



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA CONSTRUCCION**

**Monografía**

**“ESTUDIO A NIVEL DE PERFIL DEL PROYECTO “ADOQUINADO DE 18 KM DEL  
TRAMO DE VÍA ENTRE LAS COMUNIDADES BOCANA DE PAIWAS – VILLA  
SIQUIA, DEPARTAMENTO DE LA REGIÓN AUTÓNOMA DE LA COSTA CARIBE  
SUR (RACCS)”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por:**

Br. Mitchel Mabel López Palacios

Br. Huber Ariel Oporta Benavidez

Br. Lizardo Daniel Cerna Osorio

**Tutor:**

MSc. Ing. Miguel Fonseca Chávez.

Managua, Marzo 2022.

## Contenido

<b>Capítulo I. – Generalidades.</b> .....	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Antecedentes. ....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos. ....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
<b>Capítulo II. – Estudio de mercado para determinar la demanda.</b> .....	<b>5</b>
2.1. Identificación del proyecto.....	5
2.1.1. Definición del problema. ....	5
2.1.2. Situación que da origen al problema. ....	8
2.1.3. Población de la zona de influencia. ....	12
2.1.4. Matriz de marco lógico.....	24
2.1.5. Alternativas existentes para dar solución al problema.....	34
2.1.6. Objetivos de desarrollo del proyecto.....	34
2.1.7. Resultados esperados. ....	35
2.1.8. Beneficiarios del proyecto.....	35
2.1.9. Proyecto y estrategias de desarrollo.....	36
2.2. Cuantificación de la demanda del proyecto.....	36
2.2.1. Demandantes del proyecto. ....	36
2.2.2. Acciones de demanda de la población. ....	37
2.2.3. Demanda insatisfecha. ....	38
2.2.4. Beneficios para la población.....	38

<b>Capítulo III. – Estudio técnico del proyecto. ....</b>	<b>39</b>
Localización del proyecto.....	39
3.1.1. Macro localización. ....	39
3.1.2. Límites del municipio. ....	41
3.1.3. Micro localización. ....	42
3.2. Tamaño del proyecto.....	42
3.2.1. Vialidad local.....	43
3.3. Tecnología del proyecto. ....	44
3.4. Ingeniería del proyecto.....	45
3.4.1. Estudios previos al proyecto. ....	45
3.4.2. Definición del producto y características. ....	80
3.4.3. Diseño y descripción del proceso constructivo. ....	82
<b>Capítulo IV. – Estudio económico y social del proyecto. ....</b>	<b>99</b>
4.1. Costos totales. ....	99
4.1.1. Inversión del proyecto.....	99
4.2 Inversión en activos diferidos.....	100
4.1.2. Costos de operación del proyecto. ....	101
4.1.3. Beneficios del proyecto.....	103
4.1.4. Determinación de los precios sociales.....	116
4.1.5. Flujo de caja sin financiamiento.....	118
<b>Capítulo V. – Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>132</b>
5.1. Conclusiones.....	132
5.2. Recomendaciones. ....	133
5.3 BIBLIOGRAFÍA. ....	134

## **RESUMEN EJECUTIVO.**

En este trabajo de tesina se determinan los estudios de mercado y técnicos para la realización del proyecto: Estudio a nivel de perfil del proyecto “Estudio a nivel de perfil del proyecto adoquinado de 18 km del tramo de vía entre las comunidades Bocana de Paiwas – Villa Siquia, departamento de la región autónoma de la costa caribe sur (RACCS).

Este documento consta de 4 capítulos donde se reflejan los resultados obtenidos después de realizados los estudios pertinentes para el proyecto.

El capítulo 1, aborda generalidades del tramo en estudio, además hace una explicación sobre la importancia de la construcción de la carretera.

El capítulo 2, se plantea la problemática debido a la necesidad de una estructura de pavimento adecuada, según datos históricos se determina la población que representa la demanda y el estudio de esta, mediante los resultados de las encuestas.

En el capítulo 3, se muestra el estudio técnico del proyecto que incluye el de tránsito en el cual se determina el tránsito de diseño, topográfico se encuentra en levantamiento del terreno, el de suelo que muestran los resultados de los ensayos realizados a las muestras de suelos extraídas a lo largo del tramo en estudio y los datos del banco más próximo al sitio del proyecto, se proponen los espesores de pavimentos a partir del número ESAL'S, para pavimento flexible y rígido.

En el capítulo 4, aparecen los cálculos realizados para la inversión del proyecto, los beneficios obtenidos por el ahorro en gastos que antes se invertían por contar con una estructura de pavimento inadecuada, también la determinación de la opción más económica que resulta para pavimentar el tramo conforme a los criterios de rentabilidad del proyecto.

# **Capitulo I. – Generalidades.**

## 1.1 Introducción

El estudio a nivel de perfil del proyecto: “Adoquinado de 18 km del tramo de vía entre las comunidades Bocana de Paiwas-Villa Siquia, Departamento de la Región Autónoma De La Costa Caribe Sur (RAACS)” tiene una longitud de 18.018 km según diseño vial. Está localizado en la Región Autónoma Costa Caribe Sur, RACCS, inicia en el casco urbano del poblado de Bocana de Paiwas y se enrumba con dirección sureste bordeando el Río Grande de Matagalpa, finalizando en el casco urbano del poblado de Villa Siquia, en la estación 18+018. Las comunidades que atraviesa el tramo son: Malakawas, La Toboba, El Guayabo, Las Minas, Barrio Pobre, en el municipio de Paiwas.

La topografía que actualmente presenta el tramo es irregular, con sectores planos, ondulados y montañosos; cuyas pendientes longitudinales oscilan entre 0.50% y 20%, esta vía presenta una superficie de rodamiento bastante variable, con un ancho Promedio de 5.00 metros, el cual se encuentra en mal estado, y está compuesta por revestimiento de grava granular.

Esta vía presenta una superficie de rodamiento bastante variable, con un ancho promedio de 4.80 a 5.20 metros, que se encuentra en mal estado, y está compuesta por revestimiento de grava granular, la cual se encuentra muy deteriorada, entre los daños más visibles tenemos los que son: baches, huellas en formas de surcos, exposición del material del agregado grueso producto de la erosión por escorrentías erosiones de talud y erosión, adicional a esto las lluvias en el invierno dificultan el acceso al camino, formando pegaderos en algunos sectores.

## **1.2 Antecedentes.**

La ruta en estudio corresponde a la Red Vial secundaria clasificada como NIC-13B, debido a que es un camino vecinal de tráfico mínimo por sus características actuales. Según el estudio de tráfico de este proyecto, realizado en 2017, el tráfico promedio TPDA es de 141 vpd.

Se sabe que desde la ocurrencia del Huracán Mitch el cual originó grandes problemas en los sectores, esto permitió conocer que la carretera actual está en riesgo ya que bordea la rivera del río Grande de Matagalpa, por esto en este diseño se propone la reubicación de la misma, por medio de ubicación o reemplazo de alcantarillas se está previniendo los arrastres de materiales o desbordes de escorrentía natural que afectaría a las viviendas del poblado de Bocana de Paiwas.

Esta vía presenta una superficie de rodamiento bastante variable, con un ancho promedio de 4.80 a 5.20 metros, que se encuentra en mal estado, y está compuesta por revestimiento de grava granular, la cual se encuentra muy deteriorada, los daños más visibles son los baches, huellas en formas de surcos, exposición del material del agregado grueso producto de la erosión por escorrentías erosiones de talud. La erosión y las lluvias en el invierno dificultan el acceso al camino, formando pegaderos en algunos sectores. La sección de derecho de vía varía a lo largo del camino entre los 8 - 22 metros de ancho.

La Costa Caribe de Nicaragua es un sector de crecimiento, en este año se desarrollarán 32 kms de concreto asfáltico para la Carretera La Esperanza – Wapí, en la Costa Caribe Sur, municipio El Rama. Se perfila como corredor estratégico de integración vial entre las RACCS y la RACCN, de alto impacto económico y social

### **1.3 Justificación.**

En el invierno las fuertes lluvias dificultan el acceso al camino, formando pegaderos en algunos sectores, ocasionando un aumento en los tiempos de viaje, que inciden en la calidad y transportación de la producción comercializable, así como la de los usuarios que utilizan esta vía. Este deterioro también conlleva a un incremento de los costos y tiempos de transportación.

Este tramo de carretera reviste importancia singular, dado que de acuerdo a la matriz de priorización de caminos productivos, posibilita la conectividad entre la Costa Caribe Norte y Sur y por otro lado con la Región Central, de manera que una vez construido el tramo de camino, este tendrá conexión con la red vial adyacente al tramo conformada por las estaciones de conteo sumario la NIC-17 (Empalme Masigue – La Embajada – Villa Siquia) y con la NIC-13B (Río Blanco – Bocana de Paiwas) tramo que actualmente está en licitación. Se prevé que en un futuro el tramo en estudio forme parte de este corredor compuesto de estaciones de conteo sumario.

Por tanto, el mejoramiento del tramo de camino Bocana de Paiwas - Villa Siquia es de vital importancia para los pobladores que viven en la zona de influencia del proyecto, dado que es la única vía de comunicación terrestre que existe entre las comarcas localizadas entre ambos poblados y también sirve de enlace a las poblaciones de la RACCS y resto del país. Otro elemento a tomar en cuenta es que, con la construcción de la vía, se reducirán los tiempos de viaje y los costos de operación vehicular para los potenciales usuarios que se dirigen hacia el Centro y Pacífico del Nicaragua.



## **1.4 Objetivos.**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Elaborar un estudio a nivel de perfil del proyecto: “adoquinado de 18 km del tramo de vía entre las comunidades bocana de Paiwas – villa Siquia, departamento de la región autónoma de la costa caribe sur (RACCS)”

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un estudio de mercado con el fin de conocer todas y cada una de las posibles variables, así también como su grado de incertidumbre y los riesgos posibles que puedan generarse una vez ejecutado el proyecto en la zona.
- Analizar todos los aspectos técnicos operativos necesarios para el uso eficiente de los recursos disponibles para la producción del proyecto deseado, tomando en cuenta el tamaño del mismo, zona, localización, instalaciones y la organización necesaria.
- Elaborar un estudio económico social con el propósito de conocer los costos de ejecución y puesta en marcha del proyecto, así mismo los beneficios sociales que esta obra generará en el sector donde se desarrollará

## **Capítulo II. – Estudio de mercado para determinar la demanda.**

Este estudio es el resultado de un análisis exhaustivo del comportamiento que tendrán las variables del proyecto y su grado de incertidumbre o riesgos que correrá este servicio al ser ejecutado en la zona, es por ello que es importante conocer el comportamiento de la demanda en este caso las necesidades de la población por los problemas que les causa la falta de una estructura vial adecuada. Por lo cual se tomará en consideración los siguientes aspectos:

## **2.1. Identificación del proyecto.**

Un estudio a nivel de identificación es un documento con información muy precisa sobre algunas variables las cuales permiten tomar decisiones.

Estas variables pueden ser:

### **2.1.1. Definición del problema.**

La problemática actual que se enfrenta en la zona del municipio de como se ha mencionado anteriormente: es el mal estado de las calles y el difícil acceso entre las comunidades de Bocana de Paiwas y Villa Siquia y a zonas rurales entre estos dos poblados, cabe señalar que en esta zona los pobladores son mayormente sustentados por producción ganadera y producción lechera, el estado actual afecta a estos ya que en época lluviosa no es transitable.

Esta situación se agudiza en invierno con precipitaciones pluviales de aproximadamente 1,200 mm, que causan corrientes de agua que arrastran todo material de la calle existente, las alcantarillas existentes no son efectivas para controlar y encausar el agua y deteriora las estructuras en cada precipitación, ocasionando bastante acumulación de agua que luego serán charcos de basura y lodo, que no permitirá que las corrientes de aguas circulen naturalmente.

Se sabe que desde la ocurrencia del Huracán Mitch el cual originó grandes problemas en los sectores, esto permitió conocer que la carretera actual está en riesgo ya que bordea la rivera del río Grande de Matagalpa, por esto en este diseño se propone la reubicación de la misma, por medio de ubicación o reemplazo de alcantarillas se está previniendo los arrastres de materiales o desbordes de escorrentía natural que afectaría a las viviendas del poblado de Bocana de Paiwas.

En este estudio además se descubrió que el mal estado de las calles y el alcantarillado presenta un problema de salud, ya que al no evacuar correctamente el agua de lluvia provoca charcos a lo largo del camino provocan focos de enfermedades que afectan no solo al sector sino a los vehículos que transitan la zona lo que pudiera provocar epidemias en las zonas más cercanas al sitio.

El proyecto que se propone, es el estudio a nivel de perfil de lo que suponemos ayudaría a favorecer la calidad de vida de los habitantes; mejorando de esta manera la calzada de las calles, proponiendo como alternativa de pavimento de este tramo a base de materiales como el adoquín, asfalto y concreto hidráulico, que también incluirá obras de drenaje menor (cunetas) y drenaje mayor (Alcantarilla). A través de una de las visitas de campo al lugar, se ha hecho visible que las calles que existe y se extiende desde Bocana de Paiwas hasta Villa Siquia pues en ella desembocan las aguas provenientes de las zonas altas y que debido a la topografía del lugar son perpendiculares al tramo en estudio.

Con cualquiera de las opciones de carpetas de rodamiento propuestas anteriormente se daría solución al problema quizás no en un 100%, pero disminuiría significativamente, evitando las situaciones adversas que están aconteciendo.

### 2.1.1.1. Afectaciones por enfermedades.

El Sistema Local de Atención Integral en Salud (SILAIS), es el organismo encargado de monitorear el estado actual en la incidencia, aumento o disminución de enfermedades, en el departamento de Nueva Segovia.

Existe tan solo un registro del municipio que sirve de guía para poder determinar el ahorro en la economía familiar y municipal, consecuencia que trae consigo la construcción de este tramo de vía.

A continuación, se presentan las Cuadros del ahorro y los casos anuales por enfermedades:

Cuadro No.1: Costos de tratamientos por enfermedades.

Enfermedad	Costo
ERA	\$ 12.00
EDA	\$ 15.00
DENGUE	\$ 17.00

Fuente: Propio.

Cuadro No.2: Casos anuales de enfermedades.

Casos anuales				
Barrio	Hab.	ERA	EDA	DENGUE
Villa Siquia	1046	260	26	154
Bocana de Paiwas	1177	292	29	173

Fuente: Propia.

La ocurrencia de enfermedades en los sectores mencionados se obtiene a partir de los datos estadísticos brindados por el SILAIS y a partir de estos se calcula la ocurrencia anual considerando un promedio semanal de cincuenta y dos semanas en el año.

### **2.1.1.2. Afectaciones en la circulación vehicular.**

El mal estado del tramo afecta de dos maneras a la población:

Económico: Al estar en mal estado la carretera no facilita el acceso de los camiones acopiadores de leche, al no poder acceder al productor le provoca pérdidas ya que la leche al no ser entregada al acopio debe ser producida en queso para no descomponerse lo que provoca afectaciones al productor local, pero mayor pérdida al consumidor final de la leche pasteurizada ya que estos costos y la poca producción provocan un efecto de alza al precio.

Circulación vehicular: Al no estar en buenas condiciones el camino provoca que las personas que deben llegar a ciertos puntos busquen y circulen por vías alternas provocando gastos e inconvenientes tales como mayor tiempo de tránsito, mayor consumo de combustible, mayor desgaste de vehículo, desgaste de llantas y carrocería, esto también afecta al transporte público ya que actualmente solamente existe una unidad de transporte colectivo que circula 1 vez de Bocana de Paiwas hacia Villa Siquia y una vez de Villa Siquia hacia Bocana de Paiwas.

### **2.1.2. Situación que da origen al problema.**

Todos lo expuesto anteriormente, incidirá en la disminución de los altos niveles de pobreza severa y alta en que están sumidas las poblaciones localizadas dentro del área de influencia de del Municipio.

Este tramo de carretera reviste importancia singular, dado que de acuerdo a la Matriz de Priorización de caminos productivos, posibilita la conectividad entre la

Costa Caribe Norte y Sur y por otro lado con la Región Central, de manera que una vez construido el tramo de camino, este tendrá conexión con la red vial adyacente al tramo conformada por las estaciones de conteo sumario la NIC-17 (Empalme Masigue – La Embajada – Villa Siquia) y con la NIC-13B (Río Blanco – Bocana de Paiwas) tramo que actualmente está en licitación. Se prevé que en un futuro el tramo en estudio forme parte de este corredor compuesto de estaciones de conteo sumario.

Por tanto, el mejoramiento del tramo de camino Bocana de Paiwas - Villa Siquia es de vital importancia para los pobladores que viven en la zona de influencia del proyecto, dado que es la única vía de comunicación terrestre que existe entre las comarcas localizadas entre ambos poblados y también sirve de enlace a las poblaciones de la RACCS y resto del país. Otro elemento a tomar en cuenta es que, con la construcción de la vía, se reducirán los tiempos de viaje y los costos de operación vehicular para los potenciales usuarios que se dirigen hacia el Centro y Pacífico del Nicaragua.

**Topografía y alineamientos:** La Topografía que actualmente presenta el tramo es irregular con sectores planos, ondulados y montañosos; cuyas pendientes longitudinales oscilan entre 0.50% a pendientes que superan el 20%, las que serán analizadas durante el diseño para garantizar la visibilidad y evitar las pérdidas de trazado al paso por curvas verticales en cresta y en columpio.

El proyecto tiene un alineamiento horizontal muy sinuoso, con sucesión de curvas y contra curvas de escaso radio. Durante el diseño se rectificaran estos tramos para mejorar y garantizar la comodidad de los usuarios.

**Estructura de pavimentos y suelos:** En general, el camino actual del proyecto **Bocana de Paiwas - Villa Siquia** no posee estructura de pavimento. La vía presenta una superficie de rodamiento muy variable, con un ancho promedio de 4.80 a 5.20 metros. Actualmente se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento y está compuesta por revestimiento de grava granular, los daños más visibles son los baches, huellas en formas de surcos, exposición del material del agregado grueso producto de la erosión por escorrentías y erosiones de talud. La erosión y las lluvias en el invierno dificultan el acceso al camino, formandose pegaderos en algunos sectores. La sección de derecho de vía varía a lo largo del camino entre los 8 - 22 metros de ancho.

**Drenaje Menor:** Existen sobre la ruta del camino 21 alcantarillas de tubos, siendo en su gran mayoría de concreto reforzado de diversos diámetros, que varían entre TCR 24" - 78". Podemos decir que estas han carecido de mantenimiento y al clasificar el estado del drenaje, este se encuentra entre regular y bueno.

Además, existen cruces de agua que evidencian la existencia de cuencas y un flujo de agua que circula de un extremo a otro de la vía, las que serán analizadas hidráulicamente durante los estudios para definir el tipo de estructura que se debe instalar.

**Vados:** Sobre el camino se encuentran una serie de vados de concreto, de mal a regular estado, los que serán removidos en su totalidad para dar paso a la ubicación de alcantarillas de alivio.

**Drenaje Longitudinal:** A lo largo del camino el drenaje longitudinal está provisto además de cunetas naturales, que en su mayoría superan el 5% en pendiente longitudinal; lo que ha provocado socavaciones severas y erosión en la capa de rodamiento.



**Drenaje Mayor:** El drenaje mayor está constituido por puentes de una sola vía, los que se enumeran a continuación:

- 1 0+420 Puente vado de concreto de 3.70m de ancho y 11.20m de longitud
- 2 3+700 Puente vado (Panapul) de 3 tuberías de 30" de diámetro y 24.30m de longitud
- 3 7+000 Puente sin barandas (Malakawas) de 3.6m de ancho con 23.60m de longitud

Durante el recorrido realizado en la zona del proyecto, se pudo apreciar que el estado actual de los puentes existentes se puede clasificar como bueno, debido a que las estructuras de puentes son relativamente nuevas, ya que los fenómenos meteorológicos han creado la necesidad de construir estructuras de puentes que sustituyan las existentes anteriormente.

**Bombeo:** En la mayoría de los sectores del camino, la pendiente transversal o bombeo de la superficie de rodado, es inexistente debido a la circulación vehicular complementado con las lluvias, dicha pendiente se deforma, además de la ausencia de cunetas acelera el deterioro de la capa de rodado.

