9	18,9	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>8,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, color café.
54	1	551.875,00	1.463.350,00	16+300	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	88,7	82,7	63,8	50,7	44,5	29,9	20,1	33,2	9,4	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>42,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 -150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,8	75,1	59,4	44,3	18,9	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>8,1</b>	Arcilla arenosa, de mediana



Sondeo N°	Muestra N°	Cordenadas		Estacion	Profundidad en cm	Porcentajes que pasan en tamices ( % )										LL	IP	Clasificación		OBSERVACION 1	
		X	Y			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40			200	H.R.B		CBR
																				plasticidad, color café.	
55	1	551.759,00	146.377,00	16+400	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	88,6	82,8	64,6	50,9	44,5	29,7	19,5	31,9	9,7	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>42,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 - 150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	93,4	76,0	60,0	44,3	19,3	<b>A-7-6 ( 9 )</b>
56	1	551.644,00	1.463.356,00	16+500	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	88,7	82,8	64,3	50,7	44,2	29,5	19,7	33,3	10,2	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>42,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 - 150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,3	75,8	59,9	44,0	19,6	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>8,1</b>
57	1	551.565,00	1.463.308,00	16+600	0 - 25 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	89,4	83,4	64,9	51,7	45,7	30,7	20,5	33,1	9,4	<b>A-2-4 ( 0 )</b>	<b>42,6</b>	Grava limo arenosa, color café .
	2				25 - 150 cm	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	94,9	77,1	61,3	43,0	18,4	<b>A-7-6 ( 9 )</b>	<b>8,1</b>

Fuente: Estudio de suelo del MTI.

**Tabla N° 62: Formato de aforo vehicular**

UBICACIÓN DE PUNTO DE AFORO:										FECHA CONTEO:															
ESTACION:										AFORADOR:															
SENTIDO:										VEH.															
Vehículos Livianos					Pesados de Pasajeros					Pesados de Carga					Pesados					Veh. Trac. Animal					
Hora	Bicic	Moto	Autos		Jeep	Camionetas Pick UPs		Mc bus	Mn >15 P	Bus	Camión C2	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	TxSx <5	T3S2	T3S3	Otro s	Veh. Const	Veh. Agric	
1234	12345	12345678910	12345678910	12345678910	12345678910	1234567891011	1234	12345	123456	123456	12345678	12345678	12345678	1234	1234	1234	1234	1234	123456	123456	12345	12345	1234	1234	12345
5678	678910	111213141516	111213141516	111213141516	111213141516	111213141516171819	5678	678910	7891011	7891011	7891011	7891011	7891011	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910
910	111213	171819202122	171819202122	171819202122	171819202122	2021222324252627	910	111213	121314	121314	1415161718	1415161718	1415161718	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910	910
1112	141516	232425262728	232425262728	232425262728	232425262728	2829303132333435	1112	141516	151617	151617	151617	151617	151617	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223	1920212223
1314	171819	293031323334	293031323334	293031323334	293031323334	3637383940414243	1314	171819	181920	181920	181920	2425262728	2425262728	1314	1314	1314	1314	1314	1314	20212223	20212223	161718	1314	1314	131415
1516	20	353637383940	353637383940	353637383940	353637383940	44454647484950	1516	20	2122	2122	2122	2930	2930	1516	1516	1516	1516	1516	1516	2425	2425	1516	1516	1516	16

Fuente: Biblioteca UNI Norte.

**Tabla N° 63: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, pt = 2,0**

Carga por eje		SN      pulg      (mm)					
(Kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8,9	,0002	,0002	,0002	,0002	,0002	,0002
4	17,8	,002	,003	,002	,002	,002	,002
6	26,7	,009	,012	,011	,010	,009	,009
8	35,6	,030	,035	,036	,033	,031	,029
10	44,5	,075	,085	,090	,085	,79	,076
12	53,4	,165	,177	,189	,183	,174	,168
14	62,3	,325	,338	,354	,350	,338	,331
16	71,2	,598	,598	,613	,612	,603	,596
18	80,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,0	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	97,9	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	106,8	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51
26	115,7	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	124,6	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	133,5	10,4	10,0	9,2	8,6	8,7	9,2
32	142,4	14,0	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	151,3	18,5	17,9	16,3	15,0	14,9	15,6
36	160,0	24,2	23,3	21,2	19,3	19,0	19,9
38	169,1	31,1	29,9	27,1	24,6	24,0	25,1
40	178,0	39,6	38,0	34,3	30,9	30,0	31,2
42	186,9	49,7	47,7	43,0	38,6	37,2	38,5
44	195,8	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	204,7	76,1	73,0	65,6	58,3	55,7	57,0
48	213,6	92,9	89,1	80,0	70,9	67,3	68,6
50	222,5	113	108	97	86	81	82


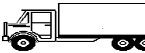
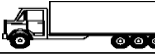









Fuente: Diseño de pavimentos, AASHTO 93 pág. 22.

