

Facultad de Tecnología de la Construcción

# **DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO Y PRESUPUESTO DE 1,160 METROS LINEALES DE CALLE EN EL BARRIO LAS MARIAS, UBICADO EN LA CIUDAD DE MATAGALPA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA, POR EL METODO DE AASHTO-93**

Trabajo del Taller Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

Br. Jorge Luis De  
León Nicaragua  
Carnet: 2010-34933

Br. Jairo José Bellorin  
Brenes  
Carnet: 2014-0050U

**Tutor:**

MSc. Gioconda Isabel  
Juárez Romero

Abril 2023  
Managua, Nicaragua

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, por haberme dado salud, y darme lo necesario para salir adelante día a día para lograr mis objetivos.

A mi Madre, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, valores, y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis abuelos, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizaron, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor incondicional.

A mi esposa e hijos, por ser mi mayor motivación para no rendirme en los estudios y poder ser un gran ejemplo para ellos.

A mi maestra, por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales, por su apoyo ofrecido en este trabajo y por transmitirme los conocimientos obtenidos.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivo general .....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
<b>III. MARCO TEORICO.....</b>	<b>3</b>
3.1. Estudio de tránsito.....	3
3.1.1. Volumen de tránsito .....	4
3.1.2. Aforos vehiculares.....	4
3.1.3. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). .....	4
3.2. Estudio de suelo.....	4
3.2.1. Clasificación de los suelos .....	4
3.2.2. Capacidad de soporte del suelo.....	6
3.3. Diseño de la estructura de pavimento .....	6
3.3.1. Clasificación de los pavimentos .....	6
3.3.2. Elementos de la estructura de pavimento articulado.....	7
3.4. Método de Diseño AASTHO 93.....	8
3.4.1. Principales variables consideradas en el método AASTHO 93.....	9
3.5. Presupuesto .....	13
3.5.1. Take off .....	13
3.5.2. Costos.....	14
3.5.3. Términos utilizados en obras horizontales .....	14
<b>IV. DISEÑO METODOLOGICO.....</b>	<b>18</b>
4.1 Área de investigación .....	18
4.2 Métodos del tipo de proyecto .....	18
4.2.1 Análisis del problema .....	18
4.2.2 Solución y diseño del sistema solución.....	18
4.2.3 Planificación de tareas .....	18
<b>V. DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLOGICO. ....</b>	<b>20</b>
5.1. Estudio de tránsito.....	20
5.1.1. Generalidades.....	20

5.1.2. Aforo vehicular .....	20
5.1.3. Procesamiento de la información .....	21
5.1.4. Tránsito de diseño.....	27
5.1.5. Determinación de los factores de ejes equivalentes .....	34
<b>5.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO .....</b>	<b>43</b>
5.2.1. Estudio de suelos.....	43
5.2.2 Determinación del CBR de Diseño.....	51
<b>5.3. DISEÑO DE PAVIMENTO .....</b>	<b>56</b>
5.3.1. Generalidades.....	56
5.3.2. Consideraciones del Diseño AASHTO-93.....	56
5.3.3. Cálculo de Espesores .....	65
<b>5.4. PRESUPUESTO .....</b>	<b>68</b>
5.4.1. Presupuesto.....	68
5.4.2. Memoria de cálculo .....	70
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>78</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>
<b>IX. CRONOGRAMA DE EJECUCION .....</b>	<b>80</b>
<b>X. ANEXOS.....</b>	<b>I</b>

## **I. INTRODUCCION**

Las vías terrestres son obras de infraestructura de transporte, por ejemplo: caminos, carreteras, autopistas, autovías, puentes, túneles y vías férreas, y sus obras de cruce y empalmes. Estas son de vital importancia para el desarrollo económico del país, la cual tiene una relevancia extraordinaria en la sociedad porque permiten la circulación de bienes y de personas, logrando una integración social que favorece el desarrollo.

El área en estudio se encuentra ubicada al noreste de la ciudad de Matagalpa, departamento de Matagalpa, el barrio Las Marías tiene una superficie total de 118,794 m<sup>2</sup> y una población de 2,700 habitantes (Matagalpa en cifras, INIDE).

El estado actual del tramo en estudio se encuentra en buen estado debido al mantenimiento esporádico que la Alcaldía de Matagalpa ejecuta, dado esto, en épocas de invierno se generan charcas y lodo, lo cual son vectores para la proliferación de enfermedades que afectan a la población y en época de verano el polvo provoca afectaciones respiratorias.

Se analizarán ensayos de suelos proporcionados por la alcaldía de Matagalpa con el objetivo de conocer las características físico-mecánica de los materiales existentes a través de la clasificación AASHTO, límites de consistencia y la estimación del valor CBR necesario para hacer correlaciones con el módulo de resiliencia de los materiales para la subrasante existente, de igual forma se tomarán en cuenta los criterios y especificaciones de las NIC-2000, de igual manera el método AASHTO 93 será la herramienta para el diseño de los espesores de la estructura del pavimento articulado y como último planteamiento será el presupuesto el cual estará basado en los catálogos de etapas y sub etapas del FISE (Fondo de Inversión Social de Emergencia).

Con este estudio se propondrá una alternativa de diseño que permita a los pobladores o la comuna la gestión de fondos para su construcción, ya que es necesario en la época de invierno para la accesibilidad de la circulación vehicular y así mismo para un mejor acceso de los habitantes que viven en el barrio.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Diseñar la estructura de pavimento articulado y presupuesto de 1,160 metros lineales de calle en el barrio Las Marías, ubicado en la ciudad de Matagalpa, por el método de AASHTO 93”.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Realizar el estudio de tránsito para la determinación del flujo vehicular necesario, y la obtención de las cargas que soportará la estructura de pavimento.
- Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo existente en el sitio y de los bancos de materiales, tomados en base a un estudio geotécnico existente de la vía para la obtención el CBR de diseño.
- Diseñar los espesores requeridos de pavimento articulado aplicando el método de la AASHTO-93.
- Elaborar el presupuesto de cada una de las actividades del proyecto, para la estimación del costo total de la inversión.

### **III. MARCO TEORICO**

En un camino no pavimentado o ejecutado sin criterios de diseños, las condiciones de funcionamiento son precarias, lo que genera limitaciones en las velocidades y las cargas de los vehículos, también se elevan los costos operacionales (mantenimiento y combustible). La utilización de un camino de tierra, revestimiento primario o material selecto depende de las condiciones climáticas y de un drenaje satisfactorio.

Para el diseño de la estructura de pavimento articulado es necesario el abordaje de elementos básicos que serán empleados como parte del proceso, los que incluyen, cuantificación de volúmenes de tránsito, estudios de suelos incluyendo la visita in situ para analizar el mejor trazado de las mismas y determinar los alineamientos más viables, a fin de conseguir que el emplazamiento de las mismas reúna las mejores condiciones de funcionamiento visto desde el punto vial y para llevar a cabo un diseño de estructura de pavimento se debe tomar en cuenta los siguientes conceptos.

#### **3.1. Estudio de tránsito**

El tránsito es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento de un pavimento, por consiguiente, es necesario conocer el número y tipo de vehículos que circulan por una vía por medio de aforos (conteos vehiculares), ubicados en el tramo a estudiar para determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causen los pavimentos.

El diseño de una carretera, o de cualquiera de sus partes, debe basarse en la información real incluyendo factores relativos al tránsito, por otro lado, los volúmenes de tránsito indican la necesidad de mejorar las características geométricas del diseño tales como número de carriles, ancho, alineamiento y pendientes. La información de tránsito sirve para establecer las cargas para el diseño geométrico de la carretera.

### **3.1.1. Volumen de tránsito**

Se define al número determinado de vehículos que circulan por una vía, tramo o punto de acceso bien sea de un carril o una calzada, mediante un periodo determinado. (G., Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas, 1998, pág. 152).

### **3.1.2. Aforos vehiculares**

Es la cuantificación de los volúmenes actuales de tránsito, con las condiciones presentes y pronosticar los volúmenes que serán atraídos y generados como resultado de su rehabilitación y mejora.

### **3.1.3. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).**

El Tránsito Promedio Diario Anual, se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de un año, dividido entre los 365 días del mismo. (G., Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas, 1998, pág. 154).

El TPDA resulta de expandir el Tránsito Promedio Diurno de 12 horas recopilado en el campo, a tráfico de 24 horas haciendo uso de los factores día, semana y temporada.

## **3.2. Estudio de suelo**

Se considera que un suelo es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos que pueden separarse por medios mecánicos comunes.

### **3.2.1. Clasificación de los suelos**

La clasificación de los suelos se basa en los resultados del ensaye de laboratorio prescrito para la determinación de las características granulométricas y de plasticidad. Aquellos que tienen propiedades similares pueden clasificarse en el grupo al que mejor encajen según los sistemas de clasificación de suelos, entre



los más comunes se tienen: Sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y SUCS (Soil Unified Classification System).

Nota: Cabe destacar que para este estudio geotécnico el método que se utilizó para la clasificación de suelo es el método AASHTO M-145.

La AASHTO nos indica que:

Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz N0. 10 (2mm).

Arena gruesa: tamaño menor a 2 mm hasta tamiz N0. 40 (0.425mm).

Arena fina: tamaño menor a 0.425 mm hasta el tamiz N0. 200 (0.075mm).

Limos y arcillas: tamaños menores de 0.0075 mm.

Las propiedades físico-mecánicas son las características utilizadas para la selección de los materiales, las especificaciones de construcción y el control de calidad. Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub-rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento.

Las propiedades de plasticidad se realizan y analizan según las pruebas de límites de Atterberg, las cuales son:

Límite líquido (LL): es la propiedad de un suelo, cuando sufre una transformación de estado plástico a un estado semilíquido.

Límite plástico (LP): es el límite entre estado plástico y el semisólido de un suelo.

Índice plástico (IP): diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP), que nos muestra la plasticidad del material.

La relación entre la humedad y la densidad de un suelo compactado es una situación que se requiere al analizar las propiedades del mismo. Para tal efecto se aplicarán los ensayos proctor, AASHTO T-99 (estándar) y T-180 (modificado),

que es lo que permitirá calcular la humedad ideal que el suelo alcanza su densidad máxima y a la vez sus mejores propiedades mecánicas.

Una adecuada y rigurosa clasificación permite al ingeniero de carreteras tener una primera idea acerca del comportamiento que cabe esperar de un suelo como cimiento firme. Normalmente suele ser suficiente conocer la granulometría y plasticidad de un suelo para predecir su comportamiento mecánico.

### **3.2.2. Capacidad de soporte del suelo**

La capacidad portante de un suelo puede definirse como la carga que éste es capaz de soportar sin que se produzcan asentamiento excesivo. El indicador más empleado para determinar la capacidad portante de un suelo es el índice CBR.

El hinchamiento se determina sometiendo la muestra a un proceso de inmersión durante 4 días, aplicando una sobrecarga equivalente a la previsible en condiciones de uso de carretera.

### **3.3. Diseño de la estructura de pavimento**

El diseño de pavimentos consiste en determinar cada uno de los espesores de las capas que conforman la superficie de rodadura. Este diseño está basado en los estudios del tránsito y las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

#### **3.3.1. Clasificación de los pavimentos**

Los pavimentos se clasifican en:

- **Pavimentos rígidos:** Consiste básicamente en una losa de concreto simple armado, apoyada directamente sobre una base o sub-base. La losa, debido a su rigidez y su alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de ruedas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.
- **Pavimentos semi - rígidos:** Guarda fundamentalmente la misma estructura de un pavimento flexible, una de las capas se encuentra rigidizada

artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos.

- **Pavimentos flexibles:** Este tipo de pavimento está formado por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base.
- **Pavimentos articulados:** Están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí.

### 3.3.2. Elementos de la estructura de pavimento articulado

- **Sub rasante:** Puede ser la capa de Terreno natural que sirve de cimiento de la estructura del pavimento, también puede tratarse de una capa adicional que de mayor estabilidad al terreno natural a la cual denominamos Sub-rasante mejorada. (Fonseca, Ingeniería de Pavimentos, 2018).
- **Base:** Material clasificado como roca triturada, escoria triturada o no. Pueden ser mejorados mediante estabilizaciones mecánicas (compactación) y químicas. (Fonseca, Ingeniería de Pavimentos, 2018)
- **Sub base:** Esta capa puede estar construida con materiales clasificados en base a su granulometría, características plásticas y resistencia, mejorándolas en caso de ser necesario mediante estabilizaciones mecánicas (compactación). (Fonseca, Ingeniería de Pavimentos, 2018).
- **Capa de arena:** Se usarán arenas naturales de río, arenas volcánicas o minerales, debiendo estar libres de arcillas, materia orgánica o cualquier otro material que pudiera interferir con el drenaje del agua proveniente de la superficie.
- **Capa superficial o capa de rodadura:** Es la capa superior del pavimento, consistente en una mezcla de agregados minerales y materiales asfálticos, siendo capaz de transmitir y resistir altas presiones de neumáticos y el desgaste debido al tráfico. A su vez junto con la imprimación tiene como

objetivo proteger a la capa base y a las demás capas que conforman la estructura del pavimento.

- **Adoquines:** Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena de 3 a 5 centímetros de espesor, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.
- **Sello de arena:** Los adoquines se colocarán directamente sobre la arena, de manera que la junta entre ellos no exceda los 5 milímetros. La arena de sello entre juntas de adoquines puede ser, de la misma usada para su lecho, cribada por el tamiz N.º 8.

### 3.4. Método de Diseño AASTHO 93

El diseño para el pavimento flexible según la AASHTO está basado en la determinación del Número Estructural “SN” que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto. Este procedimiento no es aplicable para determinar espesores sobre capas que tengan un módulo resiliente mayor a 40000 psi (280MPa). La ecuación de este método de diseño:

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R S_O + 9.36 \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

Ecuación 1

**Fuente:** *Manual de diseño de pavimentos AASTHO 1993, p.10*

**Donde:**

W18: Número de cargas 18 Kips (80KN) previstas. Tráfico equivalente o ESAL´s.

ZR: Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

So: Desvío estándar de todas las variables.

$\Delta$ PSI: Pérdida de serviciabilidad.

MR: Módulo Resiliente de la sub-rasante.

### 3.4.1. Principales variables consideradas en el método AASTHO 93

#### ➤ Índice de serviciabilidad

Es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el que fue diseñado.

El índice de serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto).

Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) y la serviciabilidad final ( $P_t$ ).

Cálculo de serviciabilidad:  $\Delta$ PSI =  $P_0 - P_t$

#### ➤ Pérdida de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)

Los valores anteriormente descritos nos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento. Por tanto:

$$\Delta\text{PSI} = p_0 - p_t$$

Ecuación 2

**Donde:**

PSI = Índice de Servicio Presente

$\Delta$ PSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

$p_0$  = Índice de servicio inicial

$p_t$  = Índice de servicio final

➤ **Confiabilidad**

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. El nivel de confiabilidad estará de acuerdo a la clasificación de la vía.

Tabla No 1. Factores de confiabilidad recomendados

Tipos de Caminos	Confiabilidad Recomendada (R)	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas Interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 – 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

*Fuente: Guía de Diseño para Estructura de Pavimentos, AASHTO 93, Pág. 137*

➤ **Módulo de Resiliencia (MR)**

Es la variable que se usa para caracterizar las propiedades de los suelos, está en función de la sub-rasante para cuantificar la capacidad de soporte de los pavimentos flexibles, la guía de diseño establece la correlación para determinar el MR usando el CBR.

➤ **Cálculo del CBR de diseño**

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y está normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193.

Tabla No 2. Ecuaciones de Correlación CBR y MR

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	Mr= 1500 * CBR
CBR > 10%	Mr = 4326 * Ln (CBR) + 241

*Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.*

➤ **Número Estructural Asumido (SN)**

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Para calcular el ESAL o W18, se debe de asumir un valor inicial de SN. Asumido por la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2^2 + a_3 D_3^3 \quad \text{Ecuación 3}$$

**Donde:**

A1, a2, a3 son los coeficientes estructurales o de capa, adimensionales.

M1, m2, m3 son los coeficientes de drenaje

D1, D2, D3 son los espesores de capa, en pulg. o mm, en este sentido, el número estructural llevara las unidades de los espesores de las diferentes capas del pavimento.

➤ **Coefficiente de Capa (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>)**

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a<sub>n</sub>), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN.

➤ **Coefficiente de Drenaje (m)**

Es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento en su vida útil, así también en el diseño del mismo.

➤ **Factor de Equivalencia (FESAL)**

Se obtiene las tablas de la AASHTO-93 para ejes sencillos, dobles. Conociendo la serviciabilidad final, el número estructural asumido (SN) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips) se obtienen los factores de equivalencia.

➤ **Desviación Estándar (So)**

Factor que toma en cuenta la variación por errores en los materiales asociados al diseño así mismo la variabilidad y propiedades de los suelos, estimaciones de tráfico, condiciones de clima y calidad de construcción. El rango recomendado por la AASHTO ROAD TEST para pavimentos flexibles es 0.40 - 0.50

➤ **Período de Diseño**

Es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.

Tabla No 3. Período de diseño (N)

Tipo de Carretera		Período de Diseño
AR	Autopista Regional	20 – 40 años
TS	Troncales Sub-Urbanas	15 – 30 años
TR	Troncales Rurales	
CS	Colectoras Sub-Urbanas	
CR	<b>Colectoras Rurales</b>	<b>10 – 20 años</b>

*Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimento 2011, Cap. 7, Pág. 3.*

➤ **Factor de distribución por sentido (fds)**

Según el Diseño de Pavimento AASHTO 93, El factor de distribución por sentido (fs.) permite cuantificar la fracción del total del tránsito que circulará en el sentido de diseño.

➤ **Factor de distribución por Carril (fc)**

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de 2 carriles, cualquiera de los 2 puede ser el camino de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para



caminos de varios carriles el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril. **(P.50)**

Tabla N°4. Factor de Distribución por Dirección

Número de carriles en ambas direcciones	LD
2	50
4	45
6 o más	40

*Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos 2004, Cap.3, pág.30*

### ➤ Factor crecimiento

Es el factor que permite el tráfico total esperado de la acumulación de los ejes equivalentes de daño durante el periodo de análisis y se determina haciendo uso de las tasas de crecimiento (i), determinadas por el (MTI).

$$F_c = 365 \left( (1+i)^n - 1 \right) / i$$

Ecuación 4

*Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos 2004, Cap.3, pág.30*

## 3.5. Presupuesto

Se le llama presupuesto al cálculo y negociación de los ingresos y gastos de una actividad económica sea personal, familiar, empresarial o pública. Un presupuesto es un plan de acción dirigido a cumplir un objetivo previsto, expresado en términos financieros, que deben cumplirse en determinado tiempo y en ciertas condiciones.