**Hombros o acotamientos:** Este elemento como parte de la sección transversal típica, en la trayectoria del camino no existe debido a que el ancho del camino está reducido a un promedio de 4.80 a 5.20m.

### **2.1.3. Población de la zona de influencia.**

Según datos recopilados del Plan Nacional y en base a intercensal (2003) se estima una población de 46,910 habitantes de los cuales 6,000 son urbanos y 40,910 son rurales.

#### **2.1.3.1. Medición de impacto.**

Para medir el impacto que tendrá la construcción del tramo **Paiwas - Villa Siquia**, se utilizarán los siguientes datos que servirán como línea de base en la situación sin intervención de la carretera, los que podrán ser medidos o evaluados después que se haya realizado la construcción del tramo.

#### **Indicador tiempo de viaje**

Para estimar el indicador sobre la distancia y el tiempo de viaje de los usuarios, se realizó una encuesta de Origen y Destino. Básicamente la encuesta tuvo como propósito conocer el tiempo viaje en que incurren los usuarios que asisten a los centros de educación y unidades de salud y la distancia que recorren para llegar a su destino, así como el medio que utilizan para transportarse. En total se realizaron 35 entrevistas, 22 a usuarios de centros de educación y 13 a usuarios de las unidades de salud.

En el indicador se calculó el tiempo promedio global, el tiempo promedio a pie y el tiempo promedio utilizando algún tipo de vehículo.

## Ubicación y tiempo de viaje de los usuarios a los centros educativos

En la zona de influencia brindan servicio 11 centros educativos, siendo estas: Escuela Los Malakawas Abajo, Escuela Nicaragua, Escuela Cristo Rey, Escuela el Zapatón, Escuela Julio Lira, Santa Rita, Esperanza del Saber, San Antonio, Santa Isabel, Hogar Guadalupe e Instituto Tecnológico Bocana de Paiwas, de estos centros se entrevistaron únicamente a usuarios del Instituto Público Bocana de Paiwas.

Los resultados indican que la distancia promedio recorrida es de 21,547.62 metros y el tiempo promedio empleado de ida y regreso es de 33 minutos. El 9% de los entrevistados se moviliza a pie, el 86% lo hace en bus, 5% en camión y 2% en vehículo propio. El costo del pasaje es de C\$26.57 en promedio.

Cuadro No. 3: Bocana de Paiwas – Villa Siquia medio de transporte utilizado para llegar a los centros de educación.

Medio de Transporte	Cantidad	Porcentaje
A Pie	2	9
Bus	19	86
Camión	1	5
Total	22	100

Fuente: Encuesta socioeconómica realizada por CINASE en octubre 2017

## Ubicación y tiempo de viaje de los usuarios a las unidades de salud

La encuesta de origen y destino dirigida a usuarios de la salud se realizó en dos (2) unidades de salud, siendo estos: Puesto de salud Emiliano Pérez Obando y Villa Siquia.

Los resultados obtenidos indican que la distancia promedio recorrida es de 27,111.11 metros y que el tiempo promedio empleado para llegar a estos es de 2 horas 46.67 minutos. El 54% de los usuarios entrevistados dijo que se moviliza en bus, un 46% se transporta en camión. El costo del pasaje es de C\$59.3 en promedio. En la siguiente Cuadro se muestra los resultados en promedio:

Cuadro no. 4: Bocana de Paiwas – Villa Siquia medio de transporte utilizado para llegar al puesto de salud

Medio de Transporte	Cantidad	Porcentaje
Bus	7	54%
Camión	6	46%
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta socioeconómica realizada por CINASE en octubre 2017

Cuadro No. 5: Bocana de Paiwas – villa Siquia indicador de impacto en tiempo de viaje en educación y salud.

SECTOR	SITUACION	
	Actual	Con Proyecto
<b>EDUCACION</b>		
Distancia promedio del recorrido total de su casa a la escuela (en metros)	21,547.62	
Tiempo Promedio del Recorrido total empleado para llegar a la escuela (en minutos)	33	
Distancia Promedio del Recorrido total a pie para llegar a la escuela (en metros)	3,000	
Tiempo Promedio del Recorrido total empleado a pie para llegar a la escuela (en minutos)	60	
Distancia Promedio del Recorrido total en bus para llegar a la escuela (en metros)	23,158	
Tiempo Promedio del Recorrido total empleado en bus para llegar a la escuela (en minutos)	205	
Distancia Promedio del Recorrido total en camión para llegar a la escuela (en metros)	24,500	
Tiempo Promedio del Recorrido total empleado en camión para llegar a la escuela (en minutos)	120	
<b>SALUD</b>		
Distancia Promedio del Recorrido total de su casa al centro salud (en metros)	27,111.11	
Tiempo Promedio del Recorrido total empleado para llegar al centro de salud (en minutos)	166.67	
Distancia Promedio del Recorrido total en bus para llegar al centro salud (en metros)	22,667	

Tiempo Promedio de Recorrido total empleado en bus para llegar a su centro de salud (en minutos)	110	
Distancia Promedio del Recorrido total en camión para llegar al centro salud (en metros)	36,000	
Tiempo Promedio del Recorrido total empleado en camión para llegar a su centro de salud (en minutos)	280	

Fuente: Encuesta Socio económica realizada por CINASE. Octubre 2017

### **Distancia y Tiempo de las comunidades del Área de Influencia.**

Actualmente las comunidades que se encuentran en el área de influencia directa como Malakawas Abajo, Malakawas, Bocana de Malakawas, Malakawas Central, Wiliquito, Bocana de Paiwas, Villa Siquia, El Sahino, Las Minas, entre 5 y 50 kilómetros es la distancia de las comunidades a las cabeceras departamentales. El tiempo de viaje promedio de estas mismas comunidades es de 2 horas 7 minutos.

Efectivamente en el invierno el tiempo de viaje es mayor por las condiciones del camino y los pegaderos que se forman, problemas que ocasionan retrasos, aumentando los tiempos de viaje, pero tenemos la limitante que este tiempo no se midió.

En la siguiente Cuadro se presentan las comunidades donde se realizaron encuesta a productores, la distancia en metros y el tiempo que tardan.

Cuadro No.6: Bocana de Paiwas – Villa Siquia distancia y tiempos de las comunidades a la cabecera departamental.

<b>Comunidad</b>	<b>Distancia en Metros</b>	<b>Tiempo que tardan en Minutos</b>
<b>Malakawas Abajo</b>	7,333	57
<b>Malakawas</b>	18,773	149
<b>Bocana de Malakawas</b>	12,375	95

<b>Malakawas Central</b>	5,425	143
<b>Wiliquito</b>	6,000	30
<b>Bocana de Paiwas</b>	1,500	30
<b>Las Cruces</b>	17,333	160
<b>Villa Siquia</b>	40,500	296
<b>El Sahino</b>	50,000	370
<b>Las Minas</b>	50,000	540

Fuente: Propia.

### 2.1.3.2. Determinación del número de encuestas.

El número de encuestas dirigidas a la población que transita por el tramo fue definido tomando como base la cantidad de la población que habita en los sectores.

Por lo tanto, se presenta la Cuadro con los datos para calcular el tamaño de la muestra:

Cuadro No. 7 Datos base para determinar el número de encuestas.

<b>N</b>	<b>Z</b>	<b>P</b>	<b>q</b>	<b>e</b>
15,082	1.95	0.50	0.50	10%

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad E . 1$$

Dónde:

N: es el tamaño de la población o universo, en este caso es la población total de los sectores afectados 15,082 personas.

Z: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. En este caso y como normalmente se define se utiliza un grado de confianza del 95%, que es lo mismo que decir que el error puede andar en un 5%.

p: proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato generalmente desconocido y se suele suponer que  $p = 0.5$  que es la opción más segura.

q: proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es  $1-p$ , que sería 0.5.

e: es el error muestral deseado, en tanto por uno. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella, en este caso se supone del 10% que es el error normal al hacer encuestas.

Por lo tanto, el tamaño de la muestra es el siguiente:

$$n = \frac{(1.95^2)(15,082)(0.5)(0.5)}{(0.1^2)(15,082 - 1) + (1.95^2)(0.5 * 0.5)} = 94.47 \approx 95 \text{ e} \quad ; \text{ E . 2}$$

Las 95 encuestas se realizaron en el trayecto del tramo en estudio, tratando de repartirse uniformemente entre las personas que caminaban por el tramo como jóvenes, estudiantes, y adultos etc.

Estas encuestas<sup>1</sup> se llevaron a cabo con el fin de dar a conocer la manera en que los demandantes del proyecto, en este caso 15,082 personas, observa el estado actual de las calles, como incide en la población y sobre todo la solución.

A continuación, por medio de gráficos se hace la evaluación porcentual y la interpretación de estos resultados.

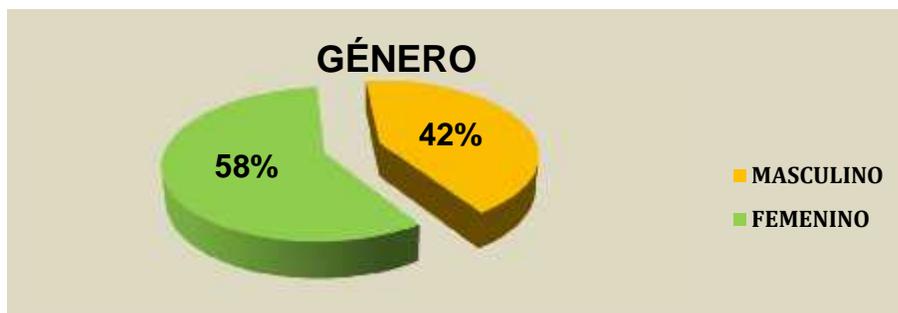
1. La primera pregunta realizada en el tramo en estudio, fue acerca del género, a lo que los encuestados respondieron:

Cuadro No. 8: Género de los encuestados.

<b>Género</b>	<b>Encuestados</b>	<b>%</b>
Masculino	40	42
Femenino	55	58
Total	95	100

Fuente: Propia.

Figura No. 1 Grafica que representa el Género de los encuestados; "Diagrama".



Fuente: Propia.



El 42% de los encuestados fueron del género masculino, mientras que el 58% fueron del género femenino.

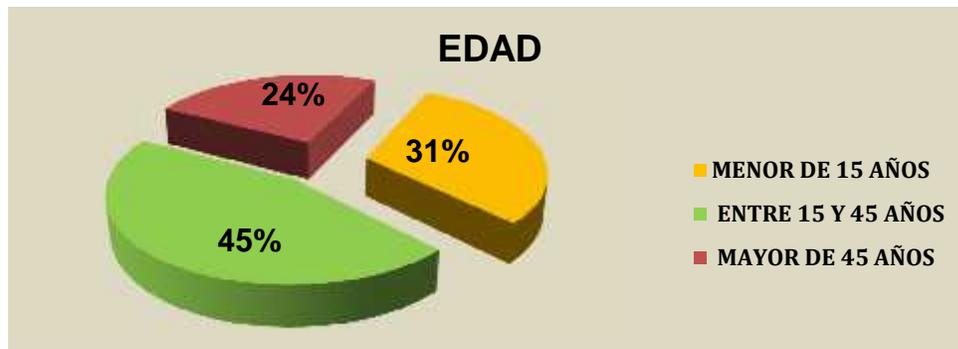
1. La segunda pregunta de la encuesta fue sobre la edad de los participantes en la misma, cuyos resultados fueron:

Cuadro No. 9: Edad de los encuestados.

Edad	Encuestados	%
Menor De 15 Años	29	31
Entre 15 Y 45 Años	43	45
Mayor De 45 Años	23	24
Total	95	100

Fuente: Propia.

Figura No. 2: Edad de los encuestados. "Diagrama"



Fuente: Propia.

De la población de referencia resultaron las siguientes porciones, el 31% jóvenes menores de 15 años, el 45% jóvenes, adultos entre 15-45 años y el 24% resultaron adultos mayores de 45 años.

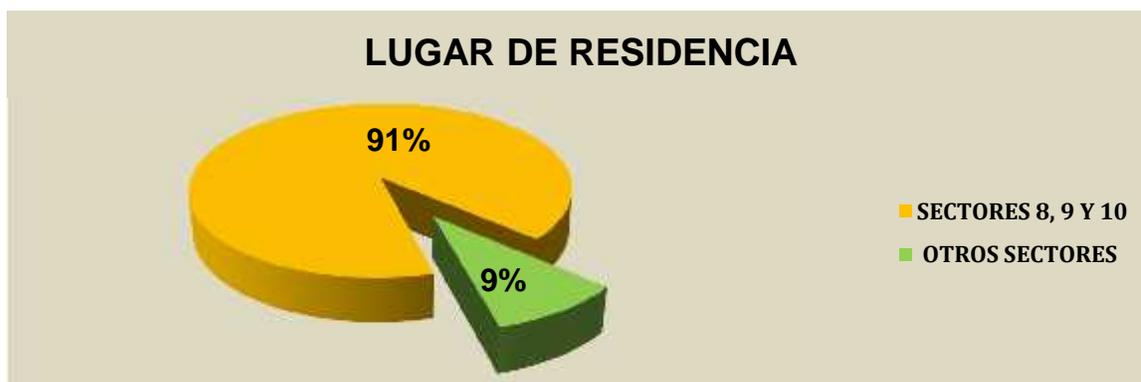
1. La tercera pregunta realizada fue del lugar donde habita, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro No. 10: Lugar de residencia de los encuestados.

Lugar	Encuestados	%
Bocana de Paiwas	86	91
Otros Sectores	9	9
Total	95	100

Fuente: Propia.

Figura No. 3 Lugar de residencia de los encuestados. “Diagrama”



Fuente: Propia.

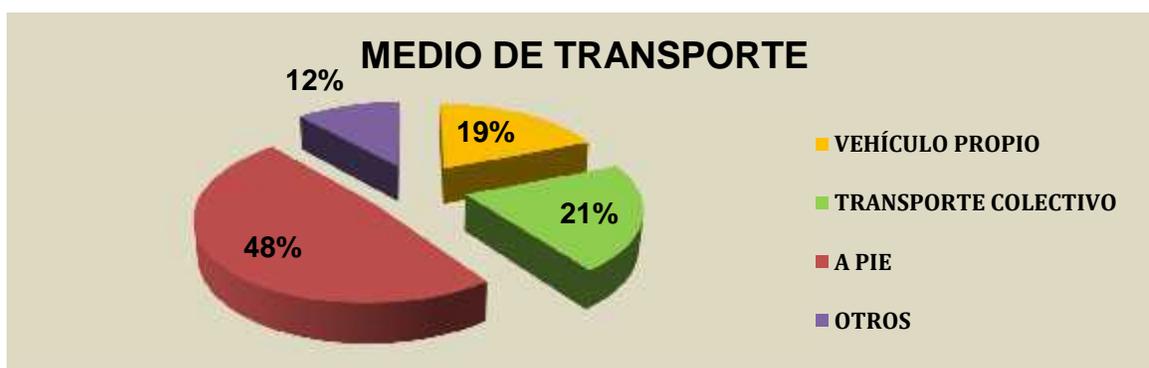
1. La siguiente pregunta de la encuesta realizada, fue el modo de transporte utilizado por los encuestados a lo que se respondió lo siguiente:

Cuadro No. 11: Medios de transporte de los encuestados.

Medio De Transporte	Encuestados	%
Vehículo Propio	18	19
Transporte Colectivo	20	21
A Pie	46	48
Otros	11	12
Total	95	100

Fuente: Propia.

Figura No. 4: Medio de transporte de los encuestados. “Diagrama”



Fuente: Propia.

El 48% de la población se traslada a pie, el 21% en transporte colectivo, el 19% en vehículo propio y el 12% se traslada en otro medio de transporte.

1. Se continuó preguntando acerca de si ellos tenían alguna dificultad para transportarse, las conclusiones fueron las siguientes:

Cuadro No. 12: Dificultad de transporte de los encuestados.

<b>Dificultad para transportarse</b>	<b>Encuestados</b>	<b>%</b>
SI	69	73
NO	26	27
TOTAL	95	100

Fuente: Propia.

Figura No. 5: Dificultad para transportarse de los encuestados. "Diagrama"



Fuente: Propia.

Según los resultados obtenidos el 73% de la población encuestada tiene dificultad para trasladarse mientras que el 27% considera que no tienen ningún problema de traslado hacia sus destinos.

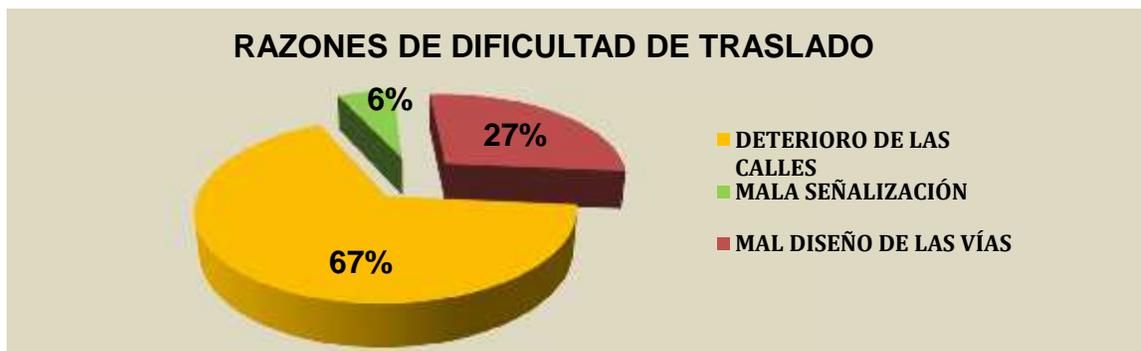
1. De haber respondido que si a la pregunta anterior, se continuo con las razones de la dificultad para trasladarse, obteniendo las siguientes respuestas:

Cuadro No. 13: Razones de dificultad de traslado de los encuestados.

<b>Razones de dificultad de traslado</b>	<b>Encuestados</b>	<b>%</b>
Deterioro De Las Calles	46	67
Mala Señalización	4	6
Mal Diseño De Las Vías	19	27
Otros	0	0.00
Total	69	100.00

Fuente: Propia.

Figura No. 6: Razones de dificultad de traslado de los encuestados. "Diagrama"



Fuente: Propia.

Del 73% que tiene dificultad para trasladarse, el 67% asume como causa el deterioro de las calles, el 6% lo atribuye a la mala señalización y el 27% al mal diseño de las vías.

1. En la séptima pregunta, se cuestionó sobre la opinión que los encuestados tenían acerca del estado actual de calles, se concluyó lo que sigue:

Cuadro No. 14: Estado actual de las calles.

Estado actual de las calles	Encuestados	%
Buenas Condiciones	0	0
Regulares Condiciones	73	77
Malas Condiciones	22	23
Total	95	100

Fuente: Propia.

Figura No. 7 Estado actual de las calles.



Fuente: Propia.

El 77% de la población encuestada considera que la vía se encuentra en regulares condiciones y el 23% en malas condiciones.

1. Se siguió preguntando acerca de las consecuencias que trae consigo el mal estado de las calles, a lo que los encuestados respondieron lo siguiente:

Cuadro No. 15: Consecuencias del mal estado de las calles.

Consecuencias del mal estado de las calles	Encuestados	%
Enfermedades	56	59
Deterioro De Los Vehículos	25	26
Problemas De Tránsito	9	10
Otros	5	5
Total	95	100

Fuente: Propia.

Figura No. 8 Consecuencias del mal estado de las calles. “Diagrama”



Fuente: Propia.

El 59% de la población considera que el estado de la vía trae consigo enfermedades para los pobladores, el 26% considera que causa deterioro a los vehículos, el 10% que genera problemas de tránsito y apenas el 5% trae consigo otro tipo de problemas (atrasos, cambios de emociones negativas).

1. La encuesta se concluyó preguntado a los participantes en la misma, acerca de la solución adecuada que ellos propondrían para mejorar la calidad de vida, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro No. 16: Solución final.

<b>Solución</b>	<b>Encuestados</b>	<b>%</b>
Pavimentar	95	100
Revestir	0	0
Total	95	100

Fuente: Propia.

Figura No. 9: Solución de los encuestados. “Diagrama”



Fuente: Propia.

El 100% de la población considera que la solución adecuada es pavimentar.