**Tabla N° 64: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, pt = 2,0**

Carga por eje		SN pulg (mm)					
(Kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8,9	,0000	,0000	,0000	,0000	,0000	,0000
4	17,8	,0003	,0003	,0003	,0002	,0002	,0002
6	26,7	,001	,001	,001	,001	,001	,001
8	35,6	,003	,003	,003	,003	,003	,002
10	44,5	,007	,008	,008	,007	,006	,006
12	53,4	,013	,016	,016	,014	,013	,012
14	62,3	,024	,029	,029	,026	,024	,023
16	71,2	,041	,048	,050	,046	,042	,040
18	80,0	,066	,077	,081	,075	,069	,066
20	89,0	,103	,117	,124	,117	,109	,105
22	97,9	,156	,171	,183	,174	,164	,158
24	106,8	,227	,244	,260	,252	,239	,231
26	115,7	,322	,340	,360	,353	,338	,329
28	124,6	,447	,465	,487	,481	,466	,455
30	133,5	,607	,623	,646	,643	,627	,617
32	142,4	,810	,823	,843	,842	,829	,819
34	151,3	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	160,0	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	169,1	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	178,0	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	186,9	2,77	2,73	2,64	2,62	2,66	2,70
44	195,8	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	204,7	4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	213,6	5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83
50	222,5	6,15	5,99	5,64	5,44	5,56	5,77
52	231,4	7,37	7,16	6,71	6,43	6,56	6,83
54	240,3	8,77	8,51	7,93	7,55	7,69	8,03
56	249,2	10,4	10,1	9,3	8,8	9,0	9,4
58	258,1	12,2	11,8	10,9	10,3	10,4	10,9
60	267,0	14,3	13,8	12,7	11,9	12,0	12,6
62	275,9	16,6	16,0	14,7	13,7	13,8	14,5
64	284,7	19,3	18,6	17,0	15,8	15,8	16,6
66	293,6	22,2	21,4	19,6	18,0	18,0	18,9
68	302,5	25,5	24,6	22,4	20,6	20,5	21,5
70	311,4	29,2	28,1	25,6	23,4	23,2	24,3
72	320,3	33,3	32,0	29,1	26,5	26,2	27,4
74	329,2	37,8	36,4	33,0	30,0	29,4	30,8
76	338,1	42,8	41,2	37,3	33,8	33,1	34,5
78	347,0	48,4	46,5	42,0	38,0	37,0	38,6
80	355,9	54,4	52,3	47,2	42,5	41,3	43,0
82	364,8	61,1	58,7	52,9	47,6	46,0	47,8
84	373,7	68,4	65,7	59,2	53,0	51,2	53,0
86	382,6	76,3	73,3	66,0	59,0	56,8	58,6
88	391,5	85,0	81,6	73,4	65,5	62,8	64,7
90	400,4	94,4	90,6	81,5	72,6	69,4	71,3

Fuente: Diseño de pavimentos, AASHTO 93 pág. 22.

**Ilustración N° 13: Diagrama de cargas permisibles aplicadas en los puntos de control**

<b>PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS</b>								
TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
<b>C2</b>		5.00	10.00					<b>15.00</b>
<b>C3</b>		5.00	<b>16.50</b>					<b>21.50</b>
			8.25	8.25				
<b>C4</b>		5.00	<b>20.00</b>					<b>25.00</b>
			6.67	6.66	6.66			
<b>T2-S1</b>		5.00	9.00	9.00				<b>23.00</b>
<b>T2-S2</b>		5.00	9.00	<b>16.00</b>				<b>30.00</b>
				8.00	8.00			
<b>T2-S3</b>		5.00	9.00	<b>20.00</b>				<b>34.00</b>
				6.67	6.66	6.66		
<b>T3-S1</b>		5.00	<b>16.00</b>		9.00			<b>30.00</b>
			8.00	8.00				
<b>T3-S2</b>		5.00	<b>16.00</b>		<b>16.00</b>			<b>37.00</b>
			8.00	8.00	8.00	8.00		
<b>T3-S3</b>		5.00	<b>16.00</b>			<b>20.00</b>		<b>41.00</b>
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
<b>C2-R2</b>		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			<b>21.50</b>
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			<b>26.50</b>
<b>C3-R2</b>		5.00	<b>16.00</b>		4.0 a	4.0 a		<b>29.00</b>
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		<b>34.00</b>
<b>C3-R3</b>		5.00	<b>16.00</b>		4.0 a	5.0 a	5.0 a	<b>35.00</b>
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	<b>37.50</b>

**NOTA:** El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.  
**a :** Eje sencillo llanta sencilla.  
**b :** Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Clasificación vehicular del MTI. Página 8.

**Tabla N° 65: Diagrama de cargas permisibles.**

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en Lbs
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-12-30	4/8	8800/17600
C2-LIV	4/8	8800/17600
BUS = C2	5/10	11000/22000

Fuente: Clasificación vehicular del MTI.

**Tabla N° 66: Requisitos para Sub-Base de NIC-2000**

Propiedad	Especificación	Metología
Limite Líquido	25 % máx.	AASHTO-89
Indice Plástico	6 % máx.	AASHTO-90
CBR	40 % min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50 % máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12 % máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min del peso volumetrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, calles y puentes, NIC2000, Pág 530.

**Tabla N° 67: Requisitos para Base de NIC-2000**

Propiedad	Especificación	Metodología
Limite Líquido	25 % máx.	AASHTO-89
Indice Plástico	6 % máx.	AASHTO-90
CBR	80 % min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50 % máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12 % máx.	AASHTO-104
Compactación	95 % Proctor Modificado	AASHTO-191

Fuente: Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, calles y puentes, NIC-