### 3.5.1. Take off

Se denomina Take-off a todas aquellas cantidades de materiales que involucran los costos de una determinada obra, dichas cantidades están mediadas en cantidades tales como: metros cúbicos, metros lineales, metros cuadrados, quintales, libras, kilogramos y otras unidades. De los cuales dependerá en gran parte el presupuesto.

### 3.5.2. Costos

Es la suma que nos dan los recursos (cantidad de materiales) y el esfuerzo (mano de obra) que se hayan empleado en la ejecución de la obra. Tales costos los podemos dividir en:

#### ➤ **Costos directos**

Son todas aquellas erogaciones o gastos que se tienen que efectuar para construir la obra, tiene la particularidad de casi siempre estos se refieren a materiales, mano de obra, maquinaria y equipos que quedan físicamente incorporados a la obra terminada.

#### ➤ **Costos indirectos**

Son todas aquellas erogaciones que generalmente se hacen para llevar a cabo la administración de la obra tales gastos incluyen salarios, prestaciones sociales, seguros, gastos administrativos, legales, finanzas, depreciación de vehículos, imprevistos, entre otros.

### 3.5.3. Términos utilizados en obras horizontales

**Movimiento de tierra:** Los movimientos de tierra son aquellas acciones que realiza el hombre para variar o modificar la topografía de un área, faja o zona, con el objetivo a adaptarla al proyecto previamente confeccionado, generalmente de forma mecanizada, mediante el empleo de las maquinarias diseñadas especialmente con esta finalidad.

**Despalme:** El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de la obra a ejecutar.

**Corte y relleno:** Proceso de excavar y movimiento del material excavado a otro lugar empleándolo como relleno. También llamado desmonte y terraplén, sección a media ladera.

**Terraplén:** Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

**Explanaciones:** Son el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial ejecutada hasta la superficie subrasante de acuerdo con el proyecto. Su función es proporcionar apoyo al pavimento.

**Capa Subrasante:** Es la capa de suelo que constituye la parte superior de las explanaciones sobre la cual se construye el pavimento.

**Sub-base:** Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería también actúa como drenaje para desalojar el agua, que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

Otra función consiste en servir de transición entre el material de base, generalmente granular más o menos gruesos. La sub-base más fina de la base, actúa como filtro e impide su incrustación en la sub-rasante.

**Base:** Es un elemento fundamental desde el punto de vista estructural, su función consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas inferiores los esfuerzos producidos por el tránsito de una intensidad apropiada.

La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los hombros del pavimento. Las bases pueden construirse de diferentes materiales como: piedra triturada, asfalto o cal, macadam y losas de concreto hidráulico.

**Carpeta:** Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito; desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento, es el elemento más importante.

**Pavimento:** Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

**Pendiente:** Toda recta que no está en posición horizontal está inclinada, un mismo segmento de recta puede tener afinidad de posiciones y por su puesto afinidad de inclinaciones o pendientes.

**Hombros:** Constituyen aquella parte del camino contigua a la superficie de rodamiento destinada tanto para permitir la detención de vehículos en emergencia como para aumentar la capacidad de la vía y mejorar su nivel de servicio.

**Cunetas:** Son canales construidos al pie del talud de los cortes, al borde de encauzar por gravedad las aguas de lluvias que le llegan desde el talud y desde la superficie de rodamiento del camino.

**Contra cunetas:** Son pequeñas cunetas en la parte alta de un corte, paralelas al borde superior del mismo, cuyo objeto es recibir y encauzar adecuadamente las aguas que escurren superficialmente por la ladera evitando que lleguen al talud y lo erosionen.

**Alcantarillas:** Son obras de drenaje menor, es un conducto cerrado a través del cual fluyen las aguas negras, el agua pluvial u otros desechos. El diámetro de la alcantarilla es de 8" para ciudades pequeñas y 10" para ciudades grandes. No obstante, no deberá usarse un diámetro menor de 6" debido a las posibles obstrucciones.

**Sub-drenes:** Son elementos de un sistema de drenaje subterráneo cuya función es captar, recolectar y desalojar el agua del terreno natural, de una terracería o de un pavimento, de acuerdo con las características fijadas en el proyecto.

**Volumen en banco (Vb):** Es el volumen medido en el banco de préstamo; está medido en unidades de  $m^3$ ,  $yd^3$ ,  $pie^3$ , etc.

**Volumen suelto (Vs):** Es el volumen del material que se extrajo del banco de préstamo. Es mayor que el volumen de banco debido a que el suelo se ha abundado. Es el valor que se toma en cuenta para el costo del acarreo.

**Volumen compacto (Vc):** Es el volumen de tierra que se ha colocado en un terraplén y ha sido compactado por medios mecánicos. Este volumen es menor que el volumen en banco.

**Abundamiento:** Es el aumento de volumen de determinado tipo de suelo, provocado por el aflojamiento de sus partículas; se expresa como un porcentaje de volumen de la muestra inalterada. En este proyecto se consideró un porcentaje de abundamiento para el suelo del sitio de 10% y para el banco de material selecto (banco de préstamo), 15%.

**Factor de Compactación:** es el procedimiento resultante de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad. para el suelo del sitio de ocuparemos un factor 0.90 y para el banco de préstamo de 0.85.

## **IV. DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1 Área de investigación**

Este proyecto pertenece a obras horizontales, la metodología para la obtención de resultados, que se implementaran para el desarrollo del trabajo investigativo, desde la preparación de los estudios de tránsito y presupuesto de la obra, hasta el proceso de análisis de los mismos.

### **4.2 Métodos del tipo de proyecto**

#### **4.2.1 Análisis del problema**

El barrio Las Marías posee algunas calles adoquinadas que incluyen drenaje menor (cunetas) el cual corresponden a un 60% (1,536 metros lineales) de trabajos ejecutados en el año 2010, sin embargo, el barrio en su totalidad no ha sido intervenido quedando pendiente un 40% (1,160 metros lineales) debido a la falta de fondos propios.

#### **4.2.2 Solución y diseño del sistema solución**

De acuerdo a la información procesada se determinará el diseño estructural del proyecto. Se elaborarán planos constructivos para su debida materialización.

#### **4.2.3 Planificación de tareas**

##### **➤ Presupuesto de la obra**

La estimación de costos y la elaboración de presupuestos, representa uno de los pasos más importantes en lo que se refiere a la planificación de una obra. En cada etapa de la construcción, el presupuesto representa la base para la toma de decisiones.

La elaboración de un presupuesto, tiene su base en la asignación de un precio unitario a cada una de las actividades que se desarrollan representadas por un

volumen de obra. El costo total es la sumatoria de la multiplicación de los precios unitarios y la cantidad de cada ítem. (Economías Simples, 2018)

Tabla 5. Preliminares

ETAPA	DESCRIPCION	U/M
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>	
1.1	Limpieza inicial	m2
1.2	Trazo y nivelacion para adoquinado (Incluye equipo de topografia)	m2
1.3	Niveletas sencillas H= 1.10m; Ancho= 0.80 (Considerar dos usos de la madera)	c/u
1.4	Movilizacion y desmovilizacion de equipos	km
1.5	Rotulo tipo FISE de 1.22 x 2.44 m (Estructura de acero + forro de zinc liso) con bases de concreto reforzado de 2,500 PSI (Incluye pintura anticorrosiva y calcomania autoadhesiva)	c/u
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	
2.1	Explotacion de banco de prestamo con tractor oruga D6 (Incluye derecho de explotacion)	m3
2.2	Corte de calle con tractor oruga D6	m3
2.3	Conexión domiciliar para A/P con tubería de 1/2" (Incluye accesorios y mano de obra)	c/u
2.4	Acarreo de material selecto hasta 6 km (Incluye carga en el banco con equipo y descarga en el sitio)	m3
2.5	Nivelacion, conformacion y compactacion de base y sub-base para adoquinado con modulo de movimiento de tierras (Incluye conformacion final en bocacalles); espesor de capa= 30 cm	m3
2.6	Desalojo de material cortado y/o excedente con cargador y volquete hasta 1 km	m3
2.7	Prueba de compactacion de suelo certificada por laboratorio	c/u
<b>3</b>	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>	
3.1	Adoquinado de calle con cama de arena hasta 5cm (Adoquin tipo trafico de 3,500 PSI)	m2
<b>4</b>	<b>VADOS, CUNETAS, VIGAS, ANDENES Y BORDILLOS</b>	
4.1	Construccion de cuneta de piedra cantera (Incluye zanjeo, encalichado, repello y pintura tipo trafico)	ml
4.2	Construccion de cuneta de concreto (Incluye zanjeo, encalichado, repello y pintura tipo trafico)	m3
4.3	Conformacion de andenes con material selecto (Incluye relleno de hombros de cunetas)	m3
4.4	Formar reductores de velocidad con adoquines instalados (Ancho no menor de 0.60 m, incluye pintura tipo trafico y encalichado con mortero)	ml
4.5	Formar vados con adoquines instalados (Ancho no menor de 0.60 m, incluye encalichado con mortero)	ml
4.6	Viga de remate longitudinal de concreto de 3,000 PSI	ml
4.7	Viga de remate transversal de concreto de 3,000 PSI	ml
<b>5</b>	<b>OBRAS MISCELANEAS Y DE MITIGACION</b>	
5.1	Riego de calles con camion cisterna para evitar tolváneras	dia
5.2	Marcacion de linea central de calle con pintura amarilla tipo trafico	ml
<b>6</b>	<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA</b>	
6.1	Limpieza final y entrega	m2

Fuente: Elaboración propia

## **V. DESARROLLO DEL DISEÑO METODOLOGICO**

### **5.1. Estudio de tránsito**

#### **5.1.1. Generalidades**

El tránsito es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento de un pavimento, por consiguiente, es necesario conocer el número y tipo de vehículos que circulan por una vía por medio de Aforos (Conteos Vehiculares), ubicados en el tramo a estudiar, para determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causen al pavimento. Los factores referentes al tránsito, se obtienen a través del (TPDA), el porcentaje que representa cada tipo de eje, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el período de diseño.

#### **5.1.2. Aforo vehicular**

El presente estudio de tránsito inicia con un aforo vehicular el cual se realizó durante siete días (de lunes a domingo) del 17 al 23 de agosto del año 2020, con intervalos de tiempos desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm (12 horas). Para ello, se estableció una estación de conteo en el punto de intersección de las dos calles principales de acceso al barrio.

La clasificación vehicular se llevo acabo mediante las tablas de conteo utilizadas por el MTI, tomando en cuenta los vehículos de cargas y de pasajeros. (Ver Anexo, tabla 45, p. I).



## Ilustración 1. Mapa localización de la estación de conteo vehicular



**Fuente:** Coord. Punto de conteo vehicular 12.939619,-85.905062.

### 5.1.3. Procesamiento de la información

En esta actividad se procedió utilizar los datos obtenidos en el aforo vehicular para calcular los diferentes factores vinculados con el presente estudio de tránsito.

#### ➤ Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDS)

En esta etapa se desea conocer el promedio de vehículos que circulan por la vía estudiada por día, para ello se utiliza la siguiente expresión matemática.

$$TPDiurno = \frac{\text{Total vehiculos por Dia}}{7 \text{ dias}}$$

Ecuación 5

Tabla 6. Resumen del Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDS) del tramo en estudio, ambos sentidos en un periodo de 12 hrs.

Días	Vehículos de pasajeros							Pesados de carga			Total
	Motos	Autos	Jeep	Camionetas	Mbus	Mb>15P	Bus	Liv C2	C2	C3	
Lunes	42	38	15	34	4	6	6	16	13	4	<b>178</b>
Martes	40	21	10	29	4	7	6	12	11	4	<b>144</b>
Miércoles	35	20	12	28	4	4	3	11	11	5	<b>133</b>
Jueves	33	20	13	27	6	7	6	12	10	7	<b>141</b>
Viernes	32	24	15	32	7	9	6	10	9	6	<b>150</b>
Sábado	34	20	13	27	15	10	6	7	8	7	<b>147</b>
Domingo	31	22	10	30	14	12	5	6	6	8	<b>144</b>
<b>Total</b>	<b>247</b>	<b>165</b>	<b>88</b>	<b>207</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>38</b>	<b>74</b>	<b>68</b>	<b>41</b>	<b>1037</b>
<b>TPDS</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>152</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### ➤ **Determinación del vector de correspondencia**

El anuario de aforos de tráfico año 2020, presenta vectores de correspondencia que se clasifican según las características del tráfico, y según la zona en estudio para este caso, se hará uso de la tabla del vector geográfico de correspondencia, clasificando al departamento de Matagalpa en la región Central Norte, con vector R3, ver siguiente tabla.

Tabla N°7. Vector geográfico de correspondencia

N°.	Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
1	R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
2	R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
3	R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
4	R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
5	R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

*Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico Año 2020. MTI, pág. 7.*

#### ➤ Estación de Mayor Cobertura

Son las estaciones de conteo continuo los 365 días al año con conteos clasificados de 24 horas por día, pero debido al alto costo que repercute en la ejecución de estos aforos, el ministerio no está en la capacidad de realizar los 365 días del año por ende se dividió el periodo en tres cuatrimestres, realizando conteos clasificados durante tres tiempos por 7 días consecutivos cada uno las 24 horas, lográndose obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) que no es más que el promedio de los periodos. (MTI, 2019, pág. 8).

#### ➤ Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Ahora se procede al cálculo del TPDA para cada una de las categorías de los vehículos que se contaron durante el aforo vehicular. Para ello se utilizó el tránsito promedio diurno semanal calculado anteriormente, y tomando en cuenta factores como; el factor día y factor de expansión. Los valores de los factores para la utilización de esta ecuación se tomaron del Anuario de Aforo del Tráfico del año 2020 del (MTI), considerando la estación de corta duración N° 301 Entrada El Guayacán – Matagalpa (debido a que es la más cercana a la red de calles estudiadas), de la cual depende la estación de mayor cobertura (N° 101B Zona

Franca – La Garita). Los factores que se toman en cuenta son los mostrados en la Tabla 8 enmarcados en rectángulo color rojo.

Tabla 8. Dependencia de estaciones 2020

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
<b>101B Zona Franca - La Garita</b>	NIC-3	317	ECD	117.0	Quebrada Honda - Ent. El Guayacán
	NIC-3	301	ECD	124.7	Ent. El Guayacán - Matagalpa
	NIC-11B	1103	ECD	32.9	Emp. Las Flores - Ent. Monimbó

**Fuente:** Anuario de aforos MTI 2020, División de administración vial, pág. 46.

Tabla 9. Factores de ajustes segundo cuatrimestre 2020 (mayo - agosto)

*Segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto*

Descripción	Moto	Carro	Jeep	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	1.29	1.33	1.24	1.27	1.29	1.43	1.21	1.33	1.50	1.28	5.00	1.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.21
Factor Semana	0.97	1.00	0.98	0.96	0.90	0.90	0.96	0.89	0.87	0.90	0.76	0.88	1.00	1.00	0.81	1.00	0.90
Factor Fin de Semana	1.09	1.01	1.04	1.12	1.39	1.37	1.13	1.43	1.60	1.36	5.29	1.52	1.00	1.00	2.43	1.00	1.38
Factor Expansión a TPDA	0.95	1.07	1.18	1.05	1.13	1.08	1.03	1.07	1.07	1.06	0.53	1.09	1.00	1.00	1.00	0.64	1.06

**Fuente:** Anuario de Aforos de Tráfico, (MTI 2020, pág. 268).

Para calcular el TPDA se utilizó la siguiente ecuación:

$$TPDA_{2020} = TPDi_{12H} * Fd * Ft \quad \text{Ecuación 6}$$

**Donde:**

**TDIS<sub>12</sub>:** Tráfico promedio diurno semanal 12 horas.

**Fd:** Factor día.

**Ft:** Factor Expansión a TPDA)

Tabla 10. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Grupos	Vehículos de pasajeros							Vehículos de carga			Total
	Moto	Autos	Jeep	Camionetas	Microbus	Mb>15P	Bus	Liv. C2	C2	C3	
TPDS	36	24	13	30	8	8	6	11	10	6	152
FACTOR DIA	1.29	1.33	1.24	1.27	1.29	1.43	1.21	1.33	1.5	1.28	13.17
FACTOR EXPANSIÓN	0.95	1.07	1.18	1.05	1.13	1.08	1.03	1.07	1.07	1.06	10.69
TPDA	45	35	20	41	12	13	8	16	17	9	216
% TPDA	20.83%	16.20%	9.26%	18.98%	5.56%	6.02%	3.70%	7.41%	7.87%	4.17%	100.00%
% Vehículos Livianos	80.56%				% Vehículos de carga			19.44%			100.00%

*Fuente: Elaboración propia*

➤ **Composición vehicular**

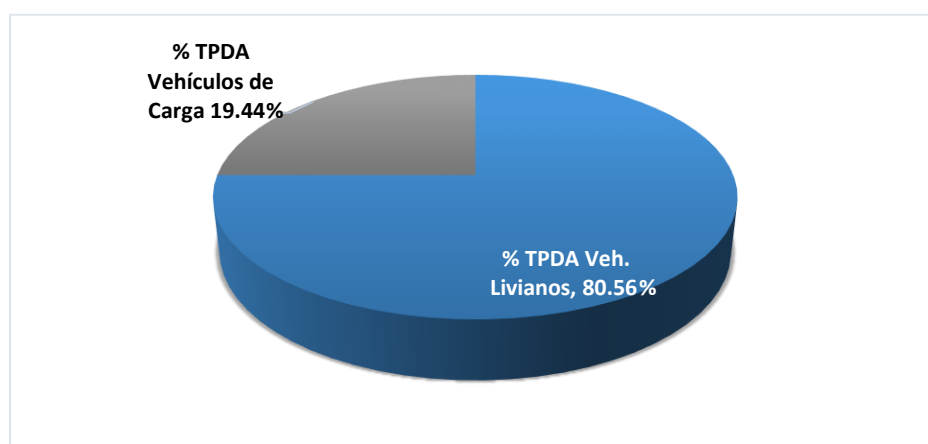
A partir de los resultados obtenidos de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra la cual está conformada de la siguiente manera: vehículos livianos 80.56% y vehículos de carga 19.44%. (Ver ilustración 2).