#### **2.1.4. Matriz de marco lógico.**

La Matriz de Marco Lógico (MML), es una herramienta analítica que nos permite tener la visión clara de los alcances del proyecto tomando en cuenta a los involucrados en el mismo, así mismo hace una descripción objetiva y concisa del cambio permanente de las condiciones del entorno, que se pretende alcanzar con la intervención ya sea planeando o ejecutando.

Tomando en cuenta a los habitantes de los sectores y dirigentes comunales, en diversas reuniones se ha planteado un enfoque de marco lógico para identificar plenamente el problema y las posibles soluciones.

A continuación, se presenta el análisis de involucrados, el árbol de problemas, el árbol de objetivos y la matriz de marco lógico de la situación encontrada en los sectores afectados en el municipio, así como las posibles soluciones a la problemática planteada.

Cuadro No. 17 Matriz de marco lógico.

Grupos	Intereses	Problemas Percibidos	Recursos y mandatos
<p><b>Bocana de Paiwas.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Tener calle en buen estado</li> <li>*Tener diseño de carretera.</li> <li>§ Mejor acceso peatonal y vehicular al barrio.</li> <li>*Buenas condiciones higiénicas y ambientales.</li> <li>*Aumento del valor de los bienes inmuebles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Charcas sobre las calles.</li> <li>*Corrientes superficiales de agua en tiempo de invierno.</li> <li>§ Enfermedades bronco-respiratorias.</li> <li>*Dengue</li> <li>*Acumulación de material sedimentado.</li> <li>*Calles en mal estado.</li> <li>*Uso inadecuado de las vías.</li> <li>*Menor circulación de transporte selectivo y acarreo.</li> <li>*Mayor tarifa de taxis y acarreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Organización de los sectores.</li> <li>*Aporte económico.</li> <li>*Mano de obra calificada y no calificada.</li> </ul>

Grupos	Intereses	Problemas Percibidos	Recursos y mandatos
<b>Población estudiantil.</b>	<p>*Mejores condiciones físicas de las calles que faciliten el tránsito hacia los centros de estudios.</p>	<p>*Corrientes superficiales que dificultan la circulación peatonal.</p> <p>*Inadecuada presentación personal.</p> <p>*Impuntualidad en la hora de llegada al centro de estudios.</p>	<p>*Demandas a las autoridades competentes.</p> <p>*Acceso a los medios de comunicación, para protestas sobre el estado de las calles.</p> <p>*Colaborar en planes de jornadas de limpieza.</p>
<b>Sector transporte selectivo y privado.</b>	<p>*Vehículos en buen estado técnico-mecánico.</p> <p>*Reducción de los gastos de operación y mantenimiento.</p> <p>*Obtención de mayores ingresos económicos (Transporte Público).</p> <p>*Responder a la demanda de transporte público selectivo en las zonas aledañas.</p>	<p>*Deterioro técnico-mecánico de los vehículos.</p> <p>*Aumento en los gastos de operación.</p> <p>*Aumento en los gastos de mantenimiento.</p> <p>*Uso inadecuado de las vías.</p> <p>*Carencia de una carpeta de rodamiento adecuada.</p>	<p>*Ejercer presión sobre las autoridades competentes.</p> <p>*Crear comisión para la gestión de proyectos.</p>

Continuación del cuadro No.17



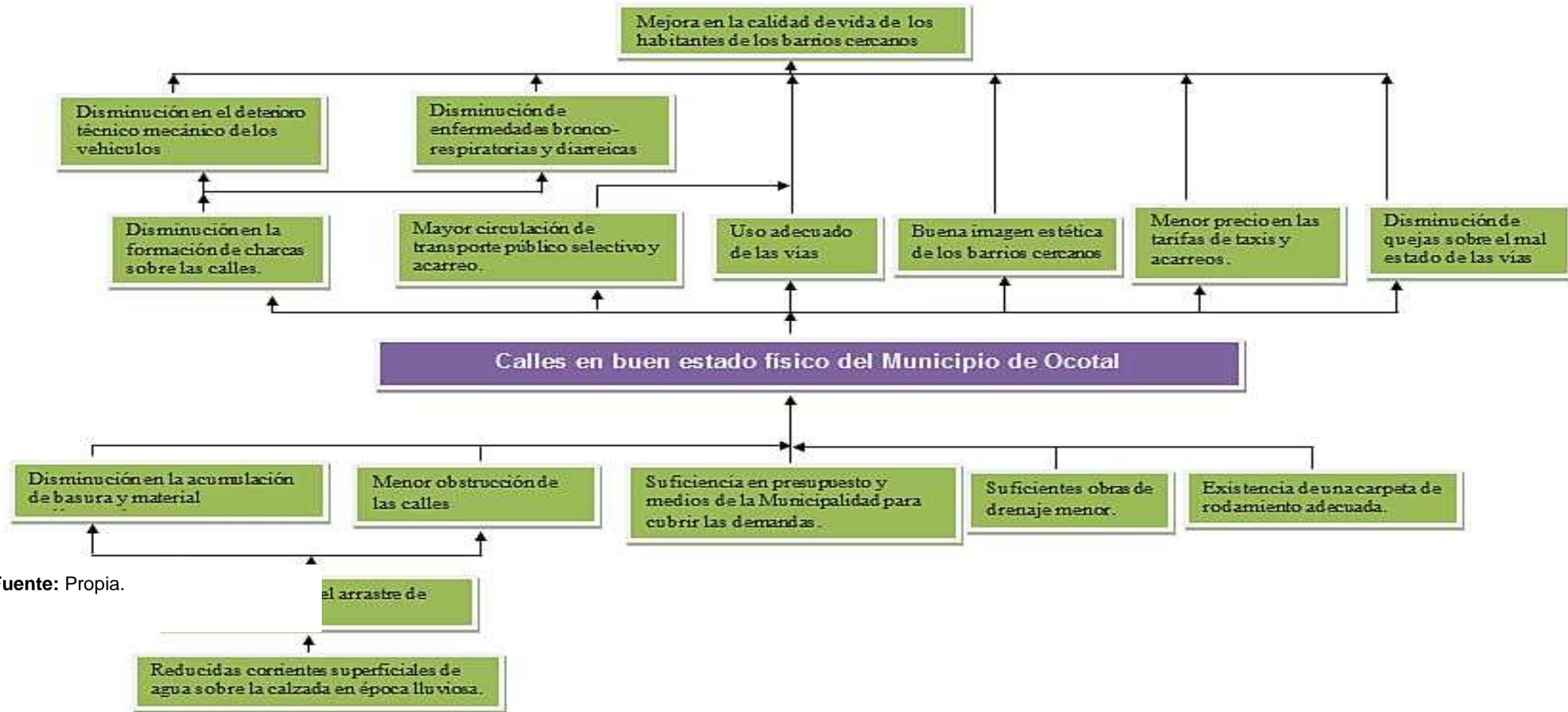
Grupos	Intereses	Problemas Percibidos	Recursos y mandatos
<p><b>Alcaldía Municipal Bocana de Paiwas.</b></p>	<p>*Garantizar el buen estado de las calles.</p> <p>*Mejorar las condiciones de vida de la población.</p> <p>*Reducir los riesgos de la población ante desastres naturales y accidentes de tránsito.</p> <p>*Reducir las quejas sobre el mal estado físico de las calles.</p>	<p>*La población se queja del mal estado de las calles.</p> <p>*Falta de señalización vial.</p> <p>*Limitaciones en presupuesto y medios necesarios para dar respuesta a las demandas de infraestructura vial.</p>	<p>*Se cuenta con módulo constructivo y equipo técnico para el diseño, formulación y seguimiento de proyectos.</p> <p>*Gestión de recursos con los organismos donantes.</p>
<p>Continuación del cuadro No.17</p>			

Fuente: Propia



### Árbol No. 2.

Objetivos: Medios y fines.



Fuente: Propia.

Fuente: Propia.

Cuadro No. 18: Mejoras del proyecto.

Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Fin:</p> <p>Calidad de vida mejorada de los habitantes cercanos y comunidades aledañas Bocana de Paiwas y Villa</p> <p>Reducidos los malestares y quejas de los pobladores por acumulación de basura, calles en mal estado e</p> <p>Mejorada la imagen estética de los sectores.</p> <p>Mayor facilidad de tránsito peatonal y vehicular.</p> <p>Reducir las enfermedades bronco-respiratorias, causado por el estancamiento de las aguas.</p>	<p>Aumento del sentimiento de bienestar de la población.</p> <p>Reducir en un 80 % las quejas a causa de la acumulación de basura y calles en mal estado.</p> <p>Mejorada en un 100 % la imagen estética de los sectores, después de 2 meses finalizado el proyecto.</p> <p>Aumentado en un 20 % la afluencia vehicular y peatonal.</p> <p>Reducida las afecciones de las enfermedades bronco-respiratorias y diarreicas en un 70% 6 meses</p>	<p>Encuestas a los pobladores.</p> <p>Encuestas a los pobladores.</p> <p>Medios de comunicación.</p> <p>Fotografías.</p> <p>Encuestas a los pobladores.</p> <p>Encuestas a los pobladores.</p> <p>Visitas al sitio.</p> <p>Encuestas a los pobladores.</p> <p>Informes del MINSA.</p>	<p>Que la Alcaldía construya las obras necesarias para mitigar los problemas del mal estado de las calles.</p> <p>La población tiene conciencia de que es perjudicial para su salud botar la basura en lugares inadecuados y</p> <p>Buena funcionalidad de las obras construidas en el proyecto.</p> <p>Buena funcionalidad de las obras construidas en el proyecto.</p>

Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Propósito:</p> <p>Mejorar el estado físico del tramo de vía principal oeste que atraviesa los sectores 8, 9 y 10.</p>	<p>Mejoradas las calles contempladas a 4 meses de iniciado el proyecto.</p>	<p>Actas de recepción final.</p> <p>Visitas al sitio.</p> <p>Visitas de Campo, fotografías, Opinión de beneficiarios oral y escrita.</p> <p>Evaluación del Proyecto ejecutado.</p>	<p>Que exista disponibilidad de recursos financieros instituciones financieras (Banco Mundial, BID, BECIE, CEU,</p> <p>Existe coordinación interinstitucional.</p> <p>Participación de la población.</p>
<p>Componentes:</p> <p>1. Calles Revestidas, mediante carpeta de rodamiento a base de adoquines.</p> <p>2. Construidas las Obras de drenaje menor en los lugares donde se ameriten.</p> <p>3. Instaladas las señales de tránsito informativas y reglamentarias.</p>	<p>Revestido el 100 % de las calles contempladas en la etapa de diseño después de 8 meses de iniciado el</p> <p>Construidos el 100 % de los vados y cunetas,</p> <p>5 meses después de iniciado el proyecto.</p> <p>Instaladas el 100 % de las señales de tránsito antes de la finalización del proyecto.</p>	<p>Informes de avances de obras.</p> <p>Visitas al sitio.</p> <p>Visitas al sitio.</p>	<p>Que el gobierno municipal consiga los recursos financieros.</p> <p>Que las obras a construir funciones correctamente.</p> <p>La población tiene conciencia de utilizar correctamente las señales de tránsito.</p>
Continuación del cuadro No.18			

Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Realizar el diseño geométrico y de pavimento de las calles contempladas para adoquinar y las obras de drenaje</li> <li>* Proveer las calles del tramo de capas según diseño, que puedan soportar las cargas según el volumen y</li> <li>- Dotar las calles de una carpeta de rodamiento adecuada.</li> <li>- Construir obras de drenaje menor que contribuyan al escurrimiento de las aguas, (vados).</li> <li>- Instalación de señales de tránsito reglamentarias e informativas.</li> </ul>	<p>Realizado el 100% del diseño de las calles, A 1 mes después de iniciado el proyecto.</p> <p>Realizado el movimiento de tierra con las especificaciones técnicas requeridas a las 10 semanas después</p> <p>C\$10,330,581.90</p>	<p>Informes periódicos de avances.</p> <p>Encuestas en sitio.</p> <p>Sondeos manuales del terreno in situ.</p> <p>Contratos de ejecución.</p>	<p>Equipo técnico capacitado con los conocimientos necesarios.</p> <p>Existencia de disponibilidad financiera.</p> <p>Maquinaria en buen estado.</p> <p>Que el banco de material selecto proporcione la cantidad de material requerido.</p> <p>Que no existan impugnaciones de los procesos de licitación.</p> <p>Que el gobierno municipal consiga los recursos financieros para ejecutar el proyecto.</p> <p>Desembolsos a tiempo.</p>
Continuación del cuadro No.18			



### **2.1.5. Alternativas existentes para dar solución al problema.**

En Nicaragua existen tres posibles opciones para mejorar el tramo principal con salida a Villa Siquia, de las cuales analizaremos la más factible a ejecutar. A continuación, se detallan cuáles son:

- ✓ Pavimento flexible (a base de asfalto).
- ✓ Pavimento rígido (a base de concreto hidráulico).
- ✓ Pavimento semirrígido (a base de adoquines).

Para cada una de las carpetas se realizará el análisis técnico y económico para decidir cual es la más conveniente.

### **2.1.6. Objetivos de desarrollo del proyecto.**

#### **2.1.6.1. Objetivo general.**

- ✓ Renovar el estado físico del tramo principal hacia Villa Siquia.

#### **2.1.6.2. Objetivos específicos.**

- ✓ Garantizar a este tramo, una carpeta de rodamiento adecuada a base de adoquín.
- ✓ Construir obras de drenaje menor de concreto necesarios para la obra a fin de reducir corrientes superficiales sobre la calzada, así como también disminuir el material sedimentado existente.
- ✓ Disminuir la acumulación de basura y formación de charcas.
- ✓ Aumentar la circulación de transporte público y privado.
- ✓ Mejorar el acceso entre comunidades del municipio.
- ✓ Disminuir denuncias y quejas de los pobladores de los sectores sobre el mal estado de las calles.



### **2.1.7. Resultados esperados.**

- ✓ Revestir aproximadamente 112,000 m<sup>2</sup> de calles con carpeta de rodamiento a base de adoquín que resultan de 18,300 ml por 6.20 m de ancho.
- ✓ Construir 5.51 m<sup>3</sup> de vados de concreto.
- ✓ Construcción de 4,556.20 ml de andenes y cunetas.
- ✓ Disminuir el 90% de la formación de charcas en este tramo de vía.
- ✓ Reducir en un 60% las quejas de la población cercana al tramo en mal estado, en mención a la Alcaldía Municipal.
- ✓ Mejorar la estética en un 100% de este tramo y sectores aledaños.
- ✓ Disminuir la incidencia de enfermedades provocadas por el crecimiento exagerado de vectores, polvo, charcas entre otros.
- ✓ Aumentar la circulación del tráfico en un 40% en el lugar, así como disminuir el costo de transporte privado (taxi).

### **2.1.8. Beneficiarios del proyecto.**

El proyecto beneficiará de manera directa a 17,871 personas de los sectores y comunidades aledañas al proyecto, los cuales pertenecen a las clases sociales tanto media como baja, en su mayoría la población cuenta con los servicios básicos tales como: luz eléctrica, agua potable, alcantarillado sanitario.

De manera indirecta se verán beneficiada la población en general, sobre todo los pobladores de los sectores aledaños que transitan por esta vía para la realización de sus actividades diarias, especialmente a los estudiantes que para asistir a sus centros de estudios circulan por esta vía.

### **2.1.9. Proyecto y estrategias de desarrollo.**

Tal y como se mencionó inicialmente la problemática de las calles en mal estado, no es una problemática solamente de los sectores por los cuales atraviesa el tramo de vía sino de la población en general, ocasionado en parte por los fenómenos de ocurrencia natural, así como el desarrollo de los proyectos ejecutados tales como han sido las malas rehabilitaciones que se han dado cada año, debido al mal procesamiento de materiales, su compactación entre otros aspectos.

### **2.2. Cuantificación de la demanda del proyecto.**

Esta sección está dirigida a conocer que es lo que demanda la población y las opciones desde el punto de vista presupuestario que tiene la institución encargada en este caso la alcaldía en coordinación con el MTI, para dar respuesta a tales demandas, para lo cual será necesario abordar los siguientes aspectos:

#### **2.2.1. Demandantes del proyecto.**

El proyecto beneficiará aproximadamente a 17,871 habitantes de los cuales 13,257 son beneficiarios directos y 4,614 son beneficiarios indirectos, estos son usuarios de la vía. Las comunidades que se beneficiarán con la realización del proyecto se presentan en la siguiente Cuadro.

Cuadro No. 19: Bocana de Paiwas - Villa Siquia; beneficiarios directos e indirectos.

Comunidad	Beneficiarios directos			Comunidad	Beneficiarios Indirectos		
	Femenino	Masculino	Total		Femenino	Masculino	Total
<b>Municipio Bocana Paiwas</b>							
<b>Área Urbana</b>	574	448	1022	<b>Área Urbana</b>			
<b>Área Rural</b>							
<b>Wanawana</b>	875	988	1863	El Diamante	116	135	251
<b>Villa Siquia</b>	562	579	1141	El Chele	503	512	1015
<b>Las Minas</b>	616	594	1210	El Arbolito	349	389	738
<b>Okawas</b>	1167	1232	2399	<b>Malakawas</b>	1031	1090	2121
<b>El Guayabo</b>	121	128	249	Pavón	118	115	233
<b>Las Delicias</b>	1390	1423	2813	Las Tejas	127	129	256
<b>Wilikito Abajo</b>	341	354	695				
<b>Wiliko</b>	175	153	328				
La Paila	164	193	357				
<b>El Toro</b>	572	608	1180				
<b>Total benefic. directos</b>	<b>5,821</b>	<b>5,899</b>	<b>13,257</b>				
<b>Total benefic. indirectos</b>					<b>2,244</b>	<b>2,370</b>	<b>4,614</b>
<b>Total benefic. área de Influencia</b>			<b>17,871</b>				

Fuente: INIDE Bocana de Paiwas en Cifras y Caracterización Municipal.

### 2.2.2. Acciones de demanda de la población.

La mayor necesidad de la población de estos sectores es tener las calles en buen estado físico, revestidas mediante una carpeta de rodamiento adecuada que proteja la capa base de las calles y con obras de drenaje menor que conduzcan las corrientes de las aguas para evitar que se escurran sobre la calzada, permitiéndoles movilización fluida y eficiente, reducción en los tiempos de desplazamiento, incrementar la higiene comunal y el nivel de vida

### **2.2.2.1. Propuestas de solución.**

Las opciones a base de adoquines, asfalto y concreto hidráulico, son las propuestas a las que se le realizaron un análisis socioeconómico para saber cuál de ellas es la más acertada, para resolver en gran manera la necesidad planteada por los pobladores, además de esto se pretenden construir vados en las intersecciones de las calles que lo ameriten para conducir las aguas pluviales.

### **2.2.3. Demanda insatisfecha.**

La población desea una carpeta de rodamiento adecuada en el total de las calles, por limitaciones de fondos y de obtención de recursos en este proyecto se plantea cubrir la calle más importante de los sectores. En esta fase se beneficiará aproximadamente al 60% de la población total de los sectores, quedando para una fase posterior el desarrollo de proyectos para las otras calles.

### **2.2.4. Beneficios para la población.**

- ) Reducción de enfermedades.
- ) Mayor limpieza de las calles.
- ) Aumento del valor del bien inmueble.
- ) Mayor circulación vehicular.
- ) Mejorar la imagen estética de los barrios.
- ) Incremento del comercio.
- ) Mejor asistencia social.
- ) Ahorro de costos operaciones vehiculares, para quienes transitan en esta

## **Capítulo III. – Estudio técnico del proyecto.**

Este estudio conforma la segunda etapa de los proyectos de inversión, en el que se contemplan los aspectos técnicos operativos necesarios en el uso eficiente de los recursos disponibles para la producción de un bien o servicio deseado y en el cual se analizan la determinación del tamaño óptimo del lugar de producción, localización, instalaciones y organización requerida.

Es importante señalar que se hará el debido análisis para dar respuesta a la población mediante una estructura vial adecuada tal como pueden ser: adoquinado, asfalto y concreto hidráulico, eligiéndose la de mayor conveniencia.

### **3.1 Localización del proyecto.**

La realización del estudio, **Bocana de Paiwas - Villa Siquia** comprende un ámbito geográfico que abarca varias comunidades de la zona en estudio. A continuación, se esboza de manera breve los aspectos socioeconómicos más relevantes de las poblaciones del área a ser beneficiadas.

El municipio de Bocana de Paiwas, según la Ley de División Política Administrativa, pertenece a la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), situado al noroeste de la región. Su cabecera municipal es Bocana de Paiwas, aunque la sede del Gobierno Municipal se encuentra en Ubú Norte, este cambio se debe para mejorar la atención al resto de comunidades rurales del municipio, ya que es donde se encuentra el mayor porcentaje de población y sectores productivos.

#### **3.1.1. Macro localización.**

El proyecto está localizado en el Departamento de la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS). Este inicia con su est. 0+000 en el casco urbano del municipio de Bocana de Paiwas y se enrumba con dirección este por el empalme

conocido como los cocos, bordeando el Rio Grande de Matagalpa; luego hacia el sur en el límite municipal de Camoapa, finalizando en el casco urbano poblado de Villa Siquia est.17+992. Las comunidades que atraviesa el tramo son: Malakawas, La Toboba, El Guayabo, Las Minas, Barrio Pobre y Empalme los Cocos. Las coordenadas de Inicio y fin del tramo son las siguientes:

Cuadro No. 20: Coordenadas de Inicio y Fin del Tramo

Nombre del Tramo	Coordenadas	
	ESTE	NORTE
	X	Y
<b>Coordenadas de Inicio Bocana de Paiwas</b>	0703813	1414072
<b>Coordenadas del Fin Villa Siquia</b>	0715813	1408826

Figura No. 10 Macro Localización del proyecto. “Mapa”



Fuente: Google-Mapa de Nicaragua.

### 3.1.2. Límites del municipio.

Límites del municipio.

#### Límites geográficos

Al Norte: Municipio de Siuna

Al Sur: Municipio el Rama, Camoapa y el Departamento de Boaco

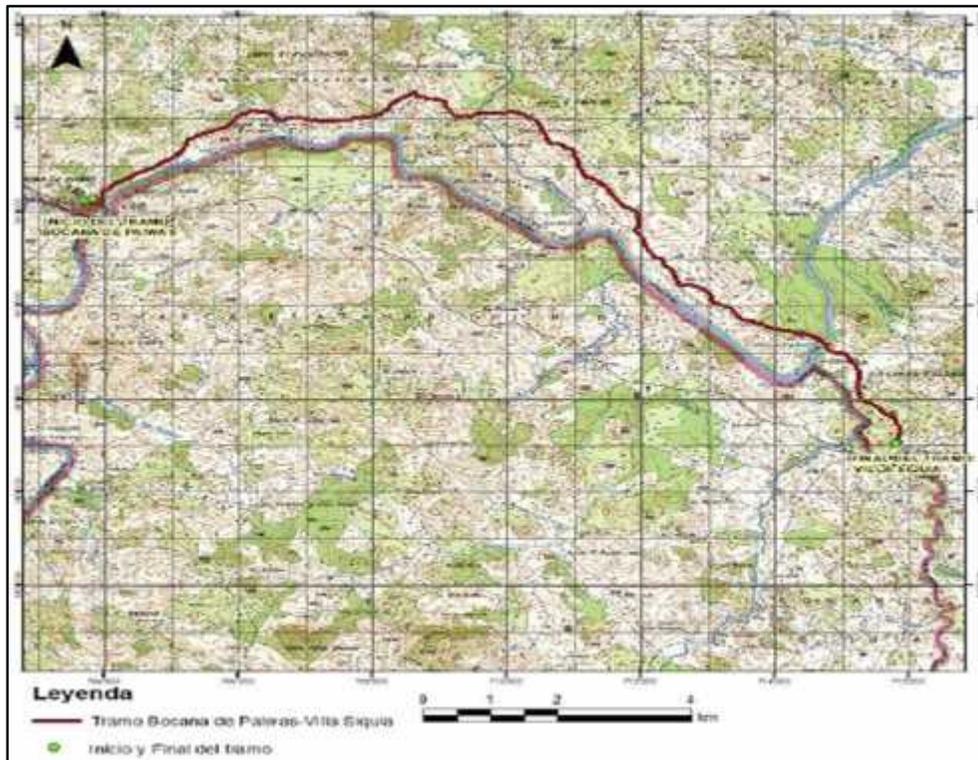
Al Este: Municipios de la Cruz de Río Grande, y El Tortuguero

Al Oeste: Municipios de Matiguás, y Río Blanco



### 3.1.3. Micro localización.

Figura No. 11. Micro localización del proyecto. “Mapa”



Fuente: INETER (Instituto Nicaragüense De Estudios Territoriales).

### 3.2. Tamaño del proyecto.

El tamaño del proyecto se refiere a la capacidad de producción en un período de referencia. Este estudio tiene como objetivo principal dimensionar la capacidad efectiva de producción y su nivel de utilización, tanto para la puesta en marcha como su evolución durante la vida útil del proyecto.

- ❖ Longitud del tramo: 18,000 ml aproximadamente.
- ❖ Ancho de carriles: 7 m.
- ❖ Número de carriles: 2.
- ❖ Vida útil: 15 años.
- ❖ Tipo de carpeta de rodamiento: adoquín.

El proyecto contempla 18,300 ml de adoquinado por 6.20 m de ancho equivalentes a 112,000 m<sup>2</sup> en la vía de acceso principal oeste del municipio. Esta calle es una de las más problemáticas, ya que debido a la pendiente natural del terreno en esta desaguan las demás calles perpendiculares a la misma. Así mismo, se proponen 4,556.20 ml de cunetas, 21 ml de vados de 1 m de ancho y 0.25 m de profundidad, así como 4,556.20 ml de andenes totales, más otras obras de drenaje que resulten necesarias.

### 3.2.1. Vialidad local.

Las vías locales van en dos direcciones, doble carril, se diferencia de la vialidad secundaria en el derecho de vía, lo que permite que reduzcan a la velocidad necesaria, por estar ubicadas en las áreas habitacionales, con un derecho de vía de 20 - 30 m. A continuación, se muestra: la sección del tramo de vía, el ancho de acera y clasificación funcional del tramo.

Figura No. 12 Derecho de vía. “Plano de sección típica”



Cuadro No. 21 Clasificación funcional de las carreteras regionales

Clasificación Funcional de las Carreteras Regionales, Volúmenes de Tránsito, Número de Carriles y Tipo de Superficie de Rodamiento								
IPDA	>20.000		20.000-10.000		10.000-3.000		3.000-500	
	No. C	Superf.	No. C	Superf.	No. C	Superf.	No. C	Superf.
AR- Autopistas Regionales	6-8	Pav.	4-6	Pav.				
TS- Troncales Suburbanas	4	Pav.	2-4	Pav.	2	Pav.		
TR- Troncales Rurales	4	Pav.	2-4	Pav.	2	Pav.		
CS- Colectoras Suburbanas			2-4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR- Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

No. C : Número de carriles; Superf. : Superficie de rodamiento; Pav. : Pavimento asfáltico o de cemento Portland.

Fuente: SIECA 2004.

Cuadro No. 22 Ancho de hombro y acera.

ANCHOS MÍNIMOS DE HOMBROS Y ACERAS						
Tipo de Carretera	Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)	
			Internos	Externos		
AR	Autopistas Regionales	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	
TS	Troncales Suburbanas	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	1.8 - 2.5	1.2 - 2.0
TR	Troncales Rurales	-	Alto	0.5 - 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 - 1.5
CS	Colectoras Suburbanas	-	Intermedio	0.5*	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2
CR	Colectoras Rurales	-	Intermedio	-	1.2 - 1.5	1.0 - 1.2

\* Solamente con mediana

Fuente: SIECA 1994.

### 3.3. Tecnología del proyecto.

Este análisis se refiere al conjunto de procedimientos y medios que el proyecto utilizará para la producción del bien o servicio para el cual se concibe. Por lo tanto, en el análisis de la tecnología de este proyecto tendremos que considerar y escoger las diversas alternativas de esos medios, los procedimientos, los beneficios y las consecuencias de usar una u otra opción.

### **3.4. Ingeniería del proyecto.**

El estudio de la ingeniería son las inversiones que se realizan en infraestructura, instalaciones y equipamiento básico que se requiere dada la alternativa tecnológica seleccionada, siendo este un aspecto complementario al componente tecnológico, es por ello que la ingeniería del proyecto considera que el análisis o estudio técnico contribuirá a proporcionar en mayor detalle la información sobre los costos de inversión y operación, por consiguiente brindará más elementos de juicio a la hora de analizar alternativas tecnológicas, las que a su vez plantean alternativas financieras y económicas.

#### **3.4.1. Estudios previos al proyecto.**

Generalmente el proyecto de una carretera o tramo de vía, comienza con un estudio de viabilidad del proyecto, justificando la necesidad de la construcción de esa vía mediante un análisis de la demanda existente o la necesidad de mejorar o descongestionar un determinado tramo. En función de estas exigencias fundamentalmente cuantitativas y en ocasiones cualitativas se decide la elección de un tipo u otro de vía: autopista, autovía o carretera convencional, pudiendo ser de ámbito nacional, regional, local, vecinal etc. Una vez el proyecto ha sido declarado viable se procede a la realización de diferentes tipos de estudios previos a la redacción del proyecto definitivo y cuyo principal objetivo es la planificación general de la obra.

Una vez ejecutados los estudios socioeconómicos, y sabiendo que el proyecto es rentable, se procede a la realización de los estudios técnicos previos al diseño de la carretera. Estos estudios tienen la finalidad de aportar la información técnica necesaria, para que desde el punto de vista geométrico facilitar el proceso constructivo de la carretera y su óptimo funcionamiento.

Es necesario realizar un primer reconocimiento en el terreno con el apoyo de fotografías aéreas o con cartas topográficas de la región. En este reconocimiento, se tomará nota de los detalles más relevantes del terreno, mismos que deberán considerarse en el proyecto. En este primer reconocimiento, se practicarán así mismo los estudios geológicos y los topográficos, de los cuales hablaremos en seguida:

#### **3.4.1.1. Estudios informativos.**

Los estudios previos e informativos, son los que permiten realizar una evaluación económica preliminar, comprobar la viabilidad técnica y también generan las discusiones a posibles soluciones a los problemas estructurales que se presenten,

Analizándose de esta manera los siguientes aspectos:

- ❖ Geología de la zona.
- ❖ Características geotécnicas generales.
- ❖ Estudio de materiales.

#### **3.4.1.2. Estudios topográficos.**

En este estudio se efectuó el trazado y levantamiento del eje central de la calle en estudio, localizándose cada una de las siguientes infraestructuras existentes como: límites de viviendas y predios baldíos.

Se establecieron BM auxiliares para un control en la nivelación y el alineamiento de la obra del proyecto, quedando bien referenciados en la infraestructura existente. Siendo el objetivo final de un estudio topográfico el poder determinar el perfil longitudinal, secciones transversales y típicas del terreno, y por ende, saber con exactitud las magnitudes de cortes y rellenos necesarios en la obra.

En el análisis de los resultados, para determinar los volúmenes de material a excavar se procedió a no colocar las lecturas intermedias de cada estación, ya que sus lecturas variaban con un desnivel promedio de 0.10 m, a cada lado con una pendiente del 3%, este dato es aceptado ya que el tramo en estudio ha sido sometido a una rehabilitación mediante el procesamiento de dos materiales.

En la siguiente Cuadro se muestra el resumen del levantamiento topográfico:

Figura No.13 y 14: Resumen del levantamiento topográfico. "Plano"

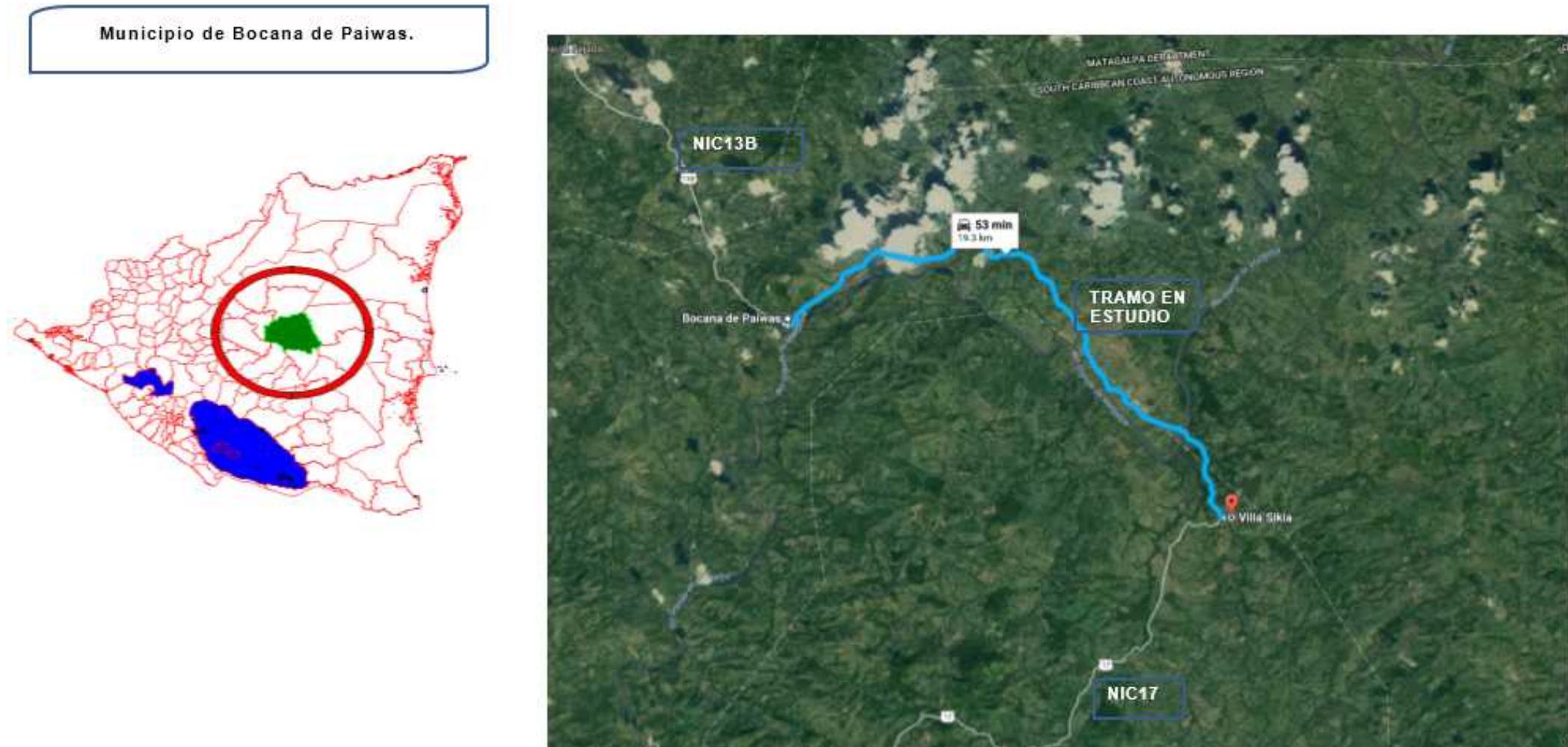
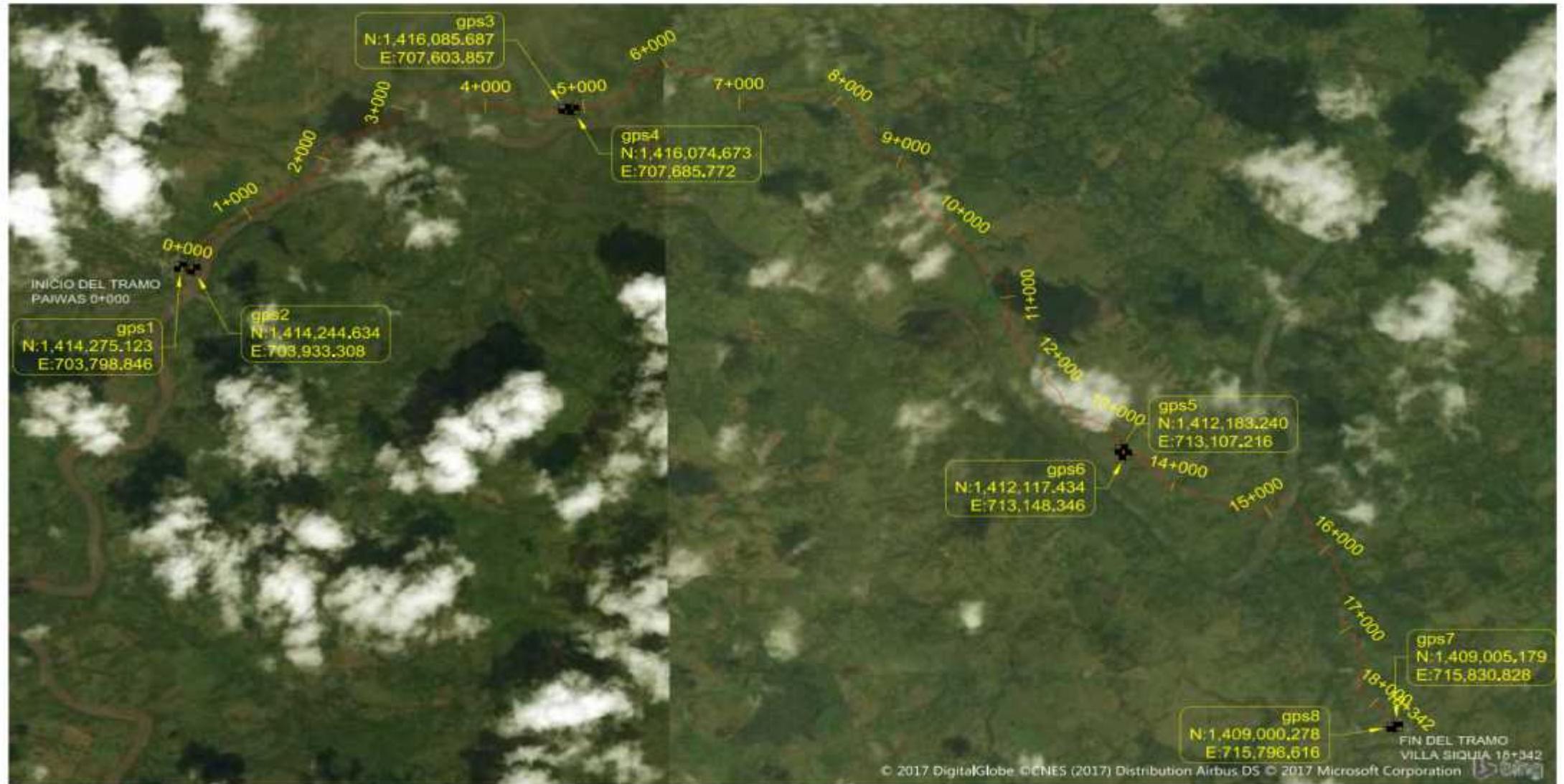


Figura No.15 Mapa de ubicación de GPS del tramo "Plano"



Fuente: Propia.



### **3.4.1.3. Estudios de suelos.**

Existe una amplia variación en las características de los diferentes suelos y las propiedades mecánicas de cada suelo individual, es decir, se ven afectados por su contenido de humedad y su densidad. Un número de pruebas físicas han sido desarrolladas para medir las condiciones mecánicas de los suelos, describiéndose brevemente a continuación las más comunes de ellas.

#### **3.4.1.3.1. Granulometría.**

Los ensayos de granulometría tienen por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño. La distribución de las partículas con tamaño superior a 0.075 mm se determina mediante tamizado con una serie de mallas normalizadas.

Para partículas menores que 0.075 mm, su tamaño se determina observando la velocidad de sedimentación de las partículas en una suspensión de densidad y viscosidad conocidas. El análisis granulométrico es necesario para la identificación de un suelo y permite establecer una clasificación primaria dentro de unos grupos amplios, con propiedades generales análogas. En la denominación de un suelo intervienen en primer lugar el nombre de la fracción predominante, según el tamaño de las partículas gruesas o las propiedades físicas de las partículas finas, (Ver anexo Clasificación de la AASHTO, pág. II).

A continuación, se presentan los Cuadros de datos de la granulometría del suelo en estudio, realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Cuadro No. 23: Granulometría.