**Tabla N°3:  
Porcentaje Vehicular de Estaciones de Mayor Cobertura**

EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA	Total Pesados	Σ Tx-Sx y Cx-Rx	% de Livianos	% de Pesados	% Tx Cx en vehículos de carga
101B	Zona Franca - La Garita	22,685	5,803	910	74.2%	25.6%	15.7%
1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	10,395	3,088	1,327	69.8%	29.7%	43.0%
401	Masaya - Granada	8,703	1,128	122	86.9%	13.0%	10.8%
200	Entrada al INCAE - El Crucero	8,685	1,515	467	82.3%	17.4%	30.8%
1802	San Marcos - Masatepe	7,402	894	80	87.8%	12.1%	8.9%
2803	Nagarote - La Paz Centro	6,083	2,158	998	64.1%	35.5%	46.2%
107	Sébaco - Emp. San Isidro	5,994	1,624	446	72.5%	27.1%	27.5%
300	Sébaco - Quebrada Honda	5,322	1,434	199	72.8%	26.9%	13.9%
2404	Chinandega - Corinto	4,364	1,446	876	66.4%	33.1%	60.6%
2400	Chinandega (Rotonda) - Rancheria	4,131	1,138	569	71.5%	27.6%	50.0%
700	Emp. Camoapa - Tecolostote	2,920	1,022	179	64.5%	35.0%	17.5%

Según la tabla No. 3 del Anuario 2020 para la estación 101B Zona Franca – La Garita % de vehículos livianos es de 74.2% y 15.7% vehículos de carga hay similitud con respecto a la composición vehicular del aforo vehicular ejecutado siendo este de vehículos livianos 80.56% y vehículos de carga 19.44%.

### Ilustración 2. Composición vehicular



**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 5.1.4. Tránsito de diseño

Éste se calcula según la expresión matemática establecida por la AASHTO, que considera el tránsito promedio diario anual (TPDA) de cada una de las categorías de los vehículos obtenidos del aforo vehicular, el factor de crecimiento (Fc), el factor de distribución por sentido o factor direccional (Fd) y el factor de distribución por carril (fc) y la cantidad de días que tiene el año.

$$TD = TPDS * FC * FD * fc * 365$$

Ecuación 7

#### ➤ Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. De acuerdo con las características geométricas de la vía y al volumen actual de tránsito que circula por ella es una colectoras sub urbana, debido a que su TPDA<sub>2020</sub> es de **216 Vehículos/día**, Basándonos en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como colectoras rurales se eligió **10 años** para su período de diseño, Ver tabla 12.

Tabla 11. Clasificación de las carreteras según su TPDA

#### Clasificación TPDA

AR: Autopista Regional	>20,000.00
TS: Troncales Sub-Urbanas	10,000.00-20,000.00
TR: Troncales Rurales	3,000.00-10,000.00
CS: Colectoras Sub-Urbanas	500-3,000.00
CR: Colectora Rurales-Sub urbana	<500

*Fuente: Normas para el diseño de carreteras regionales, SIECA 2004, cap. 3, pág. 9*

Tabla 12. Período de diseño (PD)

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-urbanas-rurales	10 – 20 años

*Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2004, cap.7. pág.3.*

➤ **Factores de distribución del tránsito**

Los factores de distribución del tránsito son parámetros que describen parte de las características de la vía, esta facilita la diferencia de la vía y su servicialidad. En la ecuación del tránsito de diseño (ecuación 3) se consideran dos factores de distribución; el factor de distribución por carril ( $f_c$ ) y el factor direccional ( $F_d$ ).

➤ **Factor direccional ( $F_d$ )**

Este se basa en la proporción de la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la otra dirección en relación con la cantidad de vehículos totales que circulan en la vía, en la siguiente tabla se detallan los factores de distribución por sentido o dirección para diferentes números de carriles.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de 0.5 para el tramo en estudio.



Tabla 13. Factor de distribución por dirección (Fd)

Número de carriles en ambas direcciones	LD
2	50
4	45
6 o más	40

*Fuente: Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos 2004, Cap.3, pág.30*

➤ **Factor distribución por carril (Fc)**

Este factor está basado en el carril de diseño, que se define como el carril que recibe más número de ESAL's. En la siguiente tabla 14, pág. 26, se detallan los factores de distribución por carril para diferentes números de carriles en una dirección que tiene una carretera.

Para la red de calles a diseñar se considera que cada dirección cuenta con un carril, por lo tanto, se establece un factor de distribución por carril fc de 1.

Tabla 14. Factor de distribución por carril (Fc)

Número de carriles en una sola dirección	LC <sup>11</sup>
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

*Fuente: Manual centroamericano para el diseño de pavimentos, SIECA, 2004, cap.3. pág. 30*

➤ **Factor de crecimiento (FC)**

El factor de crecimiento es un parámetro que depende del periodo de diseño, la cual se establece según la magnitud o importancia de la vía y de la tasa de crecimiento del tránsito. Esta se calcula mediante la siguiente expresión matemática.

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Ecuación 8

**Donde:**

**FC:** Factor de Crecimiento.

**i:** Tasa anual de Crecimiento.

**n:** Periodo de Diseño.

Para la determinación de la tasa de crecimiento se considerará el histórico en las estadísticas relacionadas con el desarrollo económico (Producto Interno Bruto), el consumo de combustible, el crecimiento poblacional y el parque vehicular, ya que son parámetros que contribuyen al aumento en el tránsito que circula a través de una red vial.

➤ **Producto Interno Bruto (PIB)**

Es un indicador macro económico que se utiliza para hacer una estimación de la producción de los bienes y servicios de un país en cierto periodo de tiempo (por lo general, en un año). Este indicador, es una referencia muy importante para determinar el grado de desarrollo económico de un país.

Tabla 15. Producto Interno Bruto (miles de millones dólares)

<b>AÑO</b>	<b>PIB (Miles \$)</b>	<b>Tasa crecimiento</b>
<b>2010</b>	8741.30	
<b>2011</b>	9755.60	11.60%
<b>2012</b>	10532.50	7.96%
<b>2013</b>	10983.00	4.28%
<b>2014</b>	11880.40	8.17%
<b>2015</b>	12747.70	7.30%
<b>2016</b>	13230.10	3.78%
<b>2017</b>	13814.20	4.41%
<b>2018</b>	13117.90	-5.04%
<b>Promedio</b>		<b>5.31%</b>

*Fuente: Estadísticas macroeconómicas, Banco Central de Nicaragua, (BCN)*

➤ **Crecimiento Poblacional (POB)**

Se considera el crecimiento poblacional para relacionarlo con los vehículos livianos de pasajeros, en la siguiente tabla se describe el comportamiento en la población del municipio de Matagalpa desde el año 2010 al 2018.

Tabla 16. Población del Municipio de Matagalpa

<b>AÑO</b>	<b>POB (Miles \$)</b>	<b>Tasa crecimiento</b>
<b>2010</b>	145,123.00	
<b>2011</b>	146,692.00	1.08%
<b>2012</b>	148,253.00	1.06%
<b>2013</b>	149,778.00	1.03%
<b>2014</b>	151,269.00	1.00%
<b>2015</b>	152,728.00	0.96%
<b>2016</b>	154,303.00	1.03%
<b>2017</b>	155,835.00	0.99%
<b>2018</b>	157,342.00	0.97%
<b>Promedio</b>		<b>1.00%</b>

*Fuente: Matagalpa en cifras, Instituto Nacional de Información de Desarrollo, (INIDE)*

Referente a las tasas de crecimiento del municipio de Matagalpa, del cual forma parte el tramo en estudio y de acuerdo a los cálculos obtenidos con los datos suministrados por INIDE, nos da una tasa promedio de crecimiento del 1.00%.

➤ **Parque vehicular**

Ahora se analiza el crecimiento del parque vehicular de Matagalpa, para ello se tiene la siguiente tabla la cual muestra las magnitudes para esta variable para cada uno de los años desde el 2010 hasta el 2018.

Tabla 17. Parque vehicular de Matagalpa

AÑO	Cantidad	Tasa crecimiento
2010	20,519	
2011	23,668	15.35%
2012	26,706	12.84%
2013	27,756	3.93%
2014	31,642	14.00%
2015	36,073	14.00%
2016	45,482	26.08%
2017	38,629	-15.07%
2018	55,662	44.09%
<b>Promedio</b>		<b>14.40%</b>

*Fuente: Policía Nacional, Dirección de Seguridad Tránsito Nacional, (DSTN)*

Tabla 18. Historial del TPDA ECD 301 (Entrada Guayacán-Matagalpa)

35	NIC-3	301	ECD	Ent. El Guayacán - Matagalpa	Matagalpa	2012	5,471
						2011	4,561
						2010	4,248
						2009	3,973
						2004	2,927
						2002	2,923
						2000	2,867
<b>EMC: 101B</b>							
<b>Tasa Crecimiento:</b>					<b>3.40%</b>	<b>2018</b>	<b>6,686</b>

*Fuente: Anuario de aforo vehicular (MTI 2020, pág. 115)*

➤ **Determinación de la tasa de crecimiento**

Para determinar las tasas de crecimiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$TC = \left[ \left( \frac{\text{Año } n}{\text{Año } n-1} \right) - 1 \right] * 100 \quad \text{Ecuación 9}$$

**Donde:**

**TC:** Tasa de crecimiento.

**Año n:** Año actual.

**Año n – 1:** Año anterior

Como se puede observar en las tablas 14, 15, 16, se calculó un promedio de tasas de crecimiento correspondiente a cada una de las variables y de tal modo se procedió a compararla con la tasa de crecimiento estación de corta duración más cercana al tramo generando el siguiente análisis:

El promedio de la tasa de crecimiento (14.40%) en el parque vehicular de Matagalpa en función del tiempo no fue tomada en cuenta para ser utilizada como promedio de las variables, puesto que se considera muy elevada a la tasa de referencia ECD 301 (3.40%).

La tasa promedio de crecimiento del PIB (5.31%) resulta moderadamente alta con respecto a la de la ECD 301 (3.40%) la cual no fue tomada en cuenta

Las variables a tomar en cuenta para promediar fueron ECD 301 (3.40%) y POB (1%)

La tasa de crecimiento para ser utilizada para todo el tráfico fue la siguiente:

$$i = \frac{TcECD+POB}{2}$$

Ecuación 10

$$i = \frac{3.40\% + 1.00\%}{2} = 2.20 \%$$

Ya calculada la tasa de crecimiento se procedió a determinar el factor de crecimiento con la ecuación 8.

$$FC = \frac{(1 + 0.022)^{10} - 1}{0.022} = 11.06$$

➤ **Cálculo del tránsito de diseño**

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se utilizó un Tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc). Se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365$$

Ecuación 11

Tabla 19. Tránsito de diseño para cálculo del Esal's

Tipo de vehículos	Tránsito Actual 2020	F.C.	Días del año	Tránsito de diseño	Factor de Dirección (FD)	Factor Carril (FC)	Tránsito para el carril de diseño (TD)
Autos	35	11.1	365	141,291.50	0.5	1	70,645.75
Jeep	20	11.1	365	80,738.00	0.5	1	40,369.00
Camionetas	41	11.1	365	165,512.90	0.5	1	82,756.45
McBus<15pas	12	11.1	365	48,442.80	0.5	1	24,221.40
Bus	8	11.1	365	32,295.20	0.5	1	16,147.60
C2 liv	16	11.1	365	64,590.40	0.5	1	32,295.20
C2 5 +ton	17	11.1	365	68,627.30	0.5	1	34,313.65
C3	9	11.1	365	36,332.10	0.5	1	18,166.05
<b>Total</b>							<b>318,915.10</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**5.1.5. Determinación de los factores de ejes equivalentes**

Por lo general los pavimentos se diseñan para que estos tengan la capacidad de poder resistir el efecto de daño y desgaste producido por los vehículos a los cuales será sometido durante su vida útil, esto depende del tránsito de diseño, del peso de cada tipo de vehículo y de su peso el cual se expresará en ESAL's, para ello

se considerará la serviciabilidad final de la vía, además de un determinado número estructural.

➤ **El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)**

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO-93 (pág. 172) para los pavimentos articulado fue de **Po=4.2** según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos 2002 (Cap.3, pág.4).

➤ **El Índice de Serviciabilidad Final (Pt)**

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía. Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de  $pt = 1.8 - 2.0$  según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos 2002 (Cap.3, pág.4). En este caso se decidió tomar el valor de **Pt=2.0**.

➤ **Pérdida de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )**

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el  **$\Delta PSI$**  mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente ecuación.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

*Ecuación 12*

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo en estudio se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 \quad \Delta PSI = 2.2$$

➤ **Número Estructural Asumido (SN)**

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de

un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño seleccionamos el valor **SN=5**.

➤ **Factor de Equivalencia (FESAL)**

Se obtiene las tablas de la AASHTO– 93 apéndice D, para ejes Sencillos y Dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final (**Pt=2.0**), el número estructural asumido (**SN=5**) y los pesos se encuentran en Kips.

➤ **Ejes Equivalentes (ESAL o W18)**

Este se obtiene conociendo El Tránsito de Diseño (TD) y los factores de equivalencia (ESAL). Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL}$$

*Ecuación 13*

Una vez conocido el tránsito de Diseño, se procede a realizar el cálculo **ESAL'S** del Carril de Diseño, como en algunos casos el peso por eje kips no está dado en la tabla Factores Equivalentes de Cargas Ejes Simples, y Ejes tándem proporcionados por el departamento de peso y dimensiones de la dirección de vialidad del MTI, se debió interpolar los valores haciendo uso de las tablas de factores de ejes equivalentes de la AASHTO haciendo uso de la siguiente formula:

$$x = \frac{a*(d-e)+b*(c-d)}{c-e}$$

*Ecuación 14*

Ver Tabla 20, Factores de ejes kips a interpolar



Tabla 20. Tránsito de diseño para cálculo del Esal's

FACTORES D		E EJES KIPS
Ejes Sencillos		Ejes Dobles
2.2, 4.4, 8.8, 11, 17.6		36.30

*Fuente: Elaboración propia*

**Donde:**

**a,b:** Factores de ejes equivalentes conocidos (**ver tabla 21-22 ,pág. 37-38**)

**x:** Factor de eje equivalente a calcular

**c,e:** Carga por ejes conocidos

**d:** Carga por eje a calcular

Tabla 21. Factores equivalentes de carga, ejes simples

Cargas 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)
2.00	8.90	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
<b>2.20</b>	<b>9.78</b>					<b>0.00038</b>	
4.00	17.80	0.0020	0.0030	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
<b>4.40</b>	<b>19.57</b>					<b>0.0034</b>	
6.00	26.70	0.0090	0.0120	0.0110	0.1000	0.0090	0.0090
8.00	35.60	0.0300	0.0350	0.0360	0.0330	0.0310	0.0290
<b>8.80</b>	<b>39.14</b>					<b>0.0502</b>	
10.00	44.50	0.7500	0.0850	0.0900	0.0850	0.7900	0.0760
<b>11.00</b>	<b>48.93</b>					<b>0.1265</b>	
12.00	53.40	0.1650	0.1770	0.1890	0.1830	0.1740	0.1680
14.00	62.30	0.3250	0.3380	0.3540	0.3500	0.3380	0.3310
16.00	71.20	0.5890	0.5890	0.6130	0.6120	0.6030	0.5960

*Fuente: Manual AASHTO-93, Design Requirements*

Tabla 22. Factores equivalentes de cargas, ejes tandem

Cargas 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)
2.00	8.90	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4.00	17.80	0.0003	0.0030	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6.00	26.70	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
8.00	35.60	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030	0.0020
10.00	44.50	0.0070	0.0060	0.0080	0.0070	0.0060	0.0060
12.00	53.40	0.0130	0.0160	0.0160	0.0140	0.0130	0.0120
14.00	62.30	0.0240	0.0290	0.0290	0.0260	0.0240	0.0230
16.00	71.20	0.0410	0.0480	0.0500	0.0460	0.0420	0.0400
18.00	80.10	0.0660	0.7700	0.0810	0.0750	0.0690	0.0660
20.00	89.00	0.1030	0.1170	0.1250	0.1170	0.1640	0.1580
22.00	97.90	0.1560	0.1710	0.1830	0.1740	0.1640	0.1580
24.00	106.80	0.2270	0.2440	0.2600	0.2520	0.2390	0.2310
26.00	115.70	0.3220	0.3400	0.3600	0.3530	0.3380	0.3290
28.00	124.60	0.0447	0.4650	0.4870	0.4810	0.4660	0.4550
30.00	133.50	0.6070	0.6230	0.6460	0.6430	0.6270	0.6170
32.00	142.40	0.8100	0.8230	0.8430	0.8420	0.8390	0.8190
34.00	151.30	1.0600	1.0700	1.0800	1.0800	1.0800	1.0700
36.00	160.20	1.3800	1.3800	1.3800	1.3800	1.3800	1.3800
<b>36.30</b>	<b>161.47</b>					<b>1.4325</b>	

**Fuente:** Manual AASHTO-93, Design Requirements

**Nota:** las casillas rellenas en negro son los valores interpolados en función del SN=5

**Cálculo para la interpolación de ejes**

<p><math>a_6 = 0.0002</math></p> <p><math>b_8 = 0.002</math></p> <p><math>c_2 = 2</math></p> <p><math>e_4 = 4</math></p> <p><math>x_{2.2} = ?</math></p> <p><math>d = 2.2</math></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">X = \frac{a(d - e) + b(c - d)}{c - e}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math>x_{2.2} = 0.00038</math> </div>	<p><math>a_4 = 0.002</math></p> <p><math>b_6 = 0.009</math></p> <p><math>c_2 = 4</math></p> <p><math>e_4 = 6</math></p> <p><math>x_{4.4} = ?</math></p> <p><math>d = 4.4</math></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">X = \frac{a(d - e) + b(c - d)}{c - e}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math>x_{4.4} = 0.0034</math> </div>
<p><math>a_8 = 0.031</math></p> <p><math>b_{10} = 0.79</math></p> <p><math>c_8 = 8</math></p> <p><math>e_{10} = 10</math></p> <p><math>x_{8.8} = ?</math></p> <p><math>d = 8.8</math></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">X = \frac{a(d - e) + b(c - d)}{c - e}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math>x_{8.8} = 0.0502</math> </div>	<p><math>a_{10} = 0.79</math></p> <p><math>b_{12} = 0.174</math></p> <p><math>c_{10} = 10</math></p> <p><math>e_{12} = 12</math></p> <p><math>x_{11} = ?</math></p> <p><math>d = 11</math></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">X = \frac{a(d - e) + b(c - d)}{c - e}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math>x_{2.2} = 0.1265</math> </div>

$a_{16} = 0.0002$ $b_{18} = 0.002$ $c_{16} = 16$ $e_{18} = 18$ $x_{17.6} = ?$ $d = 17.6$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">X = \frac{a(d - e) + b(c - d)}{c - e}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math>x_{17.6} = 0.9206</math> </div>	$a_{36} = 1.38$ $b_{38} = 1.73$ $c_{36} = 36$ $e_{38} = 38$ $x_{36.3} = ?$ $d = 36.3$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">X = \frac{a(d - e) + b(c - d)}{c - e}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math>x_{36.3} = 1.4325</math> </div>
--	---



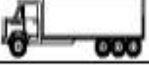


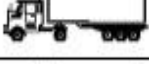
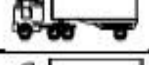
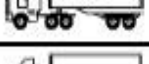
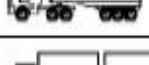
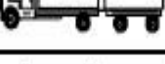
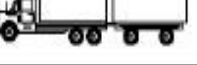

Conocidos los valores de los Factores de Equivalencia (FESAL), se procede a aplicar la Ecuación 13 para el cálculo de ESAL'S.

Tabla 23. Cargas permisibles (vehículos livianos y pasajeros)

Tipo de vehículo	Peso por eje (ton)	Peso por eje (lbs)
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C-2 LIV	4/8	8800/17600
BUS = C2	5/10	11000/22000

**Fuente:** Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). Departamento de Peso y Dimensiones

Tabla 24. Cargas permisibles (vehículos pesados)

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	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente : Ministerio de Transporte e Infraestructura, Manual para la Revisión de Estudios y Diseños de Pavimentos Pág.36

Tabla 25. Cálculo de ESAL´s por carril de diseño

Tipo de vehículos	Peso X eje (Ton met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	TPDA 2020	TD	TD corregido	Factor ESAL	ESAL de diseño
<b>Autos</b>	1	2.20	Simple	35	70,645.75	70,646.00	0.00038	<b>27</b>
	1	2.20	Simple				0.00038	<b>27</b>
<b>Jeep</b>	1	2.20	Simple	20	40,369.00	40,369.00	0.00038	<b>15</b>
	1	2.20	Simple				0.00038	<b>15</b>
<b>Camionetas</b>	1	2.20	Simple	41	82,756.45	82,756.00	0.00038	<b>31</b>
	2	4.40	Simple				0.0034	<b>281</b>
<b>McBus&lt;15 pas</b>	2	4.40	Simple	12	24,221.40	24,221.00	0.0034	<b>82</b>
	4	8.80	Simple				0.0502	<b>1216</b>
<b>Bus</b>	5	11.00	Simple	8	16,147.60	16,148.00	0.1265	<b>2043</b>
	10	22.00	Simple				2.35	<b>37948</b>
<b>C2 Liv</b>	4	8.80	Simple	16	32,295.20	32,295.00	0.0502	<b>1621</b>
	8	17.60	Simple				0.9206	<b>29731</b>
<b>C2 5 +ton</b>	5	11.00	Simple	17	34,313.65	34,314.00	0.1265	<b>4341</b>
	10	22.00	Simple				2.35	<b>80638</b>
<b>C3</b>	5	11.00	Simple	9	18,166.05	18,166.00	0.1265	<b>2298</b>
	16.5	36.30	Doble				1.43	<b>25977</b>
<b>Total ESAL´S de Diseño(W18)</b>								<b>186,291.94</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En este cuadro se muestra un total ESAL´S de diseño (W18) de **186,291.94**.

## 5.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

### 5.2.1. Estudio de suelos

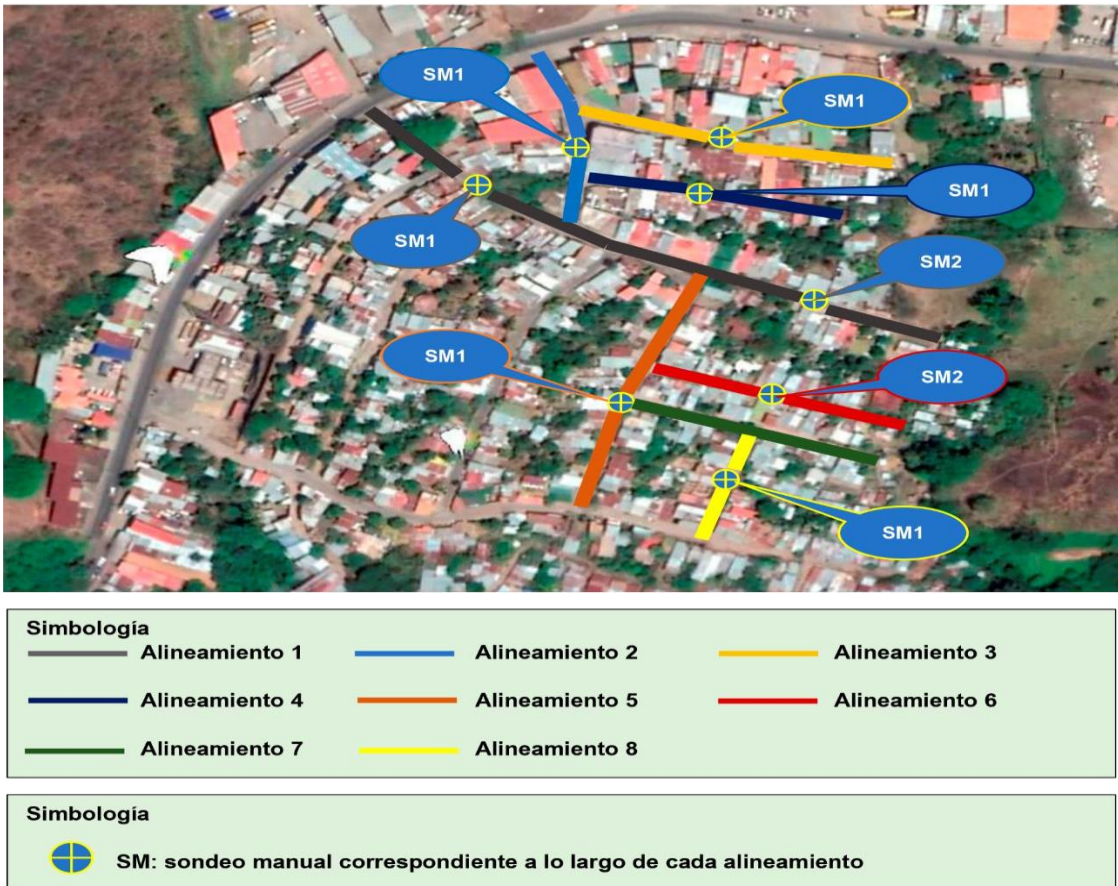
Un estudio de suelo permite ayudar a conocer las principales características físicas – mecánicas del suelo en un sitio determinado, y así poder determinar la calidad del material sobre el cual se va a construir. Es muy importante resaltar que el suelo es el que al final va soportar toda la carga generada por y en la estructura, y que un suelo de mala calidad podría producir que la construcción colapse.

En este capítulo del documento se detallan todos y cada uno de los procesos realizados durante el estudio de suelo, así como los datos y cada uno de los resultados obtenidos en las pruebas y análisis realizados en el laboratorio de suelos. Tanto para el suelo presente en la línea como para los bancos de materiales disponibles en la ciudad de Matagalpa, los cuales se utilizarán como préstamo para el sitio en estudio.

#### ➤ Trabajo de campo

El estudio geotécnico fue realizado por la empresa **NICASOLUM**; contratado por la Alcaldía Municipal de Matagalpa, el cual fue analizado por el sustentante de esta monografía. Los sondeos consistieron en perforaciones manuales, con dimensiones aproximadas de 1.50 m de profundidad a lo largo del tramo y habiéndose realizado ocho (8) sondeos, uno por cada alineamiento, con excepción del alineamiento 1 que se realizaron 2. (ver ilustración 3, pág. 44).

**Ilustración 3.** Mapa de sondeos manuales



**Fuente:** Elaboración propia, mapa tomado de Google Earth.

### ➤ **Actividades de laboratorio**

Las muestras obtenidas en el campo, en los sondeos de línea, se trasladaron al laboratorio **NICASOLUM**, para practicar en ellas los ensayos requeridos para conocer y determinar sus propiedades físico – mecánicas, clasificar las mismas y conocer su capacidad de soporte.

De esta manera, a cada muestra obtenida en los sondeos se les practicaron los siguientes ensayos:



Tabla 26. Ensayos de laboratorios

Ensayo	Designación	
	ASTM	AASHTO
Granulometría de los suelos	D - 422	T - 88
Límite Líquido de los suelos	D - 424	T - 89
Límite plástico e índice de plasticidad	D - 424	T - 90
CBR	D - 1883	T - 193

**Fuente:** AASHTO, Tercera Edición. Año 2003. Páginas 53-85.

➤ **Características de los suelos**

En este apartado se describen los resultados que se obtuvieron de las pruebas practicadas en el laboratorio (**ver Tabla 27, pág. 46**), a los tipos de suelos encontrados en el camino del proyecto, cada uno a profundidades que varían según el lugar donde se efectuó el sondeo siendo más importantes los siguientes:

Tabla 27. Sondeos efectuados y resultados de ensayos

Alineamiento	SONDEO	MUESTRA No.	PROF. CM											L.L	I.P	CLASIFICACION	CBR
				3 "	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "	3/8 "	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	%	%	H.R. B	95
AL-1	SM-1	1	0-120	100	100	100	100	100	100	100	90	75	55	41	14	<b>A-7-6(6)</b>	<b>5</b>
		2	120-150	100	100	65	60	48	41	36	27	16	12	33	8	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
AL-1	SM-2	1	0-40	100	100	100	100	100	100	100	90	75	55	41	14	<b>A-7-6(6)</b>	<b>5</b>
		2	40-150	100	100	65	60	48	41	36	27	16	12	33	8	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
AL-2	SM-1	1	0-40	100	100	100	100	92	83	72	60	37	29	36	11	<b>A-2-6(0)</b>	<b>21</b>
		2	40-60	100	100	90	86	82	69	59	51	33	28	35	9	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
		3	60-90	100	100	65	60	48	41	36	27	16	12	54	16	<b>A-2-7(0)</b>	<b>20</b>
		4	90-150	100	100	100	100	100	100	100	90	75	55	41	14	<b>A-7-6(6)</b>	<b>5</b>
AL-3	SM-1	1	0-50	100	100	100	96	93	81	65	55	34	24	24	10	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
		2	50-80	100	100	65	60	48	41	36	27	16	12	33	8	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
		3	80-120	100	100	100	100	92	83	72	60	37	29	36	11	<b>A-2-6(0)</b>	<b>21</b>
		4	120-150	100	100	100	100	90	86	66	63	49	42	34	11	<b>A-6(2)</b>	<b>12</b>

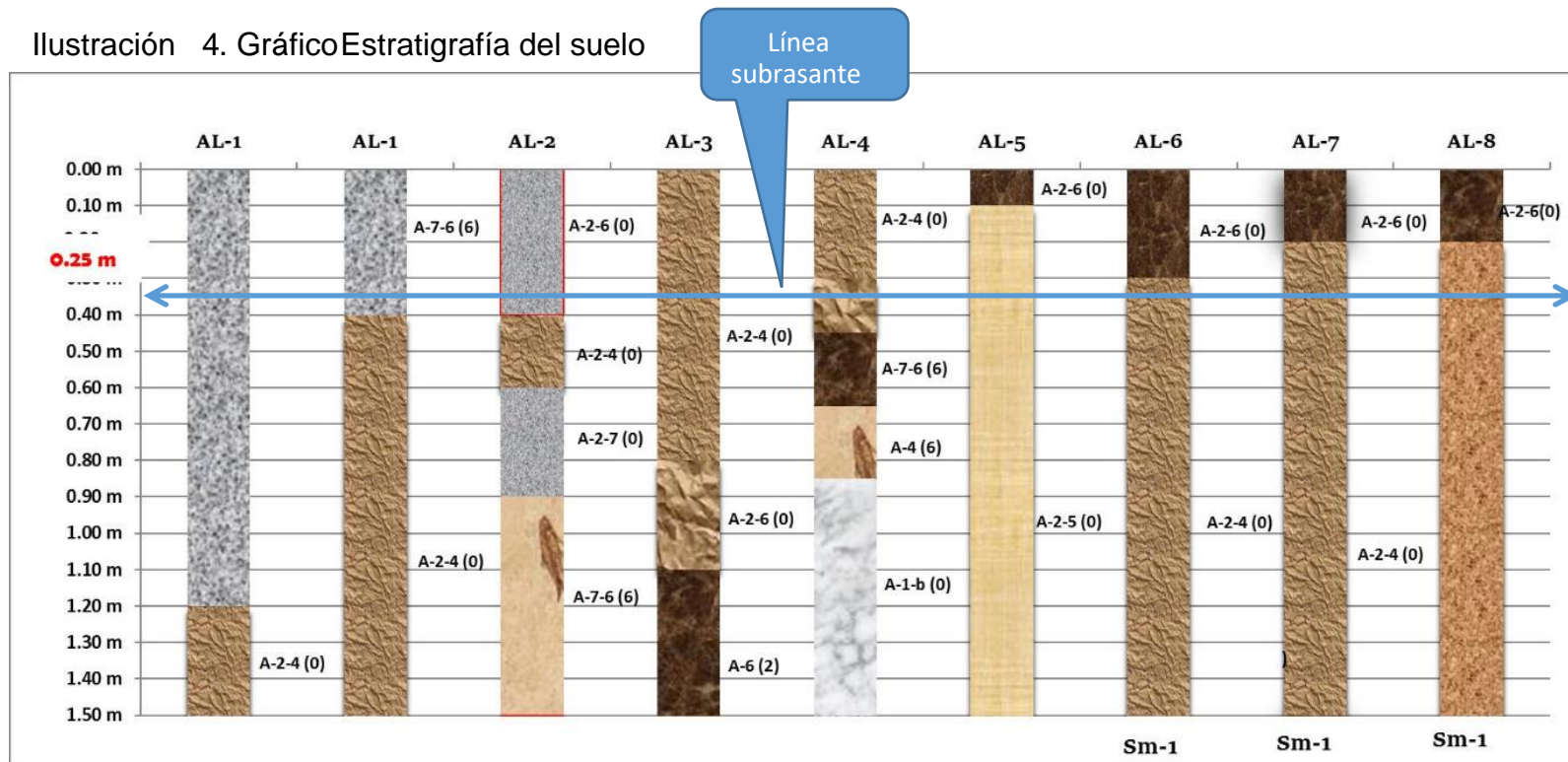
Fuente: Alcaldía de Matagalpa / NICASOLUM.

Tabla 28. Sondeos efectuados y resultados de ensayos

Alineamiento	SONDEO	MUESTRA No.	PROF. CM											L.L	I.P	CLASIFICACION	CBR
				3 "	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "	3/8 "	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	%	%	H.R. B	95
AL-4	SM-1	1	0-25	100	100	100	96	93	81	65	55	34	24	24	10	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
		2	25-30	100	100	79	73	66	53	39	34	29	24	29	7	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
		3	30-45	100	100	100	100	92	83	72	60	37	29	36	11	<b>A-2-6(0)</b>	<b>21</b>
		4	45-65	100	100	100	100	100	100	100	90	75	55	41	14	<b>A-7-6(6)</b>	<b>5</b>
		5	65-85	100	100	100	100	100	100	100	96	78	66	31	9	<b>A-4(6)</b>	<b>16</b>
		6	85-150	100	100	100	100	100	100	100	95	47	22	-	NP	<b>A-1-b(0)</b>	<b>38</b>
AL-5	SM-1	1	0-10	100	100	100	100	92	83	72	60	37	29	36	11	<b>A-2-6(0)</b>	<b>21</b>
		2	10-150	100	100	100	100	100	100	100	97	54	26	46	10	<b>A-2-5(0)</b>	<b>19</b>
AL-6	SM-1	1	0-10	100	100	100	100	92	83	72	60	37	29	36	11	<b>A-2-6(0)</b>	<b>21</b>
		2	10-30	100	100	100	95	88	72	57	49	36	31	34	16	<b>A-2-6(1)</b>	<b>23</b>
		3	30-120	100	100	100	100	100	100	100	65	28	20	31	7	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
		4	120-150	100	100	88	74	64	52	44	34	22	19	40	10	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
AL-7	SM-1	1	0-20	100	100	100	100	92	83	72	60	37	29	36	11	<b>A-2-6(0)</b>	<b>21</b>
		2	20-150	100	100	100	100	100	100	100	63	22	16	32	8	<b>A-2-4(0)</b>	<b>26</b>
AL-8	SM-1	1	0-20	100	100	100	100	92	83	72	60	37	29	36	11	<b>A-2-6(0)</b>	<b>21</b>
		2	20-150	100	100	69	55	45	36	27	19	12	10	37	6	<b>A-1-a(0)</b>	<b>42</b>

Fuente: Alcaldía de Matagalpa / NICASOLUM.

Ilustración 4. Gráfico Estratigrafía del suelo



Fuente : Alcaldía de Matagalpa / NICASOLUM

**Nota:** el espesor de 25 cm sobre la línea de subrasante será removido para ser reemplazado por material de banco, dicha profundidad corresponde al espesor final de la estructura de pavimento. Según la sección 300, de la Nic 2000, recomendamos un corte entre 0.2 a 0.40 mts de remisión de capa vegetal.

➤ **Investigación de la fuente de materiales**

En base en los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio realizado por NICASOLUM y suministrados por la Alcaldía de Matagalpa, se analizó el Banco de materiales, y así de esta manera poder conocer la función que puede desempeñar, ya sea como base o subbase.

➤ **CBR Banco de Préstamo**

Las propiedades de los materiales ensayados del banco encontrado cerca del proyecto se muestran en la **Tabla 28**.