**Granulometría Gruesa.**

Diámetro	Material
1 1/2"	0
1"	359.99
3/4"	240
3/8"	599.99
4	450
< 4	1350.02
Suma	3000

**Granulometría Fina.**

Diámetro	Material
Mb =	300 gr
#10	46.25
#20	40.40
#40	43.75
#60	31.05
#100	38.31
#200	28.61
< 200	71.63
Suma	300

Cuadro No. 24: Resultados Granulométricos

Diámetro	Material Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado Parcial
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	359.99	12.00	12.00	88.00
3/4"	240.00	8.00	20.00	80.00
3/8"	599.99	20.00	40.00	60.00
4	450.00	15.00	55.00	45.00
< 4	1350.02	45.00		
Suma	3000.00			
Mb = 300 gr				
#10	46.25	15.42	6.94	61.94
#20	40.40	13.47	6.06	68.00
#40	43.75	14.58	6.56	74.56
#60	31.05	10.35	4.66	79.22
#100	38.31	12.77	5.75	84.96
#200	28.61	9.54	4.29	89.26
< 200	71.63	23.88	10.74	100.00
Suma	300.00	solo para	para la	
		para	muestra	

Fuente: Propia.

Cuadro No.25: Límite líquido.

<b>Sondeo N°:</b>	<b>Muestra N°:</b>				
Ensaye N°.		1	2	3	4
Tara N°.		1	2	3	4
N°. de golpes		30	27	22	17
Peso de tara		15.18	15.17	15.22	15.19
Wmh + Wtara (gr)		45.05	44.38	42.65	44.95
Wms + Wtara (gr)		32.25	33.68	30.01	34.01
Peso de agua		12.80	10.70	12.64	10.94
Wms		19.45	22.98	17.37	23.07
% de humedad		65.81	46.56	72.77	47.42
<b>Límite Líquido</b>		<b>58.14</b>			

Fuente: Propia.

Cuadro No. 26: Límite plástico.

<b>Ensaye N°.</b>	1	2
Wmh + Wtara	40.25	39.95
Wms +Wtara	34.38	35.12
Wtara	15.01	15.12
%humedad	30.30	24.15
Variación de humedad	6.15	
<b>Límite Plástico</b>	<b>27.23</b>	
<b>Índice Plástico</b>	<b>30.91</b>	

Fuente: Propia.

Cuadro No. 27: Índice de grupo.

<b>IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd</b>	
a =	0.00
b =	0.00
c =	0.00
d =	20.00
Índice De Grupo	0

Fuente: Propia.

Cuadro No. 28: Resumen de resultados del estudio de suelo.

<b>RESUMEN DE RESULTADOS</b>	
<b>Límite Líquido</b>	58.14
<b>Índice Plástico</b>	30.91
<b>Índice De Grupo</b>	0

Fuente: Propia.

Cuadro No. 29. Resultados de suelo por la AASHTO.

<p style="text-align: center;"><b>CLASIFICACIÓN DEL SUELO POR EL MÉTODO DE LA ASHTO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>A - 2 - 5</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Grava y arena limos arcillosos.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Excelente a bueno.</b></p>
--

Fuente: AASHTO.

#### **3.4.1.3.2. Límites de Atterberg o de consistencia.**

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua.

Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo, al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido.

El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, acepte deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad, se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. Al agregársele el agua en porcentaje, se pueda dar la transición de estado sólido a semisólido, se define como el Límite de Contracción.

El contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a plástico es el Límite Plástico, y de estado plástico a líquido es el Límite Líquido. Estos límites se conocen también como Límites de Atterberg.

#### **3.4.1.3.3. Ensayos de compactación.**

La compactación es la densificación del suelo por remoción de aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco. Cuando se agrega agua al suelo durante la compactación, esta actúa como un agente ablandador de las partículas del suelo, que hace que se deslicen entre sí y se muevan a una posición de empaque más densa. El peso específico seco después de la compactación se incrementa primero conforme aumenta el contenido de agua.

Más allá de un cierto contenido de agua, cualquier incremento en el contenido de esta, tiende a reducir el peso específico seco, debido a que el agua toma los espacios que podrían haber sido ocupados por las partículas sólidas.

El contenido de agua bajo el cual se alcanza el máximo peso específico seco se llama contenido de agua óptimo.

Si se dibuja un gráfico con las humedades como abscisas y los pesos específicos secos como ordenadas, se identificará que hay una determinada humedad, llamada humedad óptima, para la cual el peso específico seco es máximo, para el

método particular de compactación que se haya usado. En un suelo determinado, cuanto mayor es el peso específico seco, menor es la relación de vacíos, cualquiera sea la humedad; así pues, el peso específico seco máximo es justamente otra manera de expresar la relación de vacíos mínima o la porosidad mínima.

Para una humedad determinada, la compactación perfecta eliminaría todo el aire del suelo y produciría saturación. Si los pesos específicos secos correspondientes a la saturación con diferentes humedades, va a resultar en una curva que cae completamente sobre la primera;

Esta curva se conoce con el nombre de curva de saturación total y representa los pesos específicos teóricos que se obtienen por una compactación perfecta con diferentes humedades.

Para las pruebas de compactación se han establecido un número de normas arbitrarias para determinar las humedades óptimas y los pesos específicos máximos, que representan las diferentes energías de compactación, tal como se aplican con el equipo mecánico empleado en la construcción con suelo. La prueba de laboratorio usada generalmente para obtener el peso específico seco máximo de compactación y el contenido de agua óptimo es la prueba Proctor de compactación, ya sea esta la Proctor Estándar (ASTM 0-698, AASHTO T-99 British Standard 1377); o la Proctor Modificada (ASTM 0-1557, AASHTO modificada).

#### **3.4.1.3.4. Ensayo C.B.R (California Bering Ratio).**

El ensayo se debe a Porter (1928) y fue puesto a punto en la división de carreteras del Estado de California para el dimensionamiento de paquetes estructurales flexibles.

El ensayo de C.B.R. mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como "Relación de soporte" y esta normado con la sigla ASTM-D. Es un ensayo de penetración o punzonamiento, midiéndose adicionalmente el eventual hinchamiento del suelo al sumergirlo durante 4 días en agua.

Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub-bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%.

Este ensayo puede realizarse tanto en el laboratorio como en el terreno, aunque este último no es muy practicado.

El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en  $\text{Kg/cm}^2$  (libras por pulgadas cuadrada (psi)), necesarios para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.40 centímetros cuadrados), dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasante bajo el pavimento de carreteras y aeropistas.

El informe final del ensayo deberá incluir además del CBR determinado, la curva de presión-penetración, la humedad, peso específico y densidad natural del suelo ensayado, antecedentes que pueden obtenerse del suelo inmediatamente vecino al que afectó el ensayo del CBR.



### 3.4.1.3.5. Bancos de Préstamo.

A continuación, se presenta la Cuadro del banco de material selecto adecuado y cercano al sitio del proyecto:

Cuadro No. 30: Bancos de Materiales

Nombre del Banco de Materiales	Tipo de Tendencia (Pública o Privada)	Nombre del dueño	Está en Explotación (Si o No)	Coordenadas WGS-84	Cata o PCA No	Muestra No	Profundidad (m)		Descripción
							De	A	
FINCA LA ZOILA	Privado	José Luis López Machado	NO	X=704459	1	1	0	0.5m	Limo gravoso de alta compresibilidad con materia organica, color cafe claro.
				Y= 1414966		2	0.5	3.00m	Grava limosa, color marron.
				X=704483	2	1	0	0.50m	Limo gravoso de alta compresibilidad con materia organica, color cafe claro.
				Y= 1414941		2	0.5	3.00m	Grava limosa, color marron.
				X=704450	3	1	0	0.50m	Grava pobremente graduada con limo y arena y materia organica, color cafe oscuro.
				Y=1414918		2	0.5	3.00m	Grava limosa, color café claro.

Fuente: Propia

Cuadro No. 31: Bancos de Materiales

Nombre del Banco de Materiales	Tipo de Tendencia (Pública o Privada)	Nombre del dueño	Está en Explotación (Si o No)	Coordenadas WGS-84	Cata o PCA No	Muestra No	Profundidad (m)		Descripción
							De	A	
URCINIA OROZCO	Privado	Urcinia Orozco Vargas	SI	X=709455	1	1	0	1.2	Limo gravoso de alta compresibilidad, color cafe.
				Y=1416185		2	1.2	3	Arcilla de alta plasticidad color rojizo con pintas negras, conglomerado
				X=709450	2	1	0	0.9	Grava arcillosa con materia organica, color rojizo.
				Y=1416227		2	0.9	3	Grava pobremente graduada con arcilla y arena, color cafe claro.
				X=709508	3	1	0	1	Limo arenoso de alta compresibilidad con materia orgánica, color gris oscuro.
				Y=1416215		2	1	3	Grava limosa, color gris oscuro conglomerado.

Fuente: Propia.

#### **3.4.1.4. Estudio de tránsito.**

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el objetivo de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial.

Al proyectar una calle o carretera, la selección del tipo de vía, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición.

El error que se cometa, ocasionará que la calle o carretera funcione:

Correctamente, con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los cuales se proyectó.

Incorrectamente, con problemas de congestionamiento por volúmenes de tránsito altos, es decir, muy superiores a los proyectados.

Al realizar un estudio de tránsito deben efectuarse dos cosas, principalmente:

- ✓ Caracterización del transporte, incluyendo un análisis de los costos de operación de vehículos, los que deberán ser calculados tomando en cuenta las características de los ejes viales.
- ✓ Proyección del tráfico de pasajeros y comercial.

### **3.4.1.4.1. Características generales del transporte de vehículos.**

#### **3.4.1.4.1.1. Tipos de vehículos.**

En los conteos se trata de contabilizar los diferentes tipos de vehículos para obtener su número ESAL'S. Para su estudio se hará la siguiente clasificación:

- |              |             |
|--------------|-------------|
| ⇒ Automóvil. | ⇒ Moto.     |
| ⇒ Bus.       | ⇒ Microbús. |
| ⇒ Camioneta. | ⇒ Camión.   |

#### **3.4.1.4.1.2. Aforo del proyecto.**

Trabajo de campo. Conteos de tráfico y encuestas O/D

En el tramo en estudio se establecieron 3 puntos específicos para realizar los levantamientos de información en campo. Como se detalla a continuación:

Estación 0+300 Después del Poblado Bocana de Paiwas, sobre el tramo.

Estación 18+344 Poblado de Villa Siquia, sobre el tramo.

KM 205 Empalme Wanawana – Rio Blanco, fuera del tramo, para potencial tráfico atraído.



) Punto No. 3: Km 205 Empalme Wanawana- Rio Blanco NIC-21B (ECD)  
(tráfico atraído)

- ✓ Se realizaron conteos de tráfico fuera del tramo en estudio con el fin de cuantificar potencial tráfico que pudiera atraer el mejoramiento de camino Bocana de Paiwas – Villa Siquia hacia el tramo, como consecuencia de ahorros en los costos de operación vehicular, menores distancias y tiempos de viaje.
- ✓ Se realizaron encuestas de OD con el objetivo de conocer los principales orígenes y destinos de los usuarios que hacen uso de la vía, asimismo los motivos y deseos de viaje. Se incluye en el análisis todos los potenciales flujos que debido a las condiciones actuales del tramo se movilizan en caminos alternos provenientes de la Nic-21B y la Nic-13B.

Para cumplir con los objetivos establecidos, se realizaron los siguientes estudios:

- ) Conteos volumétricos de Tráfico.
- ) Encuestas de Origen y Destino.
- ) Tiempos de recorridos y demoras.
- ) Conteos peatonales transversales y paralelos a la vía.
- ) Levantamiento de sube y baja de pasajeros.

Los conteos volumétricos y encuestas OD se realizaron en un periodo de 12 horas de (6.00-18.00) por 7 días consecutivos, del 17 al 23 de septiembre de 2017.

Los formatos utilizados en campo para conteo vehicular incluyeron la tipología vehicular aprobada por el MTI (Anuario de Tráfico 2016). Todos los formatos de campo fueron presentados ante el MTI para su aprobación.

Formatos de Levantamiento de Campo a Utilizar.

1. Formatos de conteos Volumétricos de Tráfico.
2. Formato de Encuestas de Origen y Destino.
3. Formatos de Demoras y Velocidades de Recorrido vehicular.
4. Formato de Estudio de Sube y Baja.

Cuadro No. 32: Aforo del proyecto Tránsito Diurno del año 2014.

HORA		VEHÍCULOS DE PASAJEROS						VEHÍCULOS DE CARGA		OTROS	TOT VEH/ HR
DE	A	MOTO	AUTO	JEEP	CMTA	MINIBUS (15-30 pas)	BUS	C2 Liv	C2		
6:00 am a 7:00 am		11.00	0.00	1.00	5.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	23.00
7:00 am a 8:00 am		8.00	0.00	2.00	3.00	0.00	6.00	0.00	0.00	6.00	25.00
8:00 am a 9:00 am		12.00	0.00	1.00	14.00	0.00	0.00	6.00	0.00	5.00	38.00
9:00 am a 10:00 am		11.00	0.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	25.00
10:00 am a 11:00 am		8.00	0.00	1.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	34.00
11:00 am a 12:00 m		6.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	1.00	8.00	24.00
Total 06.00am - 12:00m:		56.0000	0.0000	5.0000	50.0000	0.0000	6.0000	6.0000	5.0000	41.0000	169.0000
%		33.1361	0.0000	2.9586	29.5858	0.0000	3.5503	3.5503	2.9586	24.2604	100.0000
12:00m a 1:00 pm		7.00	0.00	2.00	7.00	0.00	0.00	1.00	0.00	13.00	30.00
1:00 p m a 2:00 pm		7.00	0.00	1.00	8.00	0.00	0.00	2.00	0.00	20.00	38.00
2:00 pm a 3:00 pm		17.00	1.00	4.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	43.00
3:00 pm a 4:00 pm		13.00	1.00	3.00	8.00	2.00	6.00	1.00	0.00	15.00	49.00
4:00 pm a 5:00 pm		13.00	0.00	1.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00	50.00
5:00 pm a 6:00 pm		10.00	0.00	0.00	10.00	0.00	1.00	0.00	0.00	5.00	26.00
Total 12:00m - 6:00pm:		67.0000	2.0000	11.0000	57.0000	2.0000	7.0000	4.0000	0.0000	86.0000	236.0000
%		28.3898	0.8475	4.6610	24.1525	0.8475	2.9661	1.6949	0.0000	36.4407	100.0000
TOT X VEH/DÍA:		123.00	2.00	16.00	107.00	2.00	13.00	10.00	5.00	127.00	405.00
% / TIPO VEH DÍA:		30.3704	0.4938	3.9506	26.4198	0.4938	3.2099	2.4691	1.2346	31.3580	100.00

Fuente: Propia.

### 3.4.1.4.2. Tránsito promedio diario anual.

#### 3.4.1.4.2.1. Determinación del TPDA.

Tráfico Promedio Diario de 12 horas (TPD 12 h):

De la información de campo se obtienen los volúmenes de tráfico existente de 12 horas, por tipología vehicular.

Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS):

En campo se realizaron conteos de tráfico por 7 días consecutivos para determinar el Tráfico Promedio Semanal. Por tanto, no es necesario aplicar el factor semana o fin de semana, al tener datos de todos los días de la semana.

Tráfico Promedio Diario de 24 Horas (TPD 24 h):

A los TPD 12 h semanal se les aplica el Factor Día por tipo de vehículo y se obtiene el TPD de 24 horas, y por ende el TPDS.

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA):

Una vez calculado el TPDS se procede a aplicarle el factor expansión del TPDA por tipo de vehículo para calcular el TPDA.

Tránsito Promedio Diario Semanal.

$$T = \frac{I}{7} E .3$$

Dado que el flujo vehicular se realizó en una muestra de un período de una semana se requirió estimar el comportamiento anual del tránsito, para obtener el TPDA, es necesario usar factores de ajustes diarios y de temporada que permitan expandir el volumen de las calles en estudio, los cuales (factores de ajuste) son brindados según el Anuario de Aforo Según datos del MTI, y tomando como referencia la estación permanente “1802”.



Figura No. 17. Factores de Ajustes.



**MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA**  
**DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION**  
**DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL**  
**OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAGAMIENTOS**



**ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1802**  
**SAN MARCOS - MASATEPE**  
**FACTORES - 2016**

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camionetas	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 p.	LP	CS	Tx Sec-4	Tx Sec-5	Cx Remolc	Cx Rem-5	V.A	V.C	Diriv
Factor Día	1.06	1.40	1.13	1.33	1.31	1.32	1.34	1.31	1.33	1.23	1.00	1.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.43
Factor Semana	1.00	1.11	1.11	1.03	0.99	0.95	0.94	0.95	0.88	0.88	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
Factor Fin de Semana	1.01	0.80	0.80	0.93	1.04	1.03	1.17	1.24	1.54	1.55	1.00	1.45	1.00	1.14	1.00	1.00	1.67
Factor Expansión TPDA	1.01	0.91	0.99	0.95	0.98	0.95	0.97	0.91	0.87	0.95	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camionetas	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 p.	LP	CS	Tx Sec-4	Tx Sec-5	Cx Remolc	Cx Rem-5	V.A	V.C	Diriv
Factor Día	1.06	1.40	1.17	1.32	1.33	1.20	1.29	1.29	1.22	1.20	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.31
Factor Semana	0.96	1.04	1.02	1.01	0.94	0.95	0.92	0.95	0.88	0.88	1.00	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03
Factor Fin de Semana	1.13	0.90	0.96	0.98	1.17	1.13	1.35	1.27	1.68	1.51	1.00	1.64	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93
Factor Expansión TPDA	1.02	1.05	0.97	0.96	0.97	1.00	0.98	0.95	1.11	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camionetas	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 p.	LP	CS	Tx Sec-4	Tx Sec-5	Cx Remolc	Cx Rem-5	V.A	V.C	Diriv
Factor Día	1.07	1.43	1.32	1.33	1.52	1.01	1.25	1.24	1.19	1.33	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.33
Factor Semana	1.00	1.03	1.11	1.03	0.97	0.99	0.92	0.90	0.87	0.88	1.00	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06
Factor Fin de Semana	1.00	0.83	0.81	0.94	1.00	1.03	1.19	1.37	1.60	1.43	1.00	1.61	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96
Factor Expansión TPDA	0.97	1.03	1.22	1.00	1.00	1.01	1.07	1.16	1.57	1.14	1.00	1.51	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83

Fuente: MTI 2016.

### 3.4.1.4.2.2. TPDA aplicando los factores de ajuste.

A continuación, se presenta la Cuadro de Tránsito Promedio Aplicando los Factores de Ajuste Estación de Referencia de Punto de Control para Aforo Vehicular Estación 1802 SAN MARCOS - MASATEPE.

Cuadro No. 33: Tránsito promedio diario anual con factores de ajustes.

Día	Motos	Autos	Camioneta	Mcbus	Bus	Camión C3	TOTAL
TP Diurno	1529	2054	822	28	13	156	4603
Factor Diario	1.32	1.38	1.31	1.33	1.23	1.33	
Factor Expansión	0.96	0.94	0.91	0.84	0.99	0.94	
TPDA Vpd	1938	2665	980	31	16	195	5825
% TPDA (Vpd)	33.27%	45.75%	16.83%	0.53%	0.27%	3.35%	100.00%
% Vehículo liviano	96.39%		% Vehículo pesado			3.61%	

Fuente: Propia.

Figura No. 18 Clasificación Vehicular. “Diagrama”



Fuente: Propia.

#### 3.4.1.4.3. Período de Diseño.

Para determinar el tránsito de diseño, se tomaron en cuenta diversos cálculos, factores incidentes y criterios estadísticos.

Para el tramo en estudio la clasificación es una **Colectora Rural**, el período mínimo es de 10 años y el máximo de 20, se consideró que la construcción de la carretera se hará de manera integral en un periodo de análisis de 15 años.

A continuación, se presenta la Cuadro de AASHTO-93, para el periodo de diseño de los pavimentos según el tipo de carretera:

Cuadro No. 34: Período de diseño de los pavimentos.

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Autopista Regional	20-40 años
Troncales Suburbanas	15-30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10-20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: AASHTO-93.

### 3.4.1.4.3.1. Proyección del tránsito promedio diario anual vehicular.

#### Proyecciones futuras.

Para la determinación de las proyecciones futuras utilizaremos el Método de tasa geométrica:

$$r = \sqrt[n]{\frac{T^{t+n}}{T^t}} - 1 \quad T^{t+n} = T^t * (1 + r)^n \quad E .4$$

Dónde:

r = tasas de crecimiento aritmético.

$T^{t+n}$  = Tránsito al momento actual.

$T^t$  = Tránsito al momento base o tránsito inicial.

a = amplitud de la población o distancia entre las dos poblaciones de referencia.

n = número de años.

$$r = \sqrt[10]{\frac{5}{3}} - 1 = 0.0540 \quad T^2 = 5825 * (1 + 0.0540)^1 = 6140 \quad Ec.5$$

Con una tasa de crecimiento de 3.068%, aproximadamente con datos obtenidos de años anteriores, se proyecta el crecimiento del tráfico vehicular en la zona de estudio.

Usando la fórmula aritmética se calculó la proyección del tránsito futuro, en la siguiente Cuadro se muestran los resultados que se obtuvieron de la proyección del tránsito a 15 años.

A continuación, Cuadro de proyección del tránsito:

Cuadro No. 35.: Proyección del TPDA (15 años).

Año	Factor de Proyección	Proyección
2014	1.000	5825
2015	1.054	6140
2016	1.111	6471
2017	1.171	6821
2018	1.235	7189
2019	1.301	7578
2020	1.372	7987
2021	1.446	8419
2022	1.542	8873
2023	1.606	9353
2024	1.693	9858
2025	1.784	10390
2026	1.881	10952
2027	1.982	11543
2028	2.089	12167
2029	2.202	12824
2030	2.321	13517

Fuente: Propia.

Se procesaron los datos de campo del aforo vehicular para estimar el TD, este dato es de suma importancia al momento de realizar la estimación de la cantidad de ejes equivalentes de 8.20 ton. Posteriormente por medio de otro tipo de análisis donde se toma en cuenta los ejes ESAL'S se proponen los espesores de la estructura de pavimento convenientes.

#### **3.4.1.4.4. Proyección del Tráfico de Diseño.**

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo vehicular, se procederá a calcular, **Tránsito de Diseño (TD)**, que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TD = TPD * FC * FD * f'c.$$

Dónde:

TD: Tránsito de Diseño.

TPD: Tránsito Promedio Diario.

FC: Factor de Crecimiento.

FD: Factor de Distribución.

f'c: Factor Carril.

El objetivo principal es la cuantificación de los volúmenes de tráfico; normal, desarrollado y total del proyecto, cuantificar el **Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)**, para el año base y proyectarlo para la vida útil del Proyecto, a partir de las estadísticas del S.I.C. (Sistema Internacional de Conteo) del MTI. Cuantificar el tráfico total de la carretera y su composición.

La determinación de los Volúmenes de Tráfico; a partir del año base (2015) y de inicio de operación de la vía (2016), hasta el año horizonte del proyecto (2030), es el principal objetivo de este estudio de tráfico.

#### 3.4.1.4.4.1. Factor Crecimiento (FC).

Se obtiene el factor de crecimiento (FC) del tránsito por medio de la siguiente formula:

$$F = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} * 365 \quad E .6$$

Dónde:

i= tasa de crecimiento= 3.068%, definida en el acápite anterior.

n= periodo de diseño= 15 años.

365= días del año.

$$F = \frac{(1+0.03068)^{15} - 1}{0.03068} * 365 = 6,839. \quad E .7$$

El factor de crecimiento de tránsito será de **6,839**.

#### 3.4.1.4.4.2. 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 la siguiente Cuadro:

Cuadro No. 36: Factor de serviciabilidad.

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
$P_0 = 4.5$ para pavimentos rígidos	$P_t = 2.5$ o más para caminos principales
$P_0 = 4.2$ para pavimentos flexibles	$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

#### 3.4.1.4.4.3. Factor Carril (fc).

Se refiere al carril que recibirá el mayor número de ESAL'S para un camino de dos carriles, cualquiera puede ser el carril de diseño. **FD=1**.

A continuación, se presenta la Cuadro del factor de carril de diseño según la AASHTO.

Cuadro No. 37: Factores de tráfico en el carril de diseño.

Nº. de Carriles en una Dirección	LD
1	1.00
2	0.80-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-0.75

Fuente: AASHTO-93.

#### 3.4.1.4.4.4. Factor Distribución (FD).

Este factor se refiere a la distribución direccional del tránsito censado. En la mayoría de los casos este valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos van en una dirección y la otra mitad en la otra dirección. En este caso le asignaremos el valor de **FD = 0.5**.

La siguiente Cuadro presenta el factor de distribución según la AASHTO-93.

Cuadro No. 38: Factor distribución direccional.

Nº. de Carriles en ambas direcciones	FD
2	0.50
4	0.45
36 o más	0.40

Fuente: AASHTO-93.

#### 3.4.1.4.4.5. Tráfico de Diseño Projectado.

Las proyecciones del tráfico es un aspecto muy importante en la elaboración de un estudio de tráfico, así como en la evaluación económica de un proyecto vial. Para proceder a proyectar el tráfico normal se deben estimar las tasas de crecimiento del mismo. No obstante, la estimación de las tasas de crecimiento es un tema que conlleva cierto grado de incertidumbre, principalmente por ser la demanda de transporte un tema tan sensible a múltiples factores externos.

La generación de viajes principalmente se deriva principalmente de la demanda de bienes y servicios, siendo directamente influenciada por las actividades socioeconómicas de la zona de influencia del proyecto, así como de los datos demográficos.

El método más simple y utilizado para la estimación de las tasas de crecimiento es el de la extrapolación de la tendencia histórica registrada.

En el presente estudio se incluirán los datos históricos del TPDA de la EMC 1802, asimismo de las variables socioeconómicas: Producto Interno Bruto, Parque Vehicular y Crecimiento demográfico.

En este estudio se analizarán los potenciales tráficos que pueden incidir en el tramo, los cuales se detallan a continuación:

#### **3.4.1.4.4.6. Tráfico Normal.**

El tráfico normal o actual es el tráfico que se produce en la vía independiente de las condiciones existentes. Transita sobre el tramo tanto en la condición Sin Proyecto como en la situación Con Proyecto.

#### **3.4.1.4.4.7. Tráfico Desviado/Atraído.**

Para este tipo de tráfico puede haber dos escenarios:

Cuando se identifica una vía alterna al tramo en estudio que se vuelve más atractiva al usuario, por lo que el tráfico de la vía se reorienta o desvía hacia esa otra ruta.

O bien el mejoramiento de la vía en estudio la hace más atractiva al usuario en comparación con otra vía que utiliza actualmente, por lo que el proyecto atrae tráfico de la otra ruta.

#### **3.4.1.4.4.8. Tráfico Desarrollado.**

El tráfico desarrollado es el tráfico adicional que se producirá, por efecto de la introducción de nuevos procesos productivos, incremento de áreas y nuevas tecnologías que permita a los productores obtener incrementos de producción, lo que a su vez generaran mayor cantidad de viajes, así como otros tipos de viajes que se identifiquen durante las encuestas socioeconómicas dentro del área de influencia directa e indirecta del tramo en estudio.



#### **3.4.1.4.4.9. Tráfico Generado.**

El tráfico generado, es el tráfico adicional que aparece en el tramo como consecuencia de la reducción en los costos de operación vehicular. Está asociado principalmente a la reducción del IRI actual del camino en estudio.

La cuantificación de estos ahorros se realiza mediante la utilización del software VOC – HDM IV, versión 3.2.

#### **3.4.1.4.5. Factor de Equivalencia (FESAL).**

Se obtienen de las Cuadros del AASHTO-93 (Ver anexo Cuadro N° 1 y N° 2, pág. IV y V), para ejes sencillos y dobles conociendo la servicialidad final ( $P_t=2$ ), el número estructural asumido ( $S_N=5$ ) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips) se obtienen los factores de equivalencia. Si los pesos de los ejes no se encuentran en estas Cuadros se deben de Interpolar dichos valores.

##### **3.4.1.4.5.1. Cálculo de ESAL'S, para pavimento flexible.**

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

$$\text{ESAL ó } W_{18} = \text{TD} * \text{FESAL}.$$

Donde:

TD: Tránsito de Diseño.

FESAL: Factor de Equivalencia.

La siguiente Cuadro presenta el ejemplo de interpolación para cálculo del número Fesal.

Cuadro No. 39: Ejemplo de cálculo de interpolación FESAL.

Carga/eje (Kips)	SN (5)
4	0.002
4.4	0.0034
6	0.009

Fuente: Propia.

Para 4.4 Kips de un eje sencillo mediante Cuadro D1-D2 de AASHTO-93 con SN=5, Pt=2.

$$\text{ESAL o W18} = 3351110 * 0.0034 = 11,393.774. \quad E . 8$$

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

En base a los datos anteriormente definidos se procedió a la determinación de los Ejes equivalentes (ESAL) para cada eje y tipo de vehículos.

Este mismo cálculo se realizó para todos los tipos de vehículos, como se muestra en la siguiente Cuadro:

Cuadro No. 40: Cálculo número ESAL, para pavimento flexible.

Vehículos	Eje (Kips)	TD	FESAL	ESAL	Descripción
Autos	2.2	9112,968	0.00038	3462.92765	EJE SIMPLE
	2.2	9112,968	0.00038	3462.92765	EJE SIMPLE
Camioneta	2.2	3351110	0.00038	1273.4218	EJE SIMPLE
	4.4	3351110	0.0034	11393.774	EJE SIMPLE
Mn Bus 15-30 pas	6.6	106005	0.0156	1653.6702	EJE SIMPLE
	11	106005	0.1265	13409.56925	EJE SIMPLE
Bus	11	54712	0.1265	6921.068	EJE SIMPLE
	19.8	54712	0.105	5744.76	DOBLE
C3	11	666803	0.1265	84350.51625	EJE SIMPLE
	36.3	666803	1.4325	955194.5813	DOBLE

Fuente: Propia.

Para el diseño de la calle analizada se obtuvo un valor de:

$$\text{ESAL o W18} = 1, 086,867.22 \text{ por Carril de Diseño.}$$

#### 3.4.1.4.5.2. Cálculo de ESAL'S para pavimento rígido.

A continuación, se presenta la Cuadro con el cálculo de Esal para pavimento rígido se utilizaron la Cuadro de la AASHTO 93 para ejes simples y dobles,

(Ver anexo Cuadro N° 3 y N° 4, pág. VI y VII), con un espesor, D=6 plg, 2.5 de serviciabilidad final.)

A continuación, Cuadro de resultados de números ESAL'S:

Cuadro No. 41: Cálculo número ESAL, para pavimento rígido.

Vehículos	Eje (Kips)	TD	FESAL	ESAL	Descripción
Autos	2.2	9112,967.50	0.00048	4374.2244	EJE SIMPLE
	2.2	9112,967.50	0.00048	4374.2244	EJE SIMPLE
Camioneta	2.2	3351110	0.00048	1608.5328	EJE SIMPLE
	4.4	3351110	0.0048	16085.328	EJE SIMPLE
Mn Bus 15-30 pas	6.6	106005	0.0201	2130.69045	EJE SIMPLE
	11	106005	0.023	2438.1035	EJE SIMPLE
Bus	11	54712	0.023	1258.376	EJE SIMPLE
	19.8	54712	0.2261	12370.3832	DOBLE
C3	11	666803	0.023	15336.4575	EJE SIMPLE
	36.3	666803	2.374	1582989.135	DOBLE

Fuente: Propia

Para el diseño de la calle analizada se obtuvo un valor de:  
**ESAL o W18= 1, 642,965.46** por Carril de Diseño.

#### 3.4.1.4.6. Estructura de pavimento.

En Nicaragua no existe un método específico para el diseño de estructura de pavimento. Para el diseño de carpeta de rodamiento de adoquín, los métodos más usados son:

- ✓ Método Directo.
- ✓ Murillo López de Souza.
- ✓ Método Argentino.
- ✓ Método Británico.
- ✓ AASHTO.

El método AASHTO es el más usado y cuenta con técnicas de diseño para estructuras de pavimentos rígidos, Semirrígidos, flexibles.

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

#### **3.4.1.4.6.1. Consideraciones del diseño Murillo López de Souza.**

El método que se propone para la estructura de pavimentos de adoquín es el método Murillo López de Souza, este método involucra los estudios abordados anteriormente, está basado en la precipitación pluvial del sitio del proyecto en estudio que considera condiciones de CBR de rasantes como mínimo del 5% y para un tránsito medio de 720 vehículos comerciales por día.

En nuestro caso el tránsito de vehículos comerciales es de 211 Vpd, y la precipitación pluvial de la zona 1200 mm/año. El factor para base estabilizada es de 1.5 (Manual centroamericano para pavimentos), en este caso la base de 20 cm entre 1.5 cm es igual a 13 cm.

Cuadro No. 42: Espesor sugerido para pavimento de adoquín.

Estructura de pavimento en (cm)	Precipitación pluvial en (mm/año)		
	<=800	800 a 1500	>=1500
Adoquín	10	10	10
Capa de arena	3-5	3-5	3-5
Base	20	20	20
Sub-base	12	16	20
TOTAL	42	46	50

Fuente: Manual Centroamericano para pavimentos. Frederic Harris Nicaragua 2002.

#### 3.4.1.4.6.2. Método AASHTO.

El ESAL de diseño para pavimento flexible es de **1,086, 867.22** por carril de diseño.

#### Espesores Mínimos de Concreto Asfáltico y Base Granular.

Es importante destacar que los espesores mínimos para bases granulares en asfalto en función de los ESAL'S se indican en siguiente Cuadro:

Cuadro No. 43: Espesores Mínimos sugeridos para pavimentos flexibles.

Número de ESAL	Espesor mínimo (cm)	
	Concreto Asfáltico	Base granular
Menos de 50,000	2.5	10
50,000 – 150,000	5	10
150,000 – 500,000	6.5	10
500,000 – 2,000,000	7.5	15
2,000,000 – 7,000,000	9	15
Más de 7,000,000	10	15

Fuente: AASHTO-93.

En la siguiente Cuadro se muestra el grado de asfalto a partir de la temperatura del sitio del proyecto:

Cuadro No. 44: Grado de asfalto según temperatura.

Clima	Temperatura media anual del aire (TMAA)	Grado de asfalto
Frio	Menor o igual a 7 °C	AC-5, AC-10
Templado	Entre 7 °C y 24 °C	AC-10, AC-20
Cálido	Mayor de 24 °C	AC-20, AC-40

Fuente: Instituto de asfalto (MS-1) 1991.

### Esesores pavimentos flexibles.

Los métodos empleados, AASHTO e Instituto del Asfalto para el caso de pavimentos flexibles.

En la siguiente Cuadro se muestra los valores de esesores estándar para pavimento flexible:

Cuadro No. 45: Esesores estándar sugeridos para pavimentos flexibles.

Pavimento Flexible	Esesor de capa en (cm)		
	Sub-Base	Base	Carpeta
ESAL			
Menos de 1,000,000	30	20	11
1,000,000 - 10,000,000	30	22	18
Más de 10,000,000	30	25	25

Fuente: Pavimento de asfalto IMCYC.

### 3.4.1.4.6.3. Esesores pavimentos rígidos estándar.

Los métodos empleados, AASHTO, Instituto del Asfalto para el caso de pavimentos flexibles.

Los métodos empleados, AASHTO y PCA para pavimentos rígidos.

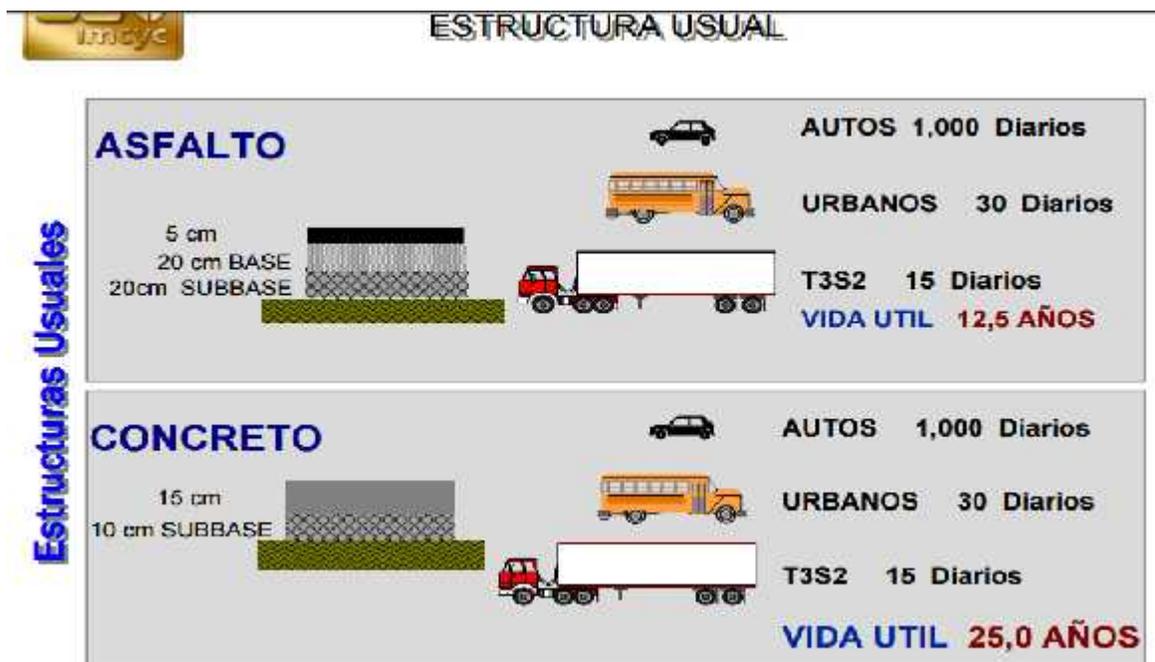
En la siguiente Cuadro se muestra los valores de esesores estándar para pavimento rígido:

Cuadro No. 46: Espesores estándar sugeridos para pavimentos rígidos.

Pavimento Rígido	Espesor de capa en (cm)		
	Sub-Base	Base	Carpeta
ESAL			
Menos de 1,000,000	30	12	16
1,000,000 - 10,000,000	30	12	25
Más de 10,000,000	30	12	30

Fuente: Pavimento de concreto hidráulico IMCYC.

Figura No. 2013 Estructura usual de pavimentos.



Fuente: Pavimento de concreto hidráulico IMCYC.

### 3.4.2. Definición del producto y características.

Los pavimentos son estructuras compuestas por capas de diferentes materiales, que se construyen sobre el terreno natural, para que personas, animales o vehículos puedan transitar sobre ellos, en cualquier época del año de manera segura, cómoda y económica.

Estos materiales de las capas se escogen según su costo y disponibilidad, y mientras más superficiales estén, mejores deberán ser. A la capa de la superficie se le denomina capa de rodamiento y es la capa que está en contacto directo con el tránsito. A las capas inferiores se les llama base y sub-base. Al terreno natural o suelo se le conoce como subrasante y es el encargado de soportar el pavimento.

A los pavimentos se les denomina de acuerdo con su comportamiento y según el material de su capa de rodamiento, de la siguiente manera:

#### **3.4.2.1. Pavimentos de concreto.**

Están formados por losas de hormigón, separados por juntas y colocadas sobre una base. Las losas tendrán 15 cm de espesor y la base tendrá 13 cm estabilizada con cemento. Estas estructuras, son también conocidas como pavimentos rígidos y son de color gris claro.

#### **3.4.2.2. Pavimentos de asfalto.**

Su superficie o capa de rodamiento es de hormigón asfáltico, sin juntas. Esta capa tendrá 7.5 cm de espesor. Su base tendrá un espesor de 13 cm de base estabilizada con cemento, puede tener adicionalmente una sub-base. Se les conoce como pavimentos flexibles y son de color oscuro o negro.

#### **3.4.2.3. Pavimentos de concreto de hormigón.**

Su capa de rodamiento estará conformada por adoquines de hormigón, colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. De la misma manera que los pavimentos de concreto hidráulico tendrá una base de 15 cm de espesor estabilizada con cemento. También se consideran como pavimentos flexibles y son de color gris claro de hormigón.