Tabla 29. Características del banco de materiales

Sondeo	% Porcentaje que pasa por el Tamiz									
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#40	#200	
bco	93%	88%	80%	72%	63%	45%	35%	25%	15%	
<b>Clasif. (HBR)</b>			<b>Grava (%)</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Fino (%)</b>	<b>W (%)</b>		<b>CBR</b>		
A-1-a (0)			56%	28%	16%	8.70%		82%		
<b>PESO VOL. SECO SUELTO (PVSS, Kg/m<sup>3</sup>)</b>			<b>PESO VOL. HUM.COMP. (PVHC,Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>DENSIDAD MAXIMA (Ymax, Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>			
1460			1625		1692		8.4			

**Fuente:** Alcaldía de Matagalpa / NICASOLUM.

De acuerdo con los resultados de laboratorio obtenidos se considera utilizar como fuente de materiales para capa de base el banco. En cuanto a las propiedades plásticas de los materiales muestreados, tenemos que no presenta límite líquido (AASHTO T-89), ni expone el Índice de Plasticidad (AASHTO T-90).

El Banco de Materiales está conformado por suelos (A-1-a (0)) con 56% de grava 28% de arena y 16% de fino, índice de grupo 0. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza por ser bueno para ser utilizado como material de base en estructuras de pavimento.

Los pesos volumétricos secos suelto y húmedo compacto son de 1,460 y 1,625 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. La densidad máxima es de 1692 kg/m<sup>3</sup>, su humedad óptima es de 8.4. Los resultados del ensayo CBR realizado corresponde al 82% (95% proctor).

➤ **Especificaciones técnicas de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento**

➤ **Superficie de rodamiento**

La superficie de rodamiento consistirá de una estructura semi-flexible compuesta de unidades de adoquín. La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser lavada, dura y uniforme y no deberá contener más del 3% de limo y/o arcilla en peso; su granulometría será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido por el tamiz No. 10.

Los bloques o adoquines son elementos contruidos con material pétreo y cemento, pudiendo tener varias formas, todas ellas regulares, y que son colocados sobre una cama de arena de 5 centímetros de espesor, la que tiene como función primordial absorber las irregularidades que pudiera tener la base, proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado y ofreciendo una sustentación y apoyo uniforme en toda su superficie. Además, sirve para drenar el agua que se filtra por las juntas, evitando que se dañe la base.

El adoquín a utilizarse será denominado tipo tráfico cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor de 350 kg/cm<sup>2</sup> (5000 PSI).

➤ **Base**

La base estará constituida por agregados seleccionados, compuestos preferiblemente de grava o de agregados triturados. La base se deberá colocar en una capa y compactarse a un mínimo de 95% Próctor Modificado (ASTM D1557).

El material usado como base deberá satisfacer los siguientes requisitos:

Tabla 30. Requisitos de graduación de agregados

Prueba	Requerimiento mínimo NIC -2000	Banco	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste	Máx. 50%	-	-
Índice de plasticidad	Máx. 10%	-	-
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación	Min. 80% para Base	82%	Cumple

*Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000, pág.531*

### 5.2.2 Determinación del CBR de Diseño

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 calidad del terreno para subrasante, subbase 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 96 horas de anticipación.

➤ **La metodología para la determinación del CBR de Diseño consiste en:**

Ordenar todos los Valores de Menor a Mayor.

Determinar la frecuencia de cada uno de ellos y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.

Se dibuja un gráfico que represente los valores de 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, ver ilustración 5.

En la siguiente tabla se muestra la acumulación de los valores de CBR de diseño y el tipo de suelo al que corresponde el material existente en la sub rasante:

Tabla 31. Selección de CBR de Diseño para la subrasante

CLASIFICACION AASHTO	CBR	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O MAYORES	%
A-7-6 (6)	5	3	16	100.00%
A-2-5 (0)	19	3	13	81.25%
A-2-6 (1)	21	2	10	62.50%
A-2-4 (0)	26	7	8	50.00%
A-1-a(0)	42	1	1	6.25%
<b>TOTAL DE MUESTRAS DE CBR=</b>		<b>16</b>		

*Fuente: Elaboración propia.*

El método más común para calcular el CBR de diseño es el propuesto por el Instituto de Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total que es el 60%, el 75% o el 87.5% de los valores individuales obtenidos que sea iguales o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule por el pavimento.

Tomando en cuenta que el ESAL's es de **186,291.94**, por tanto, para nuestro diseño utilizaremos un percentil de 75%, tal y como se indica en la **Tabla 32**.



Tabla 32. Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR

Cargas Equivalentes Totales (ESAL´s)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL´s	60
<b>Entre 10,000 y 1,000,000 de ESAL´s</b>	<b>75</b>
> de 1,000,000 ESAL´s	87.5

*Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.*

Con los valores CBR y porcentajes de cada uno de los valores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para sub-rasante.

De acuerdo al tránsito que se espera que circule en la vía, determinado en el estudio de tránsito de este proyecto, y sabiendo que éste será de **186,291.94**; se eligió el valor percentil para el diseño de sub-rasante según lo muestra en la **Tabla 31** que es de 75% de los valores mayores o iguales, el cual se interceptó con la curva de los valores de CBR como se aprecia en la **Ilustración 5**, para encontrar el CBR de diseño de la sub-rasante cuyo valor es de **20.10%**.

#### ➤ **Identificación de la Subrasante**

La Subrasante es la capa de una carretera que soporta 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.

Se puede apreciar en los perfiles estratigráficos (**Ilustración 4 pág. 48**) que este tramo cuenta superficialmente con material granular de acuerdo a la clasificación de suelos AASHTO del tipo **A-2-6 (0)** suelos gravo areno-limoso.

En la siguiente tabla se presentan las especificaciones para sub-rasante.

Tabla 33. Especificaciones para terraplenes y materiales para subrasante

No.	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla N° 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Limite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-89
3	Índice Plástico	15 % máx.	10 % máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10 % Min.	20 % Min.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % máx. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Próctor modificado. (AASHTO T-99)	95 % máx. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Próctor modificado. (AASHTO T-180)	AASHTO T-191 y/o T-238 (in situ)

*Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.*

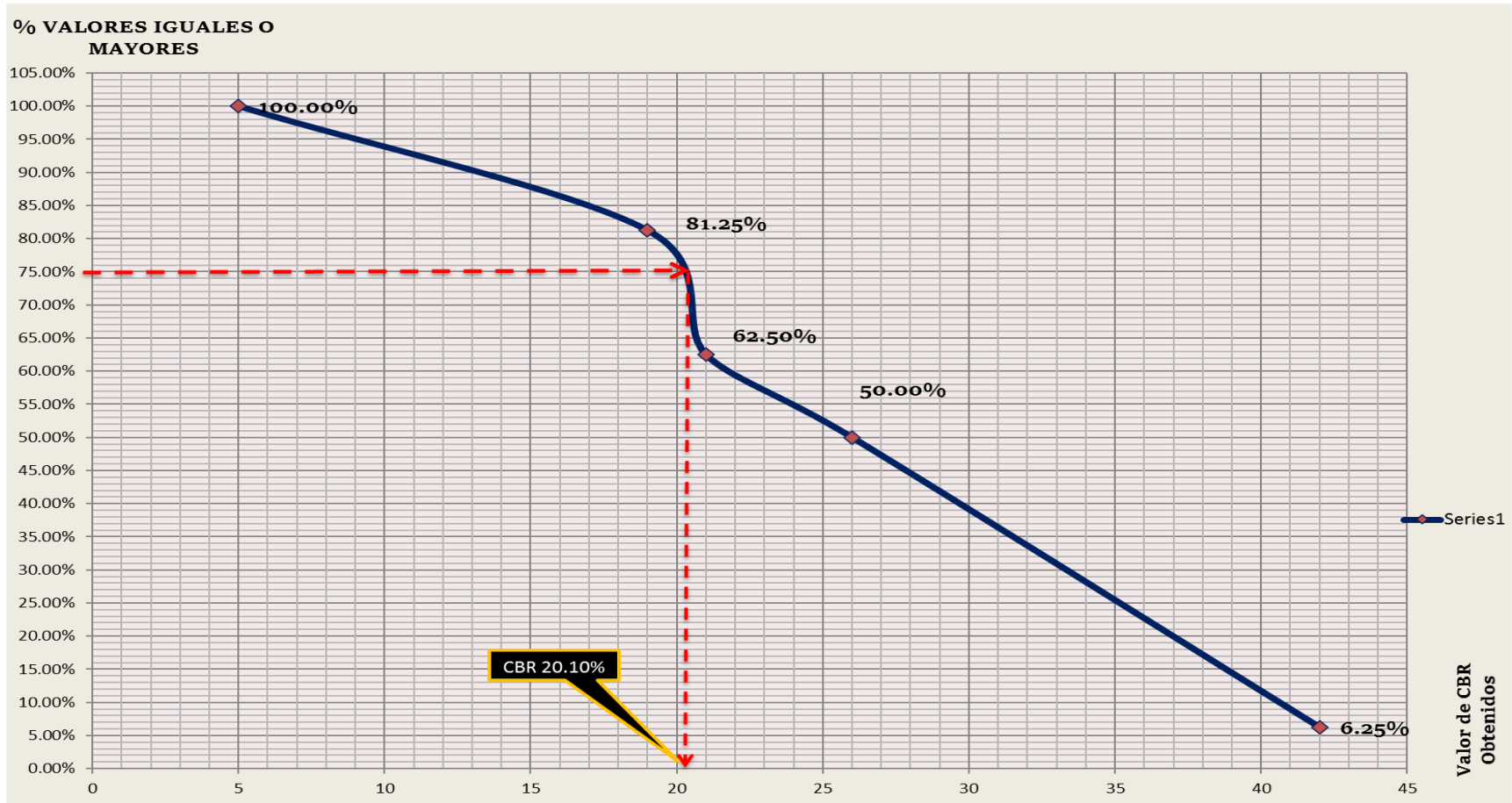
El resultado del **CBR** de diseño para la subrasante fue de **20.10%**. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea y de acuerdo con la clasificación de los suelos de la AASHTO este valor representa una subrasante buena para la estructura de pavimento.

Tabla 34. Clasificación cualitativa del suelo

CBR %		CLASIFICACION GENERAL	USOS
0	3	Muy pobre	Subrasante
3	7	Pobre a regular	Subrasante
7	20	Regular	Subrasante
20	50	Bueno	Subbase y base
>	50	Excelente	Base

*Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements*

**Ilustración 5. Gráfico Selección del CBR de Diseño**



*Fuente: Elaboración propia.*

## **5.3. DISEÑO DE PAVIMENTO**

### **5.3.1. Generalidades**

El método de Diseño de Espesores de pavimento de la AASHTO 1993, es el más usado y cuenta con técnicas de diseño para estructuras de pavimentos rígidos, semi-rígidos, flexibles y articulados. Se ha elegido el método AASHTO-93, porque a diferencia de otros métodos introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Seguidamente se utilizaron los nomogramas de la AASHTO-93.

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, de concreto hidráulico y adoquinado. Debido a su fácil manejo y otras características en este estudio se eligió adoquines, en todo caso resulta una alternativa económica y de fácil mantenimiento.

### **5.3.2. Consideraciones del Diseño AASHTO-93**

#### **➤ Carga de ejes simples equivalentes**

Se refiere al deterioro que produce cada vehículo en un pavimento, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño  $F=1$ .

Al realizar el estudio de tráfico, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito, luego dichos volúmenes se proyectan a un período de diseño en concordancia a una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales de la zona, el proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), posteriormente se afecta este tránsito de diseño por un factor de equivalencia de carga, la sumatoria de todos los procesos anteriores para cada vehículo clasificado se denomina ESAL de diseño. En el tramo en estudio el ESAL de diseño es 186,291.94.

### ➤ **Confiabilidad**

La confiabilidad se define como la probabilidad de que el sistema de pavimento durante todo el período de diseño se comporte de manera satisfactoria bajo las condiciones de carga.

Esta variable trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, cuyo valor depende de variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento, del nivel de confiabilidad elegido y del error estándar combinado, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan se desempeñarán satisfactoriamente sobre las cargas de tráfico y condiciones ambientales que durarán como mínimo el período de diseño.

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%**, que corresponde a un valor recomendado para una carretera Colectora urbana lo cual se muestra en la **Tabla 35**. Esta confiabilidad seleccionada de acuerdo con el grado funcional del tipo de la carretera presenta una desviación **Zr** de **-0.841**, lo cual se muestra en la **Tabla 36, pág. 58**.

Tabla 35. Niveles de Confiabilidad R en función del tipo de carretera

Tipos de Caminos	Confiabilidad Recomendada (R)	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas Interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

**Fuente:** Guía de Diseño para Estructura de Pavimentos, AASHTO 93, Pág. 137

Tabla 36. Valores de Zr en función de la confiabilidad R

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

*Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, cap. 7, pág. 55*

➤ **Desviación Estándar (So)**

La desviación estándar aplicada en este modelo se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción de el mismo. Para la estimación de la desviación estándar, la AASHTO-93 ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito.

Tabla 37. Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio.

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

*Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, cap. 7, pág. 5*

➤ **Serviciabilidad.**

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Para su determinación se realizan estudios de calidad en dependencia del tipo de carpeta de rodamiento a evaluar.

La forma más sencilla para determinar la pérdida de serviciabilidad se muestra en el capítulo 7, página 4 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA 2002), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Tabla 38. Factores de Serviciabilidad

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
Po= 4.5 para pavimentos rígidos	Pt= 2.5 o más para caminos principales
<b>Po= 4.2 para pavimentos flexibles</b>	<b>Pt= 2.0 para caminos de Tránsito menor</b>

*Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. SIECA 2002, Cap.7, Pág. 4*

➤ **Coefficiente de drenaje.**

El drenaje del agua en los pavimentos es un aspecto importante que considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento.

La AASHTO-93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de los miembros de los paquetes estructurales, la forma de consideración de los coeficientes se demuestra en la **Tabla 39 – 40, pág. 60.**

La calidad del drenaje es expresada en la fórmula del número estructural, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar es de **mi = 1.00.**

Tabla 39. Capacidad del Drenaje para remover la humedad

Capacidad del drenaje para remover la humedad		
Calidad del drenaje	Aguas removidas en:	
	50% de saturación	85% de saturación
<b>Excelente</b>	2 horas	2 horas
<b>Bueno</b>	1 día	2 a 5 horas
<b>Regular</b>	1 semana	5 a 10 horas
<b>Pobre</b>	1 mes	Mas de 10 horas
<b>Malo</b>	No drena	Mucho más de 10 horas

*Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO-93, pág. 148.*

Tabla 40. 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 a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
<b>Excelente</b>	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
<b>Bueno</b>	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	<b>1.00</b>
<b>Regular</b>	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
<b>Pobre</b>	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
<b>Muy Pobre</b>	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

*Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO-93. Pág. 148*

➤ **Cálculo del CBR de diseño.**

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO-93 con el número T-193. El CBR de diseño de este tramo es de **20.10%**. Este se obtuvo con un percentil de **75%**. (Ver Ilustración 5, pág.55).



➤ **Módulo de Resiliencia (MR).**

La base para la caracterización de los materiales de la sub-rasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición. Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO-93 establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la subrasante.

Tabla 41. Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para Sub rasante.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	Mr= 1500 * CBR
CBR > 20%	Mr = 4326 * Ln (CBR) + 241

*Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, cap. 7, pág. 28*

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la subrasante de **20.10%**, utilizaremos el segundo criterio para calcular el Módulo Resiliente de la subrasante aplicando la siguiente ecuación, por tanto:

$$Mr = 4,326 * Ln (CBR) + 241 \quad \text{Ecuación 15}$$

$$Mr = 4,326 * Ln (20.10) + 241$$

$$\underline{Mr = 13,222.12 \text{ psi}}$$

[El módulo Resiliente de la sub rasante es Mr= 12,208.10 PSI](#)

➤ **Coefficientes estructurales o de capa.**

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (**an**), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales **SN**. Estos están representados con la siguiente simbología:

**a<sub>1</sub>**: Para la carpeta de rodamiento (**Adoquín**)

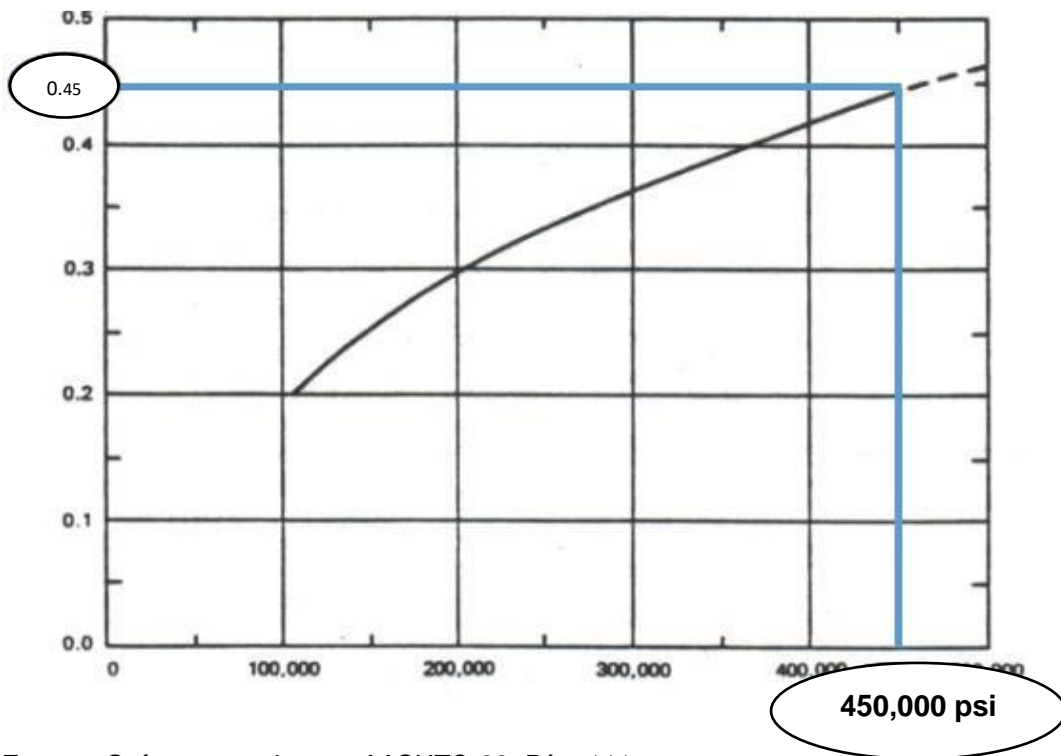
**a<sub>2</sub>**: Para la base granular (**CBR 82 %**)

➤ **Coefficientes Estructural a<sub>1</sub>**

El coeficiente estructural de capa de un asfalto denso graduado basado en su módulo elástico (EEC) según la guía de la AASHTO-93, para el diseño de estructuras de pavimento se recomienda utilizar valores, no mayores de **450,000.00 psi** para el módulo de elasticidad.