Las características de los pavimentos de adoquines se basan en los siguientes aspectos:



- ✓ Su capa de rodamiento, está elaborada con adoquines de hormigón; es decir, piezas prefabricadas que se pueden producir tanto en equipos sencillos y pequeños, como tecnificados y grandes, por parte de productores comerciales, grupos comunitarios o administraciones municipales, sin importar la escala o localización del proyecto.
- ✓ Como los adoquines no van pegados, sino unidos por compactación, y como pueden durar hasta 20 años, al reparar el pavimento se pueden reutilizar, por lo cual son muy económicos para poblaciones o barrios.
- ✓ Esta alternativa permite desarrollar un programa de adoquinado por etapas, a medida que se va disponiendo de recursos económicos.
- ✓ Debido a que los adoquines se producen en moldes, se les puede dar distintas formas para que sean decorativos, utilizándose de esa manera en zonas de tránsito peatonal hasta en las de tránsito pesado e inclusive para fines decorativos.

### **3.4.3. Diseño y descripción del proceso constructivo.**

El área del proyecto a adoquinar en el municipio de Bocana de Paiwas (RACCS) es la calle principal oeste que atraviesa las comunidades y caseríos contabilizando de esta manera aproximadamente 112,000 m<sup>2</sup> de adoquinado. También se contempla dentro del proyecto la señalización vial, construcción de andenes y cunetas.

#### **3.4.3.1. Diseño de pavimentos de adoquín.**

El pavimento de adoquines de hormigón está compuesto, casi siempre, por dos capas: la capa de rodamiento y la base. Ambas son importantes, porque los adoquines sin base terminan por hundirse y la base sin los adoquines se deteriora muy rápido y no tiene la resistencia suficiente.

La determinación de los espesores de estas capas y de sus materiales se conoce como Diseño de Pavimentos de Adoquines, y es el único proceso que permite construir un pavimento adecuado para las necesidades y condiciones que se tenga.

#### **3.4.3.1.1. Las capas.**

Los espesores de capas dependen del tránsito que va a soportar el pavimento apoyados de la dureza del suelo y de los materiales con que se van a construir estas capas y deben tener la suficiente calidad para que el pavimento soporte la carga del tránsito, durante un tiempo determinado, sin deformarse, ni deteriorarse.

- ❖ Capa de adoquines: Los adoquines tienen un espesor de 10 cm para todo tráfico peatonal, animal o vehicular corriente.
- ❖ Capa de arena: Esta capa se construye de 5 cm de espesor, con arena suelta, gruesa y limpia, la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.
- ❖ Base: El espesor de la base depende del material con que se construya, del tránsito y de la calidad del suelo. En las Cuadros se anteriores se sugirieron los espesores de base según la categoría del suelo, el tipo de tránsito y el material disponible.

#### **3.4.3.1.2. El suelo.**

Para poder considerar el suelo en el diseño, se clasifica en tres categorías de acuerdo a su dureza y estabilidad ante la humedad.

##### **3.4.3.1.2.1. Suelo categoría 1 (S1).**

Es de mala calidad, es decir cuando este húmedo se deforma con el paso de unos pocos vehículos pesados y se hace muy difícil la circulación sobre él.

##### **3.4.3.1.2.2. Suelo categoría 2 (S2).**

Es de calidad intermedia; por lo cual, cuando está húmedo, permite el paso de los vehículos pesados con poca deformación.

**3.4.3.1.2.3. Suelo categoría 3 (S3).**

Es de buena calidad y, aun cuando está húmedo, permite el paso de vehículos pesados sin deformarse.

**3.4.3.1.2.4. Resumen de espesores según carpeta de rodamiento:**

Adoquín (cm): Carpeta = 10, Base estabilizada con cemento = 13, Sub-base 30.

Asfalto (cm): Carpeta = 7.5, Base granular = 15, Sub-base 30.

Concreto hidráulico (cm): Carpeta = 15, Base estabilizada = 13.

3.4.3.2. Cuadro No. 47: Plan de ejecución de obras.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
<b>PROGRAMA DE EJECUCION FISICA PROYECTO BOCANA DE PAIWAS-VILLA SIQUIA</b>	<b>660 días</b>	<b>mar 01/01/19</b>	<b>mié 21/10/20</b>
<b>PRELIMINARES</b>	<b>165 días</b>	<b>mar 01/01/19</b>	<b>vie 14/06/19</b>
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	<b>340 días</b>	<b>sáb 26/01/19</b>	<b>mar 31/12/19</b>
<b>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>	<b>480 días</b>	<b>sáb 06/04/19</b>	<b>mar 28/07/20</b>
<b>ESTRUCTURA DRENAJE MENOR</b>	<b>495 días</b>	<b>vie 15/02/19</b>	<b>mar 23/06/20</b>
<b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE MAYOR - PUENTES Y CAJAS</b>	<b>280 días</b>	<b>mar 01/01/19</b>	<b>lun 07/10/19</b>
<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL</b>	<b>185 días</b>	<b>lun 20/04/20</b>	<b>mié 21/10/20</b>
<b>MISCELANEOS</b>	<b>575 días</b>	<b>vie 15/02/19</b>	<b>vie 11/09/20</b>
<b>OBRAS AMBIENTALES</b>	<b>545 días</b>	<b>dom 10/02/19</b>	<b>vie 07/08/20</b>

Fuente: Propia

### **3.4.3.3. Actividades en la ejecución de obras.**

Las siguientes especificaciones técnicas, están basadas y referidas a las normas NIC-2000, del Ministerio de Transporte e Infraestructura y se considera indispensable su cumplimiento en el desarrollo y ejecución del proyecto.

#### **3.4.3.3.1. Preliminares.**

La etapa preliminar abarca desde el día de la iniciación oficial que debe constar en bitácora, hasta el momento de asumir que el proyecto inicia sus operaciones normales dentro de la etapa de Movimiento de Tierra.

Estas actividades, serán:

- ✓ Todo trabajo referido a movilización de equipo y personal al sitio del proyecto.
- ✓ La limpieza inicial del área de trabajo.
- ✓ Las obras necesarias para el desarrollo del proyecto: fabricación de obras de madera y trabajos preliminares.
- ✓ Demolición de estructuras existentes en el sitio que interfieran con el desarrollo del mismo, se incluyen aquí: reubicación de postes de tendido eléctrico, telefónicos, etc.
- ✓ Rótulos de avisos preventivos y luces: El contratista deberá elegir y mantener a su costo dos rótulos, tipo FISE, de identificación del proyecto, empotrados en concreto.

#### **3.4.3.3.2. Movilización y desmovilización.**

El contratista dispondrá en sus costos los gastos de movilización y desmovilización del equipo de construcción requerido incluyendo mezcladoras, plantas eléctricas, etc. Así como también los costos de movilización y desmovilización del personal de la obra, una vez finalizados todos los trabajos.

#### **3.4.3.3.3. Trazado y nivelación.**

El Contratista será responsable por la ejecución del trabajo en conformidad con las líneas y cotas de elevación indicadas en los planos.

Las líneas base, puntos topográficos de referencia estarán determinados en los planos constructivos o serán indicados por el supervisor.

El Contratista trazará su trabajo partiendo de las líneas bases y banco de materiales, siendo responsable por todas las medidas que así tome.

Para el trazado de obras el contratista usará elementos de madera o metálicos, si fuesen de madera, se utilizarán cuartones de 2"x 2" utilizados como tacos con una longitud de 0.4 m y reglas de 1"x 3" utilizadas en las niveletas, debidamente cepillado el canto superior para referir el nivel. De ser metálicas estas deben garantizar un canto superior para referir el nivel.

Las niveletas sencillas llevarán dos cuartones de apoyo para la regla que dará el nivel espaciados a 1.20 m, formando un ángulo recto; la madera podrá ser de pino o madera blanca.

#### **3.4.3.3.4. Movimiento de tierra con Equipo.**

Con la aprobación del supervisor, el contratista dará inicio al movimiento de tierra requerido. Este trabajo consiste en el replanteo de las obras programadas, los cortes y rellenos para alcanzar los niveles indicados en los planos.

##### **3.4.3.3.4.1. Excavación de calzada.**

Este trabajo consistirá en la excavación necesaria para acondicionar la colocación de la estructura de soporte del adoquín. Antes de proceder con las excavaciones se deberá recuperar 10 cm, del material de revestimiento existente en la calzada y acopiarlo en el sitio indicado por la Alcaldía para su reutilización en otras zonas. Será responsabilidad del contratista velar que el material no se desperdicie y/o contamine.

Una vez recuperado los 10 cm de material, retirado de la capa del revestimiento actual y almacenado adecuadamente, se procederá a la excavación o corte general en el ancho y profundidad indicados en los planos de acuerdo a los niveles de rasante. El material excavado se depositará donde lo indique el supervisor o el dueño.

El fondo de la excavación deberá ser escarificado y compactado en un espesor de 10 cm como mínimo, con un grado de compactación del 90 % referenciada al método del Proctor standard. El material sobrante de la excavación se depositará a una distancia no mayor de 4 km.

#### **3.4.3.3.4.2. Revestimiento de sub-base.**

El material de sub-base a utilizar será material selecto, compactando al 95 % de la densidad máxima Proctor.

#### **3.4.3.3.4.3. Revestimiento de base.**

El material a utilizar en la base (estabilizada con cemento) será compactado al 98 % de su densidad máxima, con un espesor de 13 cm.

Para aquellos sitios en que por sus dimensiones no se pueda utilizar equipo pesado de compactación, deberá usarse vibradores mecánicos de compactación manual, rodillos vibratorios, aprobados por la supervisión. El acarreo de material de préstamo para la base estará a una distancia de 4 km.

#### **3.4.3.3.5. Carpeta de rodamiento.**

##### **✓ Adoquinado**

Para la fase del adoquinado se requiere adoquines de 3500 PSI. El inicio de la colocación de adoquines se hará sobre una capa de arena de 5 cm de espesor sobre la base antes procesada y autorizada por el supervisor. La junta de adoquines no debe ser mayor de 1 cm.

#### **3.4.3.3.6. Cunetas, andenes y bordillos.**

Cunetas de concreto, vigas Transversales y longitudinales tendrán una resistencia de 3000 PSI y los andenes serán de concreto con una resistencia de 2,500 PSI, a los 28 días de edad. La proporción de la mezcla será sometida por el contratista a la supervisión para su aprobación. El cemento será Portland Tipo I ASTM C-150. La arena deberá estar libre de contaminantes, basuras y materia orgánica. Podrá usarse arena Motastepe o graduación similar debidamente cribada por la malla #4.

El agregado grueso a utilizar en la mezcla de concreto, deberá cumplir con las recomendaciones para agregado grueso de las Normas ACI 613-83, 318-95 debiendo almacenado en un lugar seco y limpio.

Todo el equipo de mezclado y transporte de concreto deberá estar limpio y en óptimas condiciones. El agua a utilizarse deberá estar totalmente limpia y libre de impureza, de aceites, ácidos, sales, y materia orgánica.

La mezcladora a utilizarse, deberá revolver los materiales una vez que todos estén colocados en el interior del tambor, durante 1 ½ a 2 minutos como mínimo, a menos que se demuestre que un tiempo menor es satisfactorio mediante las pruebas de uniformidad en el mezclado, según especificación para concreto premezclado (ASTM C-94).

El concreto debe transportarse de la mezcladora al sitio final de su colocación empleando métodos que prevengan la segregación.

El control de concreto será hecho por medio de cilindros que se probarán a la compresión. Se tomará una muestra por cada 15 m<sup>3</sup> de concreto, con un mínimo de tres muestras por elementos estructurales.

#### **3.4.3.3.7. Obras de drenaje.**

##### **3.4.3.3.7.1. Vados de concreto.**

Los vados serán de concreto de 3,000 PSI, con acabado integral arenillado en la cara superior y que reposa sobre un relleno compactado de arena y piedra bolón, este tendrá un ancho de 1 m y un espesor de 25 cm.



Volumen de piedra bolón: 60% del volumen del filtro.

Volumen de arena: 40% del volumen del filtro.

#### **3.4.3.3.8. Señalización vial.**

Comprende señalización horizontal y vertical con el objetivo de brindar seguridad a la población al momento de transitar por la vía.

##### **3.4.3.3.8.1. Señalización horizontal.**

Se refiere al rayado con líneas continuas del eje de la vía, la pintura será especial contra la acción de la intemperie y contra desgaste producido por el pase vehicular, definiendo las zonas de seguridad peatonal con rayas continuas y los tramos de rayas discontinuas en la línea central de las calles.

##### **3.4.3.3.8.2. Señalización vertical.**

Se refiere a señales metálicas autorizadas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) como los señalamientos de reglamentación de ALTO, los señalamientos de reglamentación de CEDA EL PASO y los señalamientos de información de DOBLE VÍA.

#### **3.4.3.4. Mantenimiento del proyecto.**

El mantenimiento se define como: Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

Una vez finalizada la construcción de una carretera, inmediatamente pasa a la administración del FOMAV, a través de un convenio que se firma con el ente rector MTI, que propone la “Red Vial Mantenable”.

Hay dos tipos de mantenimiento:

#### **3.4.3.4.1. Mantenimiento rutinario.**

Reparación localizada de pequeños defectos en la estructura del pavimento, mantenimiento del sistema de drenaje, taludes, bordes y limpieza de derecho de vía, realizada de manera oportuna, se realiza anualmente.

##### **3.4.3.4.1.1. Pavimentos de adoquín:**

- ✓ Remoción y conformación.
- ✓ Sello con arena.
- ✓ Limpieza de derecho de vía y drenaje.

##### **3.4.3.4.1.2. Pavimentos de asfalto:**

- ✓ Bacheo superficial.
- ✓ Limpieza de derecho de vía y drenaje.
- ✓ Reparación de zonas inestables sin reposición de carpeta.
- ✓ Sello de grietas.

##### **3.4.3.4.1.3. Pavimentos de concreto hidráulico:**

Son de reciente construcción y a la fecha solo se le realizan mantenimientos rutinarios.

- ✓ Control de vegetación.
- ✓ Limpieza de drenaje.

#### **3.4.3.4.2. Mantenimiento periódico.**

Tratamiento y/o renovación de la superficie de rodamiento, mediante reciclados o colocación de sobre capas destinadas a mantener la vía en un óptimo nivel de servicio.

##### **3.4.3.4.2.1. Pavimento de adoquín:**

- ✓ Reposición de adoquín.
- ✓ Señalización vertical.
- ✓ Pintura.

#### **3.4.3.4.2. Pavimento de asfalto:**

- ✓ Micro pavimento.
- ✓ Refuerzo.
- ✓ Tratamiento superficial.
- ✓ Señalización vertical.
- ✓ Pintura.

#### **3.4.3.5. Equipos de construcción.**

Una de las tareas más importantes para iniciar la ejecución de una obra es la elección adecuada del equipo necesario, de acuerdo a sus características particulares, a los volúmenes de los diferentes ítems y al costo de adquisición de las maquinas, teniendo como propósitos principales concluir satisfactoriamente la obra en el plazo estipulado y asegurar la obtención de ganancias.

##### **3.4.3.5.1. Clasificación de equipos de construcción.**

- | Clasificación general de los equipos.
- ✓ Equipos de excavación y movimiento de tierra.
- ✓ Equipos de transporte verticales de materiales.
- ✓ Equipos de transporte horizontal de materiales.
- ✓ Equipos de compactación y terminación.
- ✓ Equipos de producción de hormigón.
- ✓ Otros equipos y herramientas.

##### **3.4.3.5.1.1. Tractor de orugas D6R XL.**

Maquinaria para movimiento de tierra con una gran potencia y resistencia en su estructura, diseñado especialmente para el trabajo de corte y al mismo tiempo de empuje con la hoja. Estos se utilizarán durante el proyecto de construcción en operaciones tales como: limpieza del terreno de árboles y malezas, apertura de brechas en terrenos rocosos, movimiento de tierra, corte u otros, esparcimiento de rellenos de tierra y limpieza de escombros en sitios de construcción.

Figura No.19. Tractor de orugas D6R XL. "Imagen"



Fuente: Caterpillar.

- ✓ Estos tractores poseen las siguientes características:
- ✓ Pueden clasificarse de acuerdo a su envergadura y por la forma en que mueven su hoja.
- ✓ Poseen una potencia de 175 hp.
- ✓ Tienen una cilindrada de 638 in<sup>3</sup>.
- ✓ Su peso es de 19,000 kg.
- ✓ Posee una mayor tracción que los tractores de neumáticos.
- ✓ Funciona bien en grandes volúmenes de tierra.
- ✓ Trabaja bien en suelos arcillosos, mojados y secos.

Su distancia máxima económica es de 100 m.

#### **3.4.3.5.1.2. Camiones volquetes PEGASO 10 M3.**

Son las máquinas que se utilizan como auxiliares básicos en todos los trabajos de movimiento de tierra y además en todo tipo de acarreos de materiales, herramientas, equipos ligeros y transporte de personal. Dentro de los más usuales en los trabajos de movimiento de tierra son los de volteo.

Figura No.20. Camión volquete Pegaso. “Fotografía”



Fuente: Camión Pegaso.

#### **3.4.3.5.1.3. Camiones aguateros 3000 GLN.**

Son tanques de agua cilíndricos, montados sobre el chasis de un camión, que se utilizan para el regado de terraplenes, con el fin de conseguir la humedad óptima especificada para una obra y facilitar el trabajo de compactación. Los tanques de acuerdo a la potencia del motor y el número de ejes del camión pueden tener una capacidad que varía entre 2,000 a 30,000 L.

Están equipados con un regador horizontal en la parte trasera y debajo del tanque, el sistema de vaciado del agua puede ser por gravedad o a presión, en cuyo caso estará equipado con una bomba de agua, comparativamente el vaciado a presión ofrece mayores ventajas.

Figura No.21. Camión aguatero. “Fotografía”



Fuente: Camión aguatero.

#### **3.4.3.5.1.4. Motoniveladoras 120G.**

Son máquinas de aplicaciones múltiples destinadas a mover, nivelar y afinar materiales sueltos; utilizadas en la construcción y en la conservación de caminos, el dispositivo principal es la cuchilla de perfil curvo cuya longitud determina el modelo y potencia de la máquina, este dispositivo permite girar y moverse en todos los sentidos.

Además, podemos adaptarle dispositivos auxiliares tales como:

- ❖ Escarificadores para arar o remover el terreno.
- ❖ Hoja frontal de empuje para ejercer la acción del bulldozer.
- ❖ Cargadores de materiales.

Figura No.22. Motoniveladora 120G. “Fotografía”



Fuente: Caterpillar.

#### **3.4.3.5.1.5. Compactadoras CS 533D.**

Están formados por un rodillo vibratorio liso montado en su eje delantero, y en su eje trasero están provistos de ruedas neumáticas generalmente en un número cuatro, para mejorar las condiciones de compactación, dándole mayor uniformidad a la superficie.

Figura No.23. Compactadora CS 533D. Fotografía”



Fuente: Caterpillar.

#### **3.4.3.5.1.6. Retroexcavadora 426C de uso múltiple.**

Se denominan cargadores retroexcavadores y tienen tracción en las cuatro ruedas y dos diferenciales, que les permiten mejores condiciones de operación y un mejor aprovechamiento de la potencia del motor. Tienen dirección articulada que les facilita los virajes en espacios reducidos, es decir ofrece más maniobrabilidad.

Figura 24 No. Retroexcavadora 426C. “Fotografía”



Fuente: Caterpillar.

#### **3.4.3.6. Requerimientos de mano de obra.**

El transporte y el manejo de los adoquines desde la planta y dentro de la obra, se hará de la manera más ordenada posible, para evitar que se deterioren y para prevenir los retrasos debidos al desorden y poder alcanzar el máximo rendimiento en la construcción del pavimento.

Los adoquines se transportarán de la planta a la obra, en volquetes o en camiones plataforma, siempre en cargas ordenadas. Tanto el cargue como el descargue se hará a mano por voleo como los ladrillos, nunca como piedras con un cargador, ni se descargarán por volteo del volquete, porque se pueden despigar o desbordar.

Las cargas de adoquines en la obra no tendrán más de 1.5 m de altura, para que no se derrumben. Estas cargas no se harán en torres, sino con alguna traba en cada capa. Tampoco se harán cargas contra muros por que pueden recostar sobre ellos y tumbarlos.