Utilizando el monograma para hallar **a<sub>1</sub>** en función del módulo resiliente del concreto asfáltico se determinó que **a<sub>1</sub> = 0.45**

Ilustración 6. Módulo resiliente E ac para concreto asfáltico a 68° F (20°C)



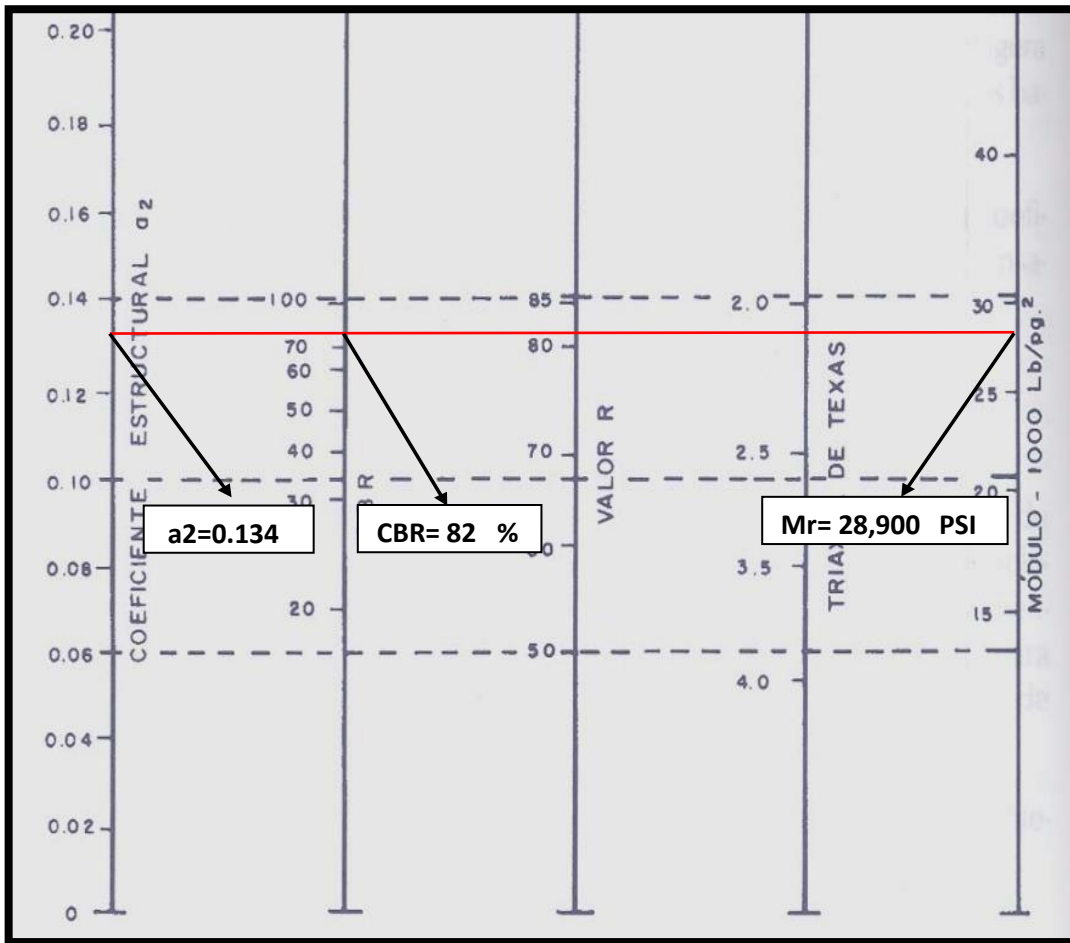
**Fuente:** Guía para pavimento AASHTO-93. Pág. 111

➤ **Coefficientes Estructural  $a_2$  y  $a_3$**

La determinación del coeficiente estructural  $a_2$  y  $a_3$  se realizó en base a la aplicación del nomograma para base y sub base granular proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993 Pág. 3-36).

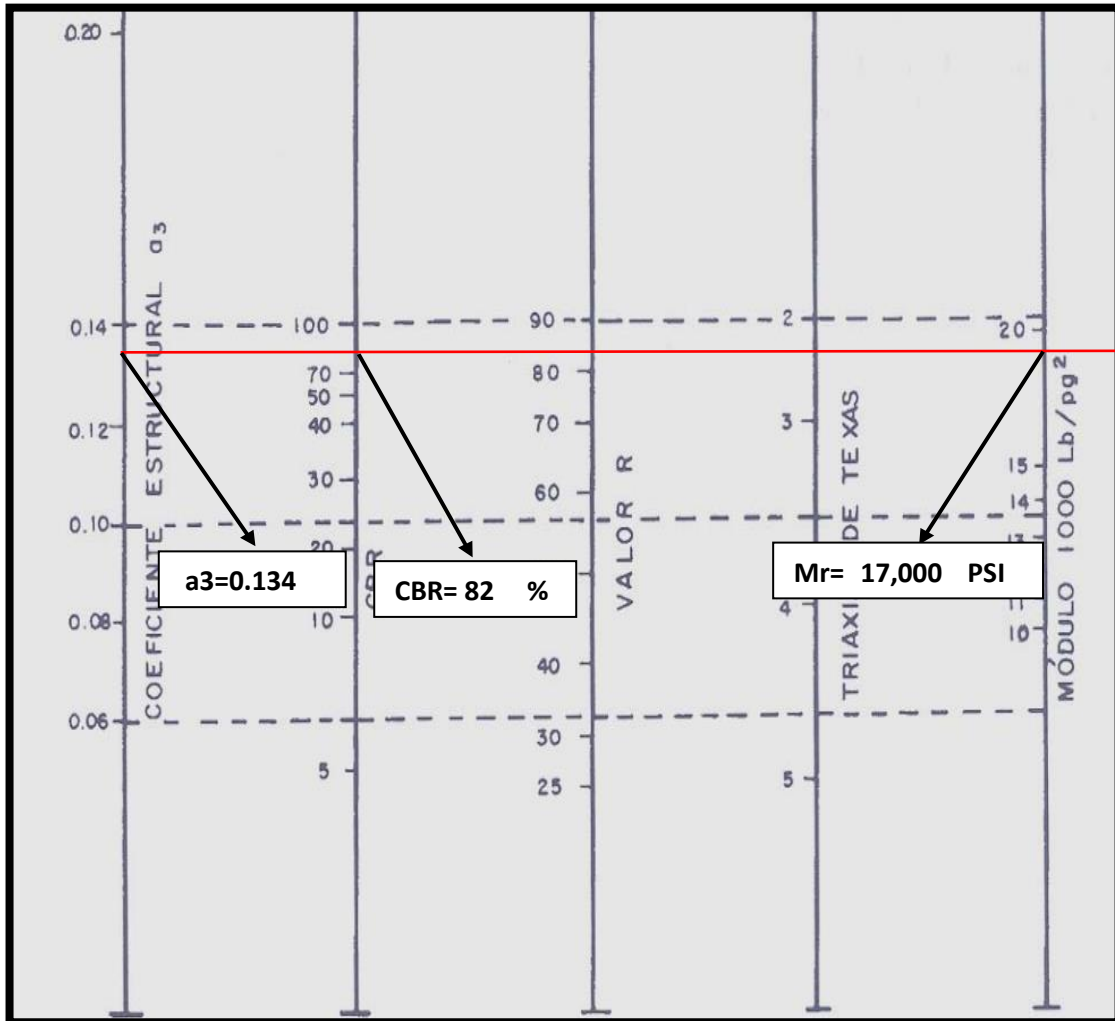
El valor de CBR usado para el cálculo de la Base es igual a **82%** que corresponde al banco, de acuerdo con la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de  **$a_2 = 0.134$**  y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de  **$M_r = 28,900$  PSI**.

**Ilustración 7.** Gráfico Obtención del Coeficiente estructural  $a_2$  y el módulo Resiliente, para Base granular



**Fuente:** Guía de Diseño de Estructura de Pavimento AASTHO-1993.3ra Edición, Cap.5, pag.118

**Ilustración 8.** Gráfico Obtención del Coeficiente estructural  $a_3$  y el Módulo Resiliente, para subbase granular



**Fuente:** Guía de Diseño de Estructura de Pavimento AASTHO-1993.3ra Edición, Cap.5, pag.118

### ➤ 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.

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa.

El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad \text{Ecuación 16}$$

**Donde:**

**D<sub>1,2,3</sub>:** Espesores de capas; adoquín, base y subbase respectivamente en (pulgadas).

**a<sub>i</sub>:** Coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo.

**m<sub>i</sub>:** 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.

### 5.3.3. Cálculo de Espesores

El espesor **D<sub>1</sub>** para nuestro caso está definido, debido que utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto, **D<sub>1</sub> = 4 pulgadas.**

Se calcula el número correspondiente a la capa de la siguiente forma:

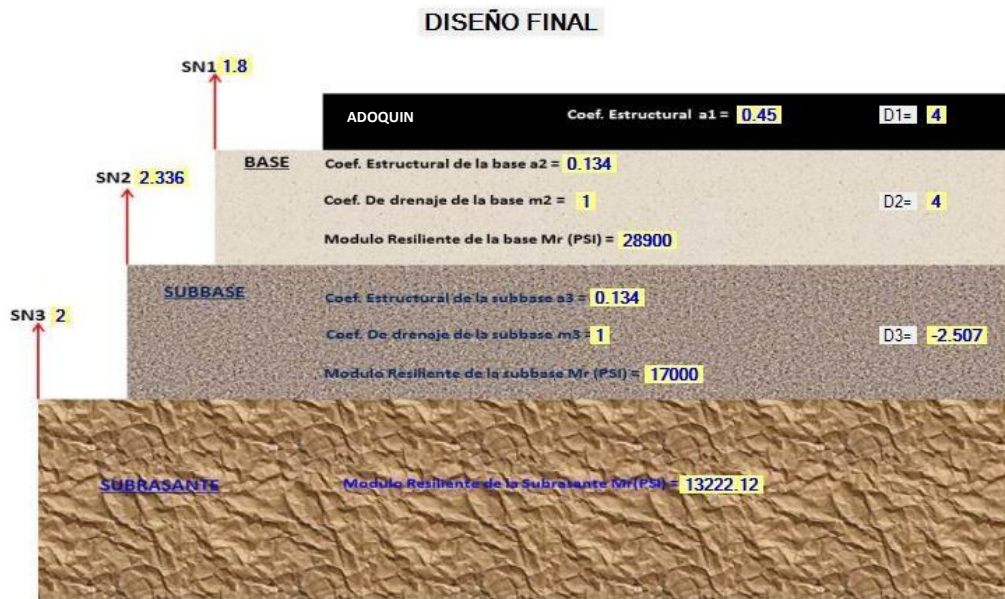
$$SN_1 = a_1 * D_1 \quad \text{Ecuación 17}$$

$$SN_1 = (0.45) * (4.00) \quad \underline{SN_1 = 1.8}$$

Para los cálculos de números estructurales (**SN**) y espesores de capa (D1, D2 y D3) se utilizó el software DISAASHTO 93, dicho programa está basado en el manual de diseño de pavimento de la AASHTO 93.

## Ilustración 9. Gráfico espesores de capas finales

### Capa de adoquinado



*Fuente:* Software DISAASHTO 1993

Según el software DISAASHTO los números estructurales finales obtenidos fueron: **SN<sub>1</sub> = 1.80**, **SN<sub>2</sub> = 2.336** y **SN<sub>3</sub> requerido = 2.00**

#### ➤ Cálculo del espesor de la base (D<sub>2</sub>)

De acuerdo al valor calculado por el Software DIS AASHTO para la capa base es igual a **D<sub>2</sub> = 0.075 pulgadas**, no cumple con el espesor mínimo recomendado por el Manual de Diseño de Pavimento de la AASHTO-93, este espesor de acuerdo con la **Tabla 39**, resulta que para un ESAL's de diseño de **186,291.94** el espesor mínimo de la base granular debe ser **4.00 pulgadas** (10 centímetros).

Tabla 42. Espesores Mínimos Sugeridos para Base granular Espesor mínimo (pulgadas)

Numero de ESAL's	Concreto Asfaltico	Base Granular
	Menos de 50,000	1
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	3.66	
Mas de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993

➤ **Espesores Finales de Diseño.**

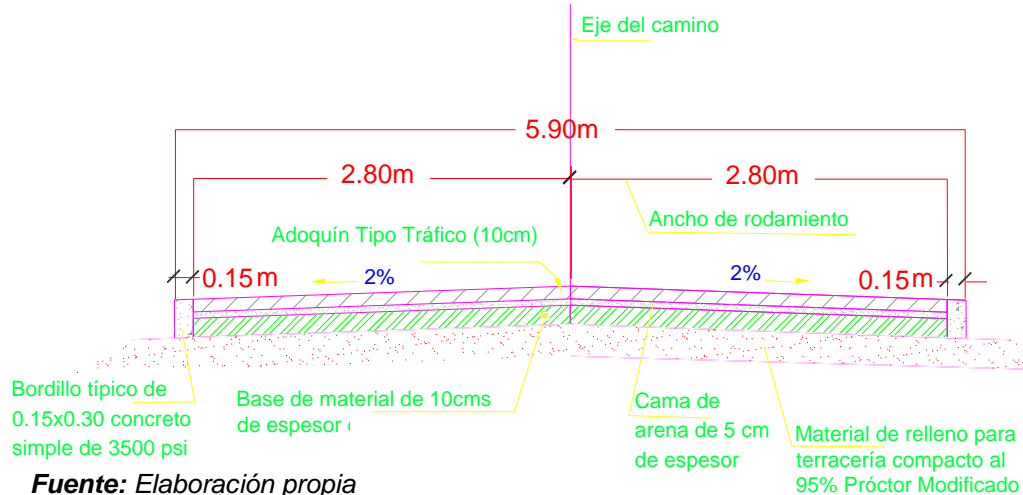
En base al análisis y a los resultados obtenidos por el software DIS AASHTO, la estructura de pavimento está compuesta de la siguiente manera:

Tabla 43. Espesores de Diseño

Capa	Espesores	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de rodamiento (Adoquín)	4"	10.16cm
Capa de arena	2"	5.08cm
Base granular	4"	10.16cm
<b>Espesor Total Requerido</b>	<b>10"</b>	<b>25.40cm</b>

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11. Sección típica, espesores de pavimento



## **5.4. PRESUPUESTO**

### **5.4.1. Presupuesto**

La estimación de costos y la elaboración de presupuestos, representa uno de los pasos más importantes en lo que se refiere a la planificación de una obra. En cada etapa de la construcción, el presupuesto representa la base para la toma de decisiones.

La elaboración de un presupuesto, tiene su base en la asignación de un precio unitario a cada una de las actividades que se desarrollan representadas por un volumen de obra. El costo total es la sumatoria de la multiplicación de los precios unitarios y la cantidad de cada ítem. (Economías Simples, 2020)

El presupuesto es, en este sentido, la cantidad de dinero que se estima que será necesaria para hacer frente a ciertos gastos. Es decir, el cómputo anticipado del costo de una obra o de los gastos que implicará un determinado proyecto.

#### **➤ Precio unitario**

Cuando se habla de precio unitario, como su nombre indica, se refiere a la cantidad por unidad (que solo se ha contado una vez) de un producto o un servicio. El precio unitario no debe incluir el importe de la deducción del IVA, pues solo indica la cantidad unitaria a la que se debe incurrirse para adquirir el producto.

Para el cálculo del precio unitario se debe tener en cuenta múltiples factores. Tales como la mano de obra, los materiales usados para su fabricación, la maquinaria necesaria, los gastos de luz, agua, el margen que se quiera obtener, etc.

#### **➤ Costo directo**

Son un tipo de costes que intervienen de manera directa en la realización y producción de los bienes o servicios. Está compuesto por la suma de los gastos de: materiales, mano de obra, equipos y herramientas.



➤ **Costo de mano de obra**

Se conoce como mano de obra al esfuerzo tanto físico como mental que se aplica durante el proceso de elaboración de un bien.

El concepto también se aprovecha para apuntar hacia el costo de esta labor (es decir, el dinero que se le abona al trabajador por sus servicios).

➤ **Imprevistos**

Es indispensable precisar, que, a cada nivel o etapa de un planteamiento económico, corresponde un imprevisto, deben confinarse a aquellas acciones que quedan bajo el control y responsabilidad del constructor y que la provisión por indeterminaciones debe considerarse contingencia previsible y manejarse fuera del imprevisto y de la suma alzada.

➤ **Metodología**

Para determinar las áreas de las calles, volúmenes de corte y relleno se hizo uso del programa Autocad y Civilcad 2020. El adoquinado estará confinado por bordillos de 0.30 m x 0.15 m de concreto de 3000 psi, una cama o lecho de arena graduada de 5 cm de espesor y una base granular de 10 cm.

Una vez removido el espesor de 25 cm de terreno natural que corresponde al espesor final de la estructura de pavimento, y así mismo, se hayan cumplido las especificaciones de diseño, con sus secciones transversales típicas definidas de acuerdo a planos, se procedió a la construcción de la misma.

## 5.4.2. Memoria de cálculo

### Área de calles a adoquinar

Área alineamiento 1= 487.85m<sup>2</sup>

Área alineamiento 2= 1,310.50m<sup>2</sup>

Área alineamiento 3= 901.48m<sup>2</sup>

Área alineamiento 4= 611.97m<sup>2</sup>

Área alineamiento 5= 1,144.96m<sup>2</sup>

Área alineamiento 6= 950.00m<sup>2</sup>

Área alineamiento 7= 181.64m<sup>2</sup>

Área alineamiento 8= 977.00m<sup>2</sup>

**Área total a adoquinar = 6,565.40m<sup>2</sup>**

### 1. Cantidad de adoquines

La cantidad de adoquines a utilizar por metro cuadrado serán 20 más el 1% de desperdicio.

6,565.40m<sup>2</sup> x 21 unid/m<sup>2</sup> = **137,873.40 unidades**

Costo unitario/ adoquín= C\$16.20

Costo total de adoquines: 137,873.40 unid. X C\$16.20 = **C\$2,233,549.08**

**\$61,193.12**

### 2. Transporte

Renta horaria de rastra (capacidad 2,500 adoquines) = **\$32**

Duración ciclo de traslado del adoquín

Cargue/adoquín 1.5hrs

Traslado de Managua-Matagalpa 2.5hrs

Descargue/adoquín 1.5hrs

Traslado Matagalpa – Managua 2.0hrs  
**Total ciclo de traslado** **7.5hrs**

Horas máquina de traslado de adoquín al sitio

358.47 horas x \$32 = \$11,471.04

Total de adoquines a trasladar= 137,873.40 unidades

137,873.40 und. adoquines <hr/> 2,500 rastra	55 viajes x \$600 = <b>\$33,000.00</b>	= <b>C\$1,204,500.00</b>
--	--	--------------------------

Costo unitario de traslado de adoquín

\$33,000.00 <hr/> 137,873.40 und	= <b>\$0.24</b>	= <b>C\$8.76</b>
-------------------------------------	-----------------	------------------

Costo unitario de cargue y descargue= \$0.015

Costo total de cargue y descargue= \$0.015 x 137,873.40 = **\$2,068.10**

Costo total de adoquín puesto en el sitio

\$40,956.80+\$31,829.28+1,989.33= **\$74,775.41**

### 3. Costo y Cantidad de arena

Costo por metro cuadrado (incluye cribado en malla #4) = \$10.61

Área total de la carpeta= 6,565.40m<sup>2</sup>

Espesor del colchón de arena= 0.05m

Volumen colchón de arena: 6,565.40m<sup>2</sup> x 0.05m= 328.27m<sup>3</sup> x 5% desperdicio

Volumen colchón de arena= 344.68m<sup>3</sup>

Arena para el relleno de juntas

Perímetro del adoquín= 0.86m

Volumen para relleno de juntas:  $0.86\text{m} \times 0.005\text{m} \times 0.10\text{m} = 0.00043\text{m}^3/\text{adoquín}$

Vol. para relleno de juntas:  $0.00043 \times 20\%$  de desperdicio=  $0.000516\text{m}^3/\text{adoquín}$

Cantidad de medios adoquines

Será aprox. 0.8% del total de adoquines enteros = 1,061 unid.

Cantidad de adoquines enteros:  $132,622 - 1,061 = 131,561$  unid.

Total, arena en relleno de juntas:

$131,561$  unid.  $\times 0.000516\text{m}^3/\text{adoquín} = \underline{67.89\text{m}^3}$

Total de arena a utilizar:

$344.68\text{m}^3 + 67.89\text{m}^3 = \underline{412.57\text{m}^3}$

Costo total de arena:  $412.57 \text{ m}^3 \times \$11.76 = \underline{\$4,851.82}$

#### **4. Mano de obra**

Precio de pegado de adoquín:

Costo unitario =  $\$1.17/\text{m}^2$

Costo total =  $\$1.17 \times 6,565.40 \text{ m}^2 = \underline{\$7,681.52}$

Costo total de carpeta de rodamiento:

Costo adoquín en el sitio \$74,775.41

Costo total de arena \$4,851.82

Costo mano de obra \$7,681.52

**Costo total de carpeta de rodamiento** **\$87,308.75**

**Costo total de carpeta de rodamiento** **C\$3,186,763.37**

Tipo de cambio por \$1= C\$36.5

Costo por metro cuadrado de adoquinado

$\text{C\$ } 3,186,763.37 / 6,565.40 \text{ m}^2 = \text{C\$ } \underline{485.38}$

## **5. Cálculo de costos de cuneta**

### **Datos**

Metros lineales de cunetas= 674m \* 2 lados= 1,348 m

La sección de cuneta propuesta ver detalles en planos

Área de cunetas= 0.11 m<sup>2</sup>

Volumen de cunetas= 0.11m<sup>2</sup> \* 1,348 m= 148.28m<sup>3</sup>

### **Concreto para cunetas**

Costo de cunetas para 2,500 psi

Metro cubico de concreto= C\$ 3,315

148.28 m<sup>3</sup> \* C\$3,315= **C\$ 491,548.20**

### **Formaletas metálicas**

Cantidad 10 unidades de m para colar 18m lineales de concreto por día

Costo por unidad=C\$ 7,560.00

10\* C\$ 7,560= C\$ 75,600.00

### **Mano de obra**

Precio conformación de formaleta, encofrado, llenado y acabado= C\$ 54.00

1,348m lineales \* C\$ 54.00= C\$ 72,792

### **Costo total de cuneta**

C\$ 491,548.20 + C\$ 75,600.00 + C\$ 72,792= **C\$ 639,940.20**

### **Costo por metro lineal de cuneta**

C\$ 639,940.20/1,348m= **C\$ 474.73**

### **Cálculo de volumen de corte y base granular**

Para el volumen de corte se tomó en cuenta el espesor de la estructura de pavimento que es de 0.25m, dicho esto el cálculo del volumen fue el área a adoquinar por el espesor de 0.25m.

$$\text{Volumen total a cortar} = 6,565.40 \text{ m}^2 \times 0.25 = \mathbf{1,641.35\text{m}^3}$$

$$\text{Volumen total a botar} = 1,641.35\text{m}^3 \times \text{Factor abundamiento (1.20)} = \mathbf{1,969.32\text{m}^3}$$

Para el cálculo de la base granular se tomó en cuenta el área a adoquinar por el espesor de la base granular (0.10m).

$$\text{Volumen base granular} = 6,565.40 \text{ m}^2 \times 0.10 = \mathbf{656.54\text{m}^3}$$

### **Tiempo y costo de tractor/orugas CAT-D6D**

$$\text{Rendimiento/hrs} = 62 \text{ m}^3$$

$$\text{Alquiler por hora} = \$90$$

$$1,641.35\text{m}^3 / 62\text{m}^3 = 26.5 \text{ hrs} / 8\text{hrs} = 3.31 \text{ días aprox. } 4 \text{ días}$$

$$26.5 \text{ hrs} * \$90 = \$2,385 * \text{C\$ } 36.5 = \mathbf{\text{C\$ } 87,052.5}$$

### **Costo por corte de material**

$$\text{C\$ } 87,052.5 / 1,641.35\text{m}^3 = \mathbf{\text{C\$ } 53.04}$$

### **Tiempo y costo de cargadora frontal CAT-938F**

$$\text{Rendimiento/hrs} = 110 \text{ m}^3$$

$$\text{Alquiler por hora} = \$70$$

$$1,969.32\text{m}^3 / 110\text{m}^3 = 17.90 \text{ hrs aprox } 18\text{hrs}$$

$$18 \text{ hrs} * \$70 = \$1,260 * \text{C\$ } 36.5 = \mathbf{\text{C\$ } 45,990.00}$$

### **Tiempo y costo de camión volquete Mack 12m<sup>3</sup>**

$$\text{Rendimiento/viaje} = 12 \text{ m}^3$$

$$\text{Alquiler por hora} = \$50$$

$$744\text{m}^3 / 12\text{m}^3 = 62 \text{ viajes}$$

Ciclo de viaje

4 km hacia el banco de préstamo

4 km del vertedero al sitio  $t=0.18$  hrs/ciclo

62 viajes \* 0.18 hrs = 11.16 hrs aprox. 12 hrs

12 hrs \* \$50= \$600\*C\$36.5 = **C\$ 21,900.00**

### **Tiempo y costo de moto niveladora CAT-12G**

Rendimiento/hrs= 50 m<sup>3</sup>

Alquiler por hora= \$90

744m<sup>3</sup> /50m<sup>3</sup>= 14.88 hrs

15 hrs \* \$90= \$1350\*C\$36.5 = **C\$ 49,275**

### **Tiempo y costo de cisterna**

Capacidad de 2000 galones

Alquiler por hora= \$30

15 hrs \* \$30= \$450\*C\$ 36.5 = **C\$ 16,425**

### **Tiempo y costo de vibro compactadora CAT-815**

Rendimiento/hrs= 70 m<sup>3</sup>

Alquiler por hora= \$70

744m<sup>3</sup> /70m<sup>3</sup>= 10.63 hrs

11 hrs \* \$70= \$770\*C\$36.5 = **C\$ 28,105**

Costo total de la base granular= **C\$ 161,695**

Costo por metro cúbico= C\$ 161,695/656.54m<sup>3</sup>= **C\$ 246.28**

### **Movilización de equipos**

○ Tractor D6	C\$ 8280.00
○ Moto niveladora	C\$ 8280.00
○ Cargadora frontal	C\$ 8280.00
○ Compactadora	C\$ 8280.00

Tabla 44. Alcances del proyecto

ETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO C\$	COSTO DIRECTO C\$
1	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1	Limpieza inicial	m2	6,565.40	7.53	49,437.46
1.2	Trazo y nivelacion para adoquinado (Incluye equipo de topografia)	m2	6,565.40	7.45	48,912.23
1.3	Niveletas sencillas H= 1.10m; Ancho= 0.80 (Considerar dos usos de la madera)	c/u	100.00	125.04	12,504.00
1.4	Movilizacion y desmovilizacion de equipos	km	140.00	1,500.00	210,000.00
1.5	Rotulo tipo FISE de 1.22 x 2.44 m (Estructura de acero + forro de zinc liso) con bases de concreto reforzado de 2,500 PSI (Incluye pintura anticorrosiva y calcomania autoadhesiva)	c/u	1.00	12,290.68	12,290.68
2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
2.1	Explotacion de banco de prestamo con tractor oruga D6 (Incluye derecho de explotacion)	m3	2133.75	67.65	144,348.19
2.2	Corte de calle con tractor oruga D6	m3	1641.35	67.65	111,037.33
2.3	Conexión domiciliar para A/P con tubería de 1/2" (Incluye accesorios y mano de obra)	c/u	120.00	839.89	100,786.80
2.4	Acarreo de material selecto hasta 6 km (Incluye carga en el banco con equipo y descarga en el sitio)	m3	2133.75	209.17	446,316.49
2.5	Nivelacion, conformacion y compactacion de base y sub-base para adoquinado con modulo de movimiento de tierras (Incluye conformacion final en bocacalles); espesor de capa= 30 cm	m3	853.50	7.45	6,358.58
2.6	Desalojo de material cortado y/o excedente con cargador y volquete hasta 1 km	m3	1969.32	133.74	263,376.86
2.7	Prueba de compactacion de suelo certificada por laboratorio	c/u	10.00	3,500.00	35,000.00
3	<b>CARPETA DE RODAMIENTO</b>				
3.1	Adoquinado de calle con cama de arena hasta 5cm (Adoquin tipo trafico de 3,500 PSI)	m2	6,565.40	628.15	4,124,056.01
4	<b>VADOS, CUNETAS, VIGAS, ANDENES Y BORDILLOS</b>				
4.1	Construccion de cuneta de piedra cantera (Incluye zanjeo, encalichado, repello y pintura tipo trafico)	ml	850.00	267.48	227,358.00
4.2	Construccion de cuneta de concreto (Incluye zanjeo, encalichado, repello y pintura tipo trafico)	m3	148.28	4,641.00	688,167.48
4.3	Conformacion de andenes con material selecto (Incluye relleno de hombros de cunetas)	m3	100.00	142.14	14,214.00
4.4	Formar reductores de velocidad con adoquines instalados (Ancho no menor de 0.60 m, incluye pintura tipo trafico y encalichado con mortero)	ml	18.00	155.06	2,791.08
4.5	Formar vados con adoquines instalados (Ancho no menor de 0.60 m, incluye encalichado con mortero)	ml	10.00	277.81	2,778.10
4.6	Viga de remate longitudinal de concreto de 3,000 PSI	ml	1160.00	284.27	329,753.20
4.7	Viga de remate transversal de concreto de 3,000 PSI	ml	360.00	450.00	162,000.00
5	<b>OBRAS MISCELANEAS Y DE MITIGACION</b>				
5.1	Riego de calles con camion cisterna para evitar tolvaneras	día	3.00	3,650.00	10,950.00
5.2	Marcacion de linea central de calle con pintura amarilla tipo trafico	ml	1260.00	30.00	37,800.00
6	<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA</b>				
6.1	Limpieza final y entrega	m2	1,440.00	3.00	4,320.00
	<b>TOTAL</b>				7,044,556.49
	<b>IMPUESTOS (15%)</b>				1,056,683.47
	<b>IMPUESTOS (1%)</b>				70,445.56
	<b>COSTO TOTAL</b>				8,171,685.52

Fuente: Elaboración propia



## VI. CONCLUSIONES

- Estudio de tránsito, se realizó un aforo vehicular de 12 horas durante 7 días consecutivos, del cual se obtuvo un TPDA<sub>2020</sub> de 212 vehículo/día. De los cuales vehículos livianos 75% y de vehículos carga 25%. Para la proyección del tráfico se utilizó una tasa de crecimiento del 2.20%, obtenida mediante las correlaciones de las tasas de crecimiento históricas de la estación de mayor cobertura EMC 101B. A partir de un periodo de diseño de 10 años se obtuvo un factor de crecimiento de 11.06, que al proyectarlos el número de repeticiones por eje equivalente o ESAL's fue de 186,291.94.
- Estudio geotécnico se determinó que los suelos predominantes en la línea son A-2-6, los cuales según la clasificación AASHTO son suelos de buenos para subrasante y en menor frecuencia A-7-5 suelos de mala calidad.
- Diseño de pavimento, a partir de un ESAL'S de 186,291.94 para un periodo de diseño de 10 años, con un CBR de diseño de 20.10%, los espesores resultantes son de 4 pulgadas para la carpeta de rodamiento (adoquín), 2 pulgadas de colchón de arena y 4 pulgadas para la base granular. Obteniendo un total de 10 pulgadas de estructura de pavimento articulado.
- Al realizar el estudio de costo y presupuesto se tuvo en cuenta el impuesto del 1% obteniendo una cantidad 70,445.56 (setenta mil cuatrocientos cuarenta y cinco córdobas con 56/100) y el impuesto sobre el valor agregado (IVA), equivalente al 15%, siendo este un monto de 1,056,683.47 (un millón cincuenta y seis mil seiscientos ochenta y tres córdobas con 47/100) y el costo total del proyecto es de 8,171,685.52 (ocho millones ciento setenta y un mil seiscientos ochenta y cinco córdobas con 52/100).

## VII. RECOMENDACIONES

- En la elaboración de la capa base, se debe constatar que el material esté libre de cualquier otro material contaminante, como basura, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto podría afectar la resistencia de la estructura.
- Se deberá llevar un estricto control de compactación de campo al momento de colocar el material del banco de préstamo.
- En ningún punto de la capa de base terminada, el espesor deberá variar en más de dos centímetros con el espesor indicado. Sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado.
- Se recomienda que la arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular, uniforme Su graduación será tal que pase por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. El espesor de esta capa, no deberá ser menor de 3 cm, ni mayor de 5 centímetros.
- Verificar que la calidad de los materiales es la determinada en el diseño, que cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia propuestas en las Normas Nic- 2000.
- Darle mantenimiento periódico de manera preventiva a la carpeta de rodamiento para maximizar su vida útil, que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.

## VIII. Bibliografía

AASHTO-93. (3ra edición). *Diseño de Pavimentos* . AASSHTO-93.

Ayllon Acosta, J. (2004). *Guía de pavimento de concreto asfáltico*. Cochabamba , Bolivia.

Fonseca, A. ,. (2011). *Ingeniería de Pavimento para Carretera*. 2da Edición.

Hernandez, M. I. (2011). *Ingeniería*. Esteli, Nicaragua.

Jairo, A. O. (2014). *Diseño de vías* . Colombia.

Mayor, R. C. (9na edición). *Ingeniería de tránsito*. Alfaomega.

MTI. (2008). *Manual para revisión de diseño geométrico*. Managua, Nicaragua.

MTI. (2008). *Manual para revisión de estudios geotécnicos*. Managua, Nicaragua.

MTI. (2017). *Anuario de aforos de tráfico*. Managua, Nicaragua.

MTI. (s.f.). *Especificaciones generales para la construcción de caminos, calle y puentes* . Managua, Nicaragua: NIC 2000.

Navarro, H. S. (2014). *Diseño geométricos y cálculo de viales*. Esteli, Nicaragua.

SIECA. (2004). *Normas para diseño geométricos para las carreteras regionales* .

Villalaz, C. (1976-1980). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Monterrey, Mexico: Limusa Noriega Editores.

## IX. CRONOGRAMA DE EJECUCION

Tabla 45. Cronograma de actividades

Item	Actividades	AÑO 2023											
		ENERO				FEBRERO				MARZO			
		Semanas				Semanas				Semanas			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboracion del tema: "Diseño de estructura de pavimento articulado y presupuesto de 1,160 metro lineales de calle en el barrio las Marias, ubicado en las ciudad de Matagalpa, departamento de Matagalpa por el metodo de "AASHTO 93".												
2	Aprobación del tema por el decano												
3	Realizacion del marco conceptual												
4	Ejecucion del diseño metodológico												
5	Desarrollo del diseño metodologico y aplicación de instrumentos:												
5.1	Realizar el estudio de tránsito para determinar el flujo vehicular y de esta manera poder estimar las cargas que soportará la estructura de pavimento.												
5.2	Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo existente en el sitio y de los bancos de materiales, tomados en base a un estudio geotécnico existente de la vía para determinar el CBR de diseño.												
5.3	Diseñar los espesores requeridos de pavimento articulado considerando el uso de adoquín, aplicando el método AASHTO 93.												
5.4	Elaborar el presupuesto de cada una de las actividades del proyecto, para estimar el costo total de la inversión.												
6	Realizar conclusiones, recomendaciones y anexos												
7	Entregar el documento monografico final en culminacion de estudios.												

Fuente: Elaboración propia

## X. ANEXOS

Tabla 46. Formato de Conteo de tráfico vehicular por día

PERIODO DE AFORO		CONTEO VEHICULAR DEL LUNES A DOMINGO (AMBOS SENTIDOS)																Total	
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga						Equipo Pesado				
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.		Otros
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.			<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
06:00	07:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
07:00	08:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
08:00	09:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
09:00	10:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10:00	11:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11:00	12:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12:00	13:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
13:00	14:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14:00	15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15:00	16:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16:00	17:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17:00	18:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47. Conteo de tráfico vehicular por día**

FECHA DE CONTEO: LUNES 13 DE ENERO 2020 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN:0+000																			
HORA		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.			<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.				
06:00	07:00	4	2	0	3	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
07:00	08:00	3	4	1	4	1	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	18
08:00	09:00	1	2	2	2	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	12
09:00	10:00	4	4	0	5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18
10:00	11:00	3	4	1	3	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
11:00	12:00	7	5	4	6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
12:00	13:00	5	2	1	2	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
13:00	14:00	4	3	2	2	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	16
14:00	15:00	5	2	1	3	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
15:00	16:00	3	3	2	2	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	16
16:00	17:00	2	5	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
17:00	18:00	1	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
TOTAL		42	38	15	34	4	6	6	16	13	4	0	0	0	0	0	0	0	178

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 48. Conteo de tráfico vehicular por día**

FECHA DE CONTEO: MARTES 14 DE ENERO 2020 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: 0+000																			
HORA	Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros		
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.					
06:00	07:00	2	2	1	4	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
07:00	08:00	3	3	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	12
08:00	09:00	5	2	0	3	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	13
09:00	10:00	2	3	1	1	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	13
10:00	11:00	4	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
11:00	12:00	5	3	1	2	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	16
12:00	13:00	3	1	0	6	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	14
13:00	14:00	4	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
14:00	15:00	3	2	1	2	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	13
15:00	16:00	2	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
16:00	17:00	4	1	2	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
17:00	18:00	3	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
TOTAL		40	21	10	29	4	7	6	12	11	4	0	0	0	0	0	0	0	144

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 49. Conteo de tráfico vehicular por día**

FECHA DE CONTEO: MIERCOLES 15 ENERO 2020 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN:0+000																			
HORA		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.			<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.				
06:00	07:00	3	0	1	3	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12
07:00	08:00	2	1	2	2	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	13
08:00	09:00	2	2	0	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	9
09:00	10:00	3	2	1	1	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	12
10:00	11:00	4	5	0	5	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17
11:00	12:00	5	1	1	4	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
12:00	13:00	1	2	3	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9
13:00	14:00	3	2	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
14:00	15:00	5	1	2	3	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	16
15:00	16:00	2	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
16:00	17:00	4	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
17:00	18:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
TOTAL		35	20	12	28	4	4	3	11	11	5	0	0	0	0	0	0	0	133

*Fuente: Elaboración propia*



Tabla 50. Conteo de tráfico vehicular por día

FECHA DE CONTEO: JUEVES 16 DE ENERO 2020 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: 0+000																			
HORA		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.			<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.				
06:00	07:00	2	3	1	5	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
07:00	08:00	1	2	2	3	1	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	14
08:00	09:00	2	1	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
09:00	10:00	3	2	2	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
10:00	11:00	3	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
11:00	12:00	4	2	2	2	1	1	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	17
12:00	13:00	3	2	1	1	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	12
13:00	14:00	2	1	1	3	1	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
14:00	15:00	4	2	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	11
15:00	16:00	5	2	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
16:00	17:00	3	1	1	2	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11
17:00	18:00	1	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<b>TOTAL</b>		33	20	13	27	6	7	6	12	10	7	0	0	0	0	0	0	0	141

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Conteo de tráfico vehicular por día

FECHA DE CONTEO: VIERNES 17 DE ENERO 2020 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: 0+000																			
HORA		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.			<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.				
06:00	07:00	1	4	0	3	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
07:00	08:00	2	2	1	4	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
08:00	09:00	5	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
09:00	10:00	2	1	1	4	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
10:00	11:00	3	2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
11:00	12:00	3	1	2	6	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	17
12:00	13:00	3	3	2	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
13:00	14:00	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
14:00	15:00	4	4	1	1	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	14
15:00	16:00	3	2	2	3	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
16:00	17:00	3	2	1	1	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	12
17:00	18:00	2	1	2	1	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12
TOTAL		32	24	15	32	7	9	6	10	9	6	0	0	0	0	0	0	0	150

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. Conteo de tráfico vehicular por día

FECHA DE CONTEO: SABADO 18 DE ENERO 2020 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN:0+000																			
HORA		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.			<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.				
06:00	07:00	3	3	1	2	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
07:00	08:00	1	2	0	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9
08:00	09:00	3	1	2	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	12
09:00	10:00	4	2	1	1	2	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	15
10:00	11:00	3	1	3	3	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	15
11:00	12:00	3	2	1	4	1	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
12:00	13:00	6	2	2	2	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17
13:00	14:00	3	1	1	3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12
14:00	15:00	2	2	0	2	1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	11
15:00	16:00	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
16:00	17:00	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7
17:00	18:00	3	1	1	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
TOTAL		34	20	13	27	15	10	6	7	8	7	0	0	0	0	0	0	0	147














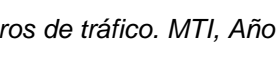
Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Conteo de tráfico vehicular por día

FECHA DE CONTEO: DOMINGO 19 DE ENERO 2020 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: 0+000																			
HORA		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.			<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.				
06:00	07:00	1	3	2	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	17
07:00	08:00	3	2	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	11
08:00	09:00	3	3	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
09:00	10:00	2	4	0	3	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14
10:00	11:00	4	1	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
11:00	12:00	5	2	0	4	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	16
12:00	13:00	2	4	2	3	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16
13:00	14:00	4	1	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
14:00	15:00	1	1	1	4	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10
15:00	16:00	2	0	1	2	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10
16:00	17:00	2	0	0	3	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
17:00	18:00	2	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8
TOTAL		31	22	10	30	14	12	5	6	6	8	0	0	0	0	0	0	0	144

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadracilos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tiras en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017.Pag. 32

Tabla 55. Clasificación de suelos, según AASHTO

CLASIFICACIÓN AASHTO PARA SUELOS Y MEZCLAS SUELO-AGREGADO.												
General Clasificación	Materiales Granulares ( 35% o menos pasa 0.075 mm )							Materiales Limo-arcillosos ( mas del 35% pasa 0.075 mm )				
Grupo de Clasificación	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Porcentaje que Pasa												
2.00 mm	50 máx.		51 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
0.425 mm	30 máx.	50 máx.	10 máx.									
0.075 mm	15 máx.	25 máx.										
Fración que pasa 0.425mm												
Limite Líquido -			N.P	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Índice Plástico -	6 máx.			10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de los constituyentes significativos en los materiales.	Fragmentos de Piedra, grava y arena.		Arena Fina.	Grava con arena limosa o arcillosa.				Suelos limosos.		Suelos arcillosos.		
Uso general como sub-rasante.	Excelente a bueno.							Pobre a malo.				

Nota: A-7-5 = PL<30 y A-7-6 = PL >30.  
 EXPERIMENTAL SOIL MECHANICS, JEAN - PIERRE BARDET.

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93



**Fotografía No. 1:** Estación de conteo vehicular, Est. 0+000



**Fuente:** Levantamiento por sustentantes

**Fotografía No. 2:** Calle con cunetas en ambos lados Est. 0+550



**Fuente:** Levantamiento por sustentantes

**Fotografía No. 3:** Intersección de calles, Norte – Sur Est. 0+800



**Fuente:** Levantamiento por sustentantes

**Fotografía No. 4:** Calle parcialmente erosionada y sin cunetas Est.1+000



**Fuente:** Levantamiento por sustentantes



Tabla 56. Limpieza inicial

MEMORIA DE COSTOS				
Actividad:	<b>Limpieza Inicial</b>			Analysis:
				6,565.40
				m <sup>2</sup>
<b>1.- EQUIPO:</b>				
	<b>Descripcion</b>	<b>Horas Maquina</b>	<b>Renta Horaria</b>	<b>Monto</b>
	Retro Excavadora CAT 416	Hr 14.00	1,460.00	20,440.00
	Camión Volquete 12 m3	Hr 14.00	1,022.00	14,308.00
				<b>34,748.00</b>
<b>2.- PERSONAL:</b>				
	<b>Descripcion</b>	<b>Horas Hombre</b>	<b>Salario Horario</b>	<b>Monto</b>
	Operador	Hr 28.00	42.59	1,192.52
	Ayudantes	Hr 48.00	42.59	2,044.32
			Total Salarios:	3,236.84
	Prestaciones Sociales (___%)		52.00%	1,683.16
	Viaticos (___%)		48.00%	1,553.68
				<b>6,473.68</b>
<b>3.- MATERIALES</b>				
	<b>Descripcion</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
			<b>Subtotal Materiales:</b>	<b>-</b>
<b>4.- RESUMEN:</b>				
	1.- Subtotal Equipo			34,748.00
	2.- Subtotal Personal			6,473.68
	3.- Subtotal Materiales			-
			Subtotal	41,221.68
			Sobre costo (Indirectos, Administracion, Utilidades)	8,244.34
			<b>Total</b>	<b>49,466.02</b>
			<b>Costo Unitario C\$</b>	<b>7.53</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Trazo y nivelación

MEMORIA DE COSTOS					
Actividad:	Trazo y nivelacion para adoquinado (Incluye equipo de topografia)			Analisis:	
					6,565.40
1.- EQUIPO:				m²	
Descripcion		Horas Maquina		Renta Horaria	Monto
Estación Total		Hr	48.00	319.38	15,330.00
Vehiculo Liviano		Hr	48.00	159.69	7,665.00
				<b>Subtotal Equipo:</b>	<b>22,995.00</b>
2.- PERSONAL:					
Descripcion		Horas Hombre		Salario Horario	Monto
Operador		Hr	48.00	75.00	3,600.00
Ayudantes		Hr	48.00	42.59	2,044.32
				Total Salarios:	5,644.32
Prestaciones Sociales (___%)				52.00%	2,935.05
Viaticos (___%)				48.00%	2,709.27
				<b>Sub total Personal:</b>	<b>11,288.64</b>
3.- MATERIALES					
Descripcion		U/M	Cantidad	Costo	Monto
Madera		C/U	250.00	20.00	5,000.00
Pintura		C/U	10.00	90.00	900.00
Clavos de Zinc		lb	10.00	60.00	600.00
				<b>Subtotal Materiales:</b>	<b>6,500.00</b>
4.- RESUMEN:					
1.- Subtotal Equipo					22,995.00
2.- Subtotal Personal					11,288.64
3.- Subtotal Materiales					6,500.00
				Subtotal	40,783.64
Sobre costo (Indirectos, Administracion, Utilidades)					8,156.73
				<b>Total</b>	<b>48,940.37</b>
				<b>Costo Unitario C\$</b>	<b>7.45</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Niveletas

MEMORIA DE COSTOS					
Actividad:	<b>Niveletas sencillas H= 1.10m; Ancho= 0.80 (Considerar dos usos de la madera)</b>				<b>Analisis:</b>
					100.00
					c/u
<b>1.- EQUIPO:</b>					
<b>Descripcion</b>		<b>Horas Maquina</b>		<b>Renta Horaria</b>	<b>Monto</b>
				<b>Subtotal Equipo:</b>	<b>-</b>
<b>2.- PERSONAL:</b>					
<b>Descripcion</b>		<b>Horas Hombre</b>		<b>Salario Horario</b>	<b>Monto</b>
Operador		Hr	-	75.00	-
Ayudantes		Hr	-	42.59	-
		Total Salarios:			-
Prestaciones Sociales (___%)		52.00%			-
Viaticos (___%)		48.00%			-
				<b>Sub total Personal:</b>	<b>-</b>
<b>3.- MATERIALES</b>					
<b>Descripcion</b>		<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Monto</b>
Madera 2*2*5		C/U	40.00	120.00	4,800.00
Madera 3/1*5		C/U	40.00	135.00	5,400.00
Clavos		lb	4.00	55.00	220.00
				<b>Subtotal Materiales:</b>	<b>10,420.00</b>
<b>4.- RESUMEN:</b>					
1.- Subtotal Equipo					-
2.- Subtotal Personal					-
3.- Subtotal Materiales					10,420.00
		Subtotal			10,420.00
		Sobre costo (Indirectos, Administracion, Utilidades)			2,084.00
		<b>Total</b>			<b>12,504.00</b>
		<b>Costo Unitario C\$</b>			<b>125.04</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Explotación de banco

MEMORIA DE COSTOS					
Actividad:	Explotacion de banco de prestamo con tractor oruga D6 (Incluye derecho de explotacion)			Analisis:	
				2,133.75	
1.- EQUIPO:				m3	
Descripcion		Horas Maquina		Renta Horaria	Monto
Tractor de Oruga D6TXL		Hr	30.48	3,640.00	110,955.00
Cargadora frontal		Hr		2,007.50	-
		<b>Subtotal Equipo:</b>			<b>110,955.00</b>
2.- PERSONAL:					
Descripcion		Horas Hombre		Salario Horario	Monto
Operador		Hr	30.48	75.00	2,286.16
Ayudantes		Hr	56.00	42.59	2,385.04
		Total Salarios:			4,671.20
Prestaciones Sociales (___%)			52.00%		2,429.02
Viaticos (___%)			48.00%		2,242.18
		<b>Sub total Personal:</b>			<b>9,342.40</b>
3.- MATERIALES					
Descripcion		U/M	Cantidad	Costo	Monto
		<b>Subtotal Materiales:</b>			<b>-</b>
4.- RESUMEN:					
1.- Subtotal Equipo					110,955.00
2.- Subtotal Personal					9,342.40
3.- Subtotal Materiales					-
				Subtotal	120,297.40
		Sobre costo (Indirectos, Administracion, Utilidades)			24,059.48
				<b>Total</b>	<b>144,356.88</b>
				<b>Costo Unitario C\$</b>	<b>67.65</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Acarreo de material

MEMORIA DE COSTOS					
Actividad:	Acarreo de material selecto hasta 6 km (Incluye carga en el banco con equipo y descarga en el sitio)			Analisis:	
				2,133.75	
1.- EQUIPO:				m3	
Descripcion		Horas Maquina		Renta Horaria	Monto
Tractor de Oruga D6TXL		Hr		3,640.00	-
Cargadora frontal		Hr	46.23	2,007.50	92,809.23
Camión Volquete		Hr	213.38	1,022.00	218,069.25
				<b>Subtotal Equipo:</b>	<b>310,878.48</b>
2.- PERSONAL:					
Descripcion		Horas Hombre		Salario Horario	Monto
Operador		Hr	259.61	75.00	19,470.47
Ayudantes		Hr	259.61	42.59	11,056.63
		Total Salarios:			30,527.10
Prestaciones Sociales (___%)		52.00%			15,874.09
Viaticos (___%)		48.00%			14,653.01
				<b>Sub total Personal:</b>	<b>61,054.20</b>
3.- MATERIALES					
Descripcion		U/M	Cantidad	Costo	Monto
				<b>Subtotal Materiales:</b>	<b>-</b>
4.- RESUMEN:					
1.- Subtotal Equipo					310,878.48
2.- Subtotal Personal					61,054.20
3.- Subtotal Materiales					-
				Subtotal	371,932.68
Sobre costo (Indirectos, Administracion, Utilidades)					74,386.54
				<b>Total</b>	<b>446,319.22</b>
				<b>Costo Unitario C\$</b>	<b>209.17</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Proceso

MEMORIA DE COSTOS					
Actividad:	Nivelacion, conformacion y compactacion de base y sub-base para adoquinado con modulo de movimiento de tierras (Incluye conformacion final en bocacalles); espesor de capa= 30 cm			Analisis:	
				853.50	
				m3	
<b>1.- EQUIPO:</b>					
Descripcion		Horas Maquina		Renta Horaria	Monto
Motoniveladora		Hr	24.39	2,555.00	62,305.50
Vibro Compactadora		Hr	15.85	2,007.50	31,820.31
Camión Cisterna		Hr	10.30	547.50	5,640.87
				<b>Subtotal Equipo:</b>	<b>99,766.68</b>
<b>2.- PERSONAL:</b>					
Descripcion		Horas Hombre		Salario Horario	Monto
Operador		Hr	50.54	75.00	3,790.45
Ayudantes		Hr	160.00	42.59	6,814.40
		Total Salarios:			10,604.85
Prestaciones Sociales		( ___%)	52.00%		5,514.52
Viaticos		( ___%)	48.00%		5,090.33
				<b>Sub total Personal:</b>	<b>21,209.71</b>
<b>3.- MATERIALES</b>					
Descripcion		U/M	Cantidad	Costo	Monto
				<b>Subtotal Materiales:</b>	<b>-</b>
<b>4.- RESUMEN:</b>					
1.- Subtotal Equipo					99,766.68
2.- Subtotal Personal					21,209.71
3.- Subtotal Materiales					-
				Subtotal	120,976.39
				Sobre costo (Indirectos, Administracion, Utilidades)	24,195.28
				Total	<b>145,171.67</b>
				<b>Costo Unitario C\$</b>	<b>170.09</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Adoquinado

MEMORIA DE COSTOS				
Actividad:	Adoquinado con cama de arena de hasta 5 cm (Adoquin tipo trafico de 3,500 PSI)			Analisis:
				6,565.40
1.- EQUIPO:				m <sup>2</sup>
Descripcion	Horas Maquina		Renta Horaria	Monto
Cabezal + Rastra (Transporte de Adoquin)	Hr	358.47	1,168.00	418,693.94
			<b>Subtotal Equipo:</b>	<b>418,693.94</b>
2.- PERSONAL:				
Descripcion	Horas Hombre		Salario Horario	Monto
Operador	Hr	358.47	42.59	15,267.27
Albañiles	Hr	1,313.08	42.59	55,924.08
Ayudantes	Hr	6,565.40	38.94	255,656.68
		Total Salarios:		326,848.03
Prestaciones Sociales	(____%)	52.00%		169,960.97
Viaticos	(____%)	48.00%		156,887.05
			<b>Sub total Personal:</b>	<b>653,696.05</b>
3.- MATERIALES				
Descripcion	U/M	Cantidad	Costo	Monto
Arena	m <sup>3</sup>	338.12	270.00	91,291.89
Adoquin de 3500 psi	c/u	137,873.40	16.20	2,233,549.08
Cemento	bls	100.00	395.00	39,500.00
			<b>Subtotal Materiales:</b>	<b>2,364,340.97</b>
4.- RESUMEN:				
1.- Subtotal Equipo				418,693.94
2.- Subtotal Personal				653,696.05
3.- Subtotal Materiales				2,364,340.97
				Subtotal
				3,436,730.96
Sobre costo (Indirectos, Administracion, Utilidades)				687,346.19
<b>Total</b>				<b>4,124,077.15</b>
<b>Costo Unitario C\$</b>				<b>628.15</b>

Fuente: Elaboración propia