El sitio de descarga de los adoquines estará lo más cerca posible del lugar donde se van a colocar, por lo cual es conveniente hacer cargas pequeñas, alrededor de la zona a pavimentar, especialmente si se trata de calles ciegas o áreas como plazas y parqueos.

Dentro de la obra, se utilizan carretillas o coches para llevar los adoquines de las cargas hasta donde están los colocadores, para que tengan a mano suficientes unidades. La distribución la hace personal diferente al de los colocadores, para aumentar el rendimiento de la obra.

#### **3.4.3.6.1. Especificaciones técnicas del proyecto.**

La construcción de las obras de este proyecto, se regirá por las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000).

##### **3.4.3.6.1.1. Calidad de los materiales.**

- ✓ Cemento: Portland tipo 1.
- ✓ Arena: Tipo Motastepe, de primera calidad, seca y libre de materia orgánica. Se puede obligar al contratista a lavarla, si fuese necesario a criterio del ingeniero supervisor.
- ✓ Piedra triturada: De primera clase, adquirida en fábricas debidamente autorizadas por el MTI, se adquirirá en diversos tamaños:  $\frac{3}{4}$ " ,  $\frac{1}{2}$ " o material cero, de acuerdo al uso indicado.
- ✓ Madera: Estructuralmente se usará madera de pino en las dimensiones especificadas en los planos. Para efectos de formaletas, las piezas de madera deberán estar lo suficientemente secas y debidamente sujetadas a fin de evitar en lo posible las deformaciones de la misma. El ingeniero supervisor evitará que la madera de uso estructural sea utilizada más de tres veces en la obra, en caso de hacerlo deberán estar en óptimas condiciones.

Adoquines: Todo adoquín a utilizar será tipo tráfico, de al menos 3500 PSI, proveniente de fábricas nacionales debidamente autorizadas por el MTI. Por ningún caso se aceptará adoquín producido por el contratista.

## **Capítulo IV. – Estudio económico y social del proyecto.**

#### **4.1. Costos totales.**

Estos costos son el resultado de la sumatoria de los siguientes aspectos:

##### **4.1.1. Inversión del proyecto.**

###### **4.1.1.1. Costos de inversión.**

Estos costos contribuyen los conjuntos de recursos necesarios, en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante su ciclo operativo, para una capacidad y tamaño determinados, calculados para el período de vida útil del proyecto que son el resultado de la superposición de activos fijos más activos diferidos, más capital de trabajo, que en este caso no existe.

###### **4.1.1.2. Inversión en infraestructura.**

La infraestructura del proyecto se refleja como el presupuesto de construcción de calles en sus tres opciones: adoquinado, asfalto y concreto hidráulico

**Alternativa 1:** Pavimento de Adoquines, el cual esta soportado sobre una capa base de agregado triturado estabilizada con cemento de 15 cmts de espesor.

**Alternativa 2:** Carpeta asfáltica en caliente de 7 cmts de espesor la cual esta soportada sobre una capa base de agregado triturado estabilizada con cemento de 15 cmts de espesor.

**Alternativa 3:** Carpeta de Concreto hidráulico a base de losas de 13 cmts de espesor, soportada sobre una capa base de agregado triturado estabilizada con cemento de 15 cmts de espesor.

Estas tres alternativas se estudian en toda su estructura de costos, desde el cálculo, medición según planos y elaboración de costos directos de las actividades

involucradas en cada proceso, los cuales incluyen **a )** el estimado de cantidad de materiales con sus volúmenes y precios, precios obtenidos mediante cotizaciones formales de las empresas especializadas e investigaciones de mercado local , **b )** la mano de obra basada en los precios oficiales actualizados, sus prestaciones sociales y viáticos de ley, **c )** el uso de equipos adecuados idóneos para cada actividad, con sus costos de mercado y rendimientos de acuerdo a experiencia y normas de referencia. y **d)** los gastos que se prevén en cada costo en el rubro de servicios y subcontratos específicos.

Cuadro No.48:

Descripción de Alternativa	Costo de Venta US \$
<p>Alternativa 1: Adoquín, la cual esta soportada sobre una capa base de agregado triturado estabilizada con cemento, de 15 cmts de espesor.</p>	<p><b>US \$ 16,818,175.23</b></p>
<p>Alternativa 2: Carpeta asfáltica en caliente de 7 cmts de espesor la cual esta soportada sobre una capa base de agregado triturado estabilizada con cemento, de 15 cmts de espesor.</p>	<p><b>US \$ 17,623,564.28</b></p>
<p>Alternativa 3: Carpeta de Concreto hidráulico a base de losas de 13 cmts de espesor, soportada sobre una capa base de agregado triturado estabilizada con cemento, de 15 cmts de espesor.</p>	<p><b>US \$ 20,801,643.33</b></p>

Fuente: Propia.

#### **4.2 Inversión en activos diferidos.**

Son todos aquellos gastos que se realizan en bienes y servicios intangibles que son necesarios para la iniciación del proyecto, pero no intervienen en la producción del mismo. Los gastos de formulación y estudios técnicos tales como el de suelos y topográficos del proyecto. En este caso se estimaron como el 4% del costo total del mismo, siendo el 2% para cada gasto.

Dependiendo de la naturaleza de los proyectos, varían los tipos de inversión y los rubros o áreas de la misma. Las inversiones a realizar para la ejecución del proyecto, pueden dividirse en áreas tales como: inversión fija y en activos diferidos.

#### **4.1.2. Costos de operación del proyecto.**

Los costos por tipo de superficie son variables, dentro de estos costos se encuentra el mantenimiento rutinario/microempresas, mantenimiento periódico y de emergencias.

Estos costos están referidos al monto que se requiere para que el servicio, en este caso, las calles del tramo continúen brindando un nivel óptimo de su puesta en marcha considerándose en este caso los costos suministrados por el fondo de mantenimiento vial (FOMAV), que es la institución encargada del mantenimiento de la red vial en el país, cabe destacar que los mantenimientos que esta institución brinda a las distintas carpetas de rodamiento existentes en el país son realizados por una inspección previa al tramo.

Por lo tanto, no hay un monto específico para cada carpeta de rodamiento y por lo general no debe pasar por encima del 50 % del deterioro total de la carretera. Ya que si eso ocurre la carretera ya no necesita mantenimiento sino una rehabilitación o reconstrucción de esta. (Ver anexo toma de decisiones pág. XI).

En este caso se considera el valor del 45% del deterioro de la carpeta de rodamiento para proyectar estos costos.

Cuadro No.49: Se presentan los costos de operación y mantenimiento Adoquinado.

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO ALTERNATIVA ADOQUINADO</b>		
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO A 20 AÑOS	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>1.294.650.59</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA 1 AÑO	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>64.732.53</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO PERIODICO A 20 AÑOS	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>2.111.162.12</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO PERIODICO PARA 1 AÑO	<b>US\$</b>	
	<b>105.558.11</b>	

Fuente: Propia.

Cuadro No.50: Se presentan los costos de operación y mantenimiento Asfalto.

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO ALTERNATIVA ASFALTO</b>		
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO A 20 AÑOS	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>1.657.303.87</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA 1 AÑO	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>82.875.19</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO PERIODICO A 20 AÑOS	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>1.604.710.61</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO PERIODICO PARA 1 AÑO	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>80.235.63</b>	

Fuente: Propia.

Cuadro No.51: Se presentan los costos de operación y mantenimiento Concreto.

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO ALTERNATIVA CONCRETO</b>		
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO A 20 AÑOS	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>1.425.400.85</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA 1 AÑO	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>71.270.04</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO PERIODICO A 20 AÑOS	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>1.226.750.00</b>	
COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO PERIODICO PARA 1 AÑO	<b>US</b>	<b>\$</b>
	<b>61.337.50</b>	

Fuente: Propia.

#### **4.1.3. Beneficios del proyecto.**

Por ser este un proyecto de tipo social, no existe bajo ningún concepto la remuneración por la construcción de la vía en los sectores, pues no habrá peaje u otra forma de recuperar la inversión.

Sin embargo, hay otros beneficios asociados a la construcción de la misma, tales como ahorro en el gasto de enfermedades para el municipio, ahorro en gasto por deterioro de vehículos y el aumento del valor de las viviendas beneficiadas directamente por la construcción de la carretera.

##### **4.1.3.1. Ahorro por disminución de enfermedades.**

Según datos proporcionados por el SILAIS-RACCS, tenemos los casos de enfermedades en estos sectores proyectados anteriormente, se consultó así mismo con autoridades locales a cuánto ascendía el monto promedio que el gobierno debía asumir por enfermedad de cada persona ingresada y se obtuvieron los siguientes datos. Es importante señalar que por estudios realizados por diversas instituciones se ha logrado estimar que cuando hay mejoras en las calles, se logra reducir el índice de enfermedades hasta en un 60%. Ver Cuadro 1.

A continuación, se presenta la Cuadro de resultado por ahorro de enfermedades:

Cuadro 52: Ahorro total en reducción de enfermedades.

Enfermedad	Casos	Costo	Ahorro %	Ahorro Total
ERA	3,539.00	\$ 12.00	60%	\$ 25,480.80
EDA	431.00	\$ 15.00	60%	\$ 3,879.00
DENGUE	2,214.00	\$ 17.00	60%	\$ 22,582.80
TOTAL				\$ 51,942.60

Fuente: Propia.

Se Proyectó el ahorro por enfermedad en los próximos 15 años de vida del proyecto, teniendo una tasa de crecimiento poblacional del 2.57%, se asume que los beneficios también serán del 2.57%. A continuación, se muestran los resultados en la siguiente Cuadro:

Cuadro 53: Proyección de ahorro en enfermedades.

Año	Tasa	Proyección
2015	1.0257	\$ 51,942.60
2016		\$ 53,279.45
2017		\$ 54,650.71
2018		\$ 56,057.27
2019		\$ 57,500.02
2020		\$ 58,979.90
2021		\$ 60,497.88
2022		\$ 62,054.92
2023		\$ 63,652.04
2024		\$ 65,290.26
2025		\$ 66,970.64
2026		\$ 68,694.27
2027		\$ 70,462.27
2028		\$ 72,275.76
2029		\$ 74,135.93
2030		\$ 76,043.98

Fuente: Propia.



#### **4.1.3.2. Ahorro por disminución en gastos de deterioro de vehículos.**

##### **Costos de Operación Vehicular**

El cálculo de los costos de operación vehicular se hizo mediante el RED con el módulo VOC, el cual emplea los diferentes componentes tanto del camino como de los vehículos e insumos. Alimentando los datos de entrada del modelo.

Se ha utilizado los datos de geometría Con proyecto, el IRI estimado, la velocidad Sin y Con proyecto, los precios de los vehículos prototipo de la zona así como de insumos y mano de obra de los operarios de los vehículos.

Tomando en cuenta las condiciones del tramo de carretera Bocana de Paiwas - Villa Siquia, se ha estimado para la situación sin proyecto un IRI de 20, este se estandarizó para todo el tramo, dado que las malas condiciones del camino se mantienen igual a lo largo de todo el tramo, así también se reafirma en la norma ASTM 1926, donde se describe este IRI para velocidades entre 20 y 30 km por hora, causando posible daños al vehículo y un viaje poco cómodo a los usuarios y de acuerdo al estudio de velocidades se obtuvo una velocidad promedio de 17.2 km/h, corroborando de esta manera el IRI estimado en 20.

Para la situación con proyecto se ha determinado en base al tipo de carpeta o capa de revestimiento a estudiar, en este caso el IRI para la alternativa Adoquín 4.5, para mezcla asfáltica 2.5. y para el concreto hidráulico 3 (ya sea convencional o losas cortas), observándose que el Indicador disminuye en base a la rugosidad de la carpeta. En la Cuadro VI.13 se presenta los costos de operación vehicular sin proyecto y por alternativa. En anexo se presenta el informe de costos de operación vehicular y cálculo.

En la siguiente Cuadro se muestra los costos tanto de vehículos como de combustible, lubricantes, llantas y el costo de la mano de obra de la tripulación como la que realiza labores de mantenimiento de los vehículos.

A continuación, se muestra el resultado del ahorro total por tipo de vehículo.

Cuadro No. 54: Características de la flota de vehículos

	Vehículos con								
	Motocicleta	Automóvil Grande	Tracción en las Cuatro Ruedas	Vehículo de Reparto	Autobús Liviano	Autobús Pesado	Camión Liviano	Camión Mediano	No Utilizado
<b>Costos Económicos Unitarios</b>									
Costo de Vehículo Nuevo (\$/vehículo)	838	12589	12767	18981	12605	110105	17189	30827	0
Costo del Combustible (\$/litro para TM, \$/MJ para TMM)	0.81	0.81	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.00
Costo del Lubricante (\$/litro)	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	0.00
Costo de Neumático Nuevo (\$/neumático)	22.67	44.36	162.26	162.26	51.25	212.61	88.92	126.59	0.00
Costo de Labor de Mantenimiento (\$/hora)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.00
Costo de la Tripulación (\$/hora)	0.00	0.00	0.00	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.00
Tasa de Interés (%)	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	0.00
<b>Utilización y Carga</b>									
Kilómetros Conducidos por Año (km)	18000	20000	50000	50000	50000	70000	50000	80000	0
Horas Conducidas por Año (hr)	500	500	1100	1300	1600	2000	1300	1800	0
Vida Útil (años)	5	9	9	9	10	10	9	10	0
Porcentaje de Tiempo para Uso Privado (%)	100.00	100.00	100.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Bruto de Vehículo (toneladas)	0.12	1.04	1.42	2.70	3.50	17.50	6.30	15.00	0.00

Vehículo de Referencia Adoptado para  
estimar la Rugosidad como una Función de  
la Velocidad del Vehículo de Referencia

Autobús Pesado

## CARACTERISTICAS DE LA FLOTA VEHICULAR

La Cuadro siguiente muestra los costos de operación vehicular para la situación sin proyecto como por alternativa.

Cuadro No. 55: Tramo Bocana de Paiwas-Villa Siquia costos de operación vehicular (us\$/veh-km)

TIPO DE VEHICULO	FINANCIERO				ECONOMICO			
	SIN PROY	ADOQUIN	CONCRET O	ASFALT O	SIN PROY	ADOQUI N	CONCRET O	ASFALT O
<b>Motocicleta</b>	0.077	0.044	0.042	0.040	0.061	0.035	0.034	0.032
<b>Automóvil Grande</b>	0.482	0.274	0.267	0.261	0.362	0.205	0.200	0.195
<b>Vehículos con Tracción en las Cuatro Ruedas</b>	0.376	0.185	0.173	0.165	0.278	0.139	0.131	0.124
<b>Vehículo de Reparto</b>	0.549	0.280	0.264	0.254	0.399	0.205	0.194	0.186
<b>Autobús Liviano</b>	0.447	0.239	0.227	0.216	0.300	0.165	0.157	0.148
<b>Autobús Pesado</b>	2.011	1.021	0.948	0.908	1.297	0.691	0.647	0.618
<b>Camión Liviano</b>	0.663	0.342	0.322	0.308	0.435	0.234	0.222	0.211
<b>Camión Mediano</b>	1.055	0.593	0.559	0.533	0.694	0.413	0.392	0.373

Fuente: Propia

## Costos del tiempo de viaje

Los costos del tiempo de viaje que se utilizaron fue el resultado de una combinación de factores como el tipo de vehículo que transita, el índice de ocupación y el costo de los ocupantes. De acuerdo a resultados de encuesta de origen y destino se obtuvo un costo promedio por hora de acuerdo al vehículo en que viajaba.

Cuadro No. 56: bocana de Paiwas-Villa Siquia ingreso promedio por hora y tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Ingreso Promedio Mensual C\$	Ingreso por Hora en C\$	Ingreso por Hora en US\$
<b>AUTO</b>	10,045	42	1.36
<b>BUS</b>	9,917	41	1.35
<b>C2</b>	12,544	52	1.7
<b>C2 liv</b>	9,000	38	1.22
<b>C2R2</b>	11,000	46	1.49
<b>C3</b>	12,200	51	1.65
<b>C4</b>	13,125	55	1.78
<b>CAMION LIVIANO</b>	12,654	53	1.72
<b>CAMIONETA</b>	32,059	134	4.35
<b>JEEP</b>	26,750	111	3.63
<b>MOTOS</b>	18,751	78	2.54
<b>T2S2</b>	18,000	75	2.44
<b>T3S3</b>	18,419	77	2.5
<b>V.C.</b>	9,000	38	1.22
<b>Total</b>	<b>15,247</b>	<b>68</b>	<b>2.07</b>
<b>Tipo de Cambio: C\$30.71 = \$1.00</b>			
<b>Fuente: Encuestas de Estudio de Tráfico Camino Bocana de Paiwas-Villa Siquia</b>			

Fuente: Propia

La Cuadro siguiente muestra la proyección de ahorro en gastos de vehículos a 15 años:

Cuadro No. 57: Proyección de ahorro en gastos de vehículos.

<b>Año</b>	<b>Tasa</b>	<b>Proyección</b>
2015	1.054	\$ 8,267.80
2016		\$ 8,714.42
2017		\$ 9,185.17
2018		\$ 9,681.34
2019		\$ 10,204.32
2020		\$ 10,755.55
2021		\$ 11,336.55
2022		\$ 11,948.94
2023		\$ 12,594.42
2024		\$ 13,274.76
2025		\$ 13,991.85
2026		\$ 14,747.67
2027		\$ 15,544.33
2028		\$ 16,384.02
2029		\$ 17,269.07
2030		\$ 18,201.93

Fuente: Propia.

#### **4.1.3.3. Plusvalía de las propiedades.**

La plusvalía es el diferencial del valor del inmueble que tenía en el año de la compra y el que tiene en el año de su venta, por lo cual sobre la diferencia se paga un porcentaje a modo de impuesto a la Alcaldía de la localidad.

En este caso específico se refiere al valor del bien inmueble antes del proyecto y su valor después de terminado el proyecto.

Se considera la cantidad de viviendas que están directamente sobre la vía del proyecto, se estima un valor promedio del bien inmueble y un porcentaje promedio.

Se contabilizan 1,507 viviendas cuyo terreno miden en promedio 15 x 30 m y cuyo costo inicial del mismo son de 9,500 dólares (precio consultado en Administración Tributaria), estos terrenos están ubicados a ambos lados de la vía a mejorar y aumentarán su valor debido a la construcción del proyecto.

Cabe señalar que estas propiedades son las beneficiadas directamente, aunque el beneficio de las calles mejoradas es para todos los habitantes de los sectores y barrios aledaños.

Así mismo se determinó por medio de investigaciones acerca de la plusvalía en terrenos cuyas calles han sido mejoradas, que el aumento en este valor es del 15%.

El incremento del valor agregado a la producción de bienes y servicios, se calculó para cada uno de los productos del área de influencia, significando la proyección de volúmenes de producción, rendimientos, costos, precios, consumo y mermas, tanto para la situación Con Proyecto como para la Sin Proyecto durante el horizonte de planeamiento.

Para cuantificar el valor agregado de la producción agrícola y pecuaria, se utilizó un Enfoque Mixto, es decir, se tomaron en cuenta los beneficios del productor y los del consumidor, debido a que el tránsito promedio diario normal es bajo, por lo que los ahorros generados no son suficientes para la justificación económica. Además, se adicionó a estos beneficios los relacionados con el Ahorro en los Costos de operación vehicular, los ahorros en tiempo de los usuarios y los de Ahorro por costos de Mantenimiento.

Como parte del flujo de beneficios, también se consideró el Valor de la Tierra, de acuerdo a lo expresado por los entrevistados en el Tramo Testigo, este se ha incrementado en 1.82 veces en el área de influencia directa y 1.77 veces en el área de influencia indirecta del tramo testigo. Estos factores se estimaron con relación al valor que tenía la tierra antes de la construcción de la carretera en el tramo testigo.

Se utilizaron los factores obtenidos en el tramo testigo para estimar la variación del valor de la tierra del tramo en estudio, Bocana de Paiwas-Villa Siquia, una vez construida la carretera. El beneficio total estimado debido a la variación en el valor de la tierra es de \$17.993 millones de dólares.

Finalmente, se cuantificaron beneficios derivados del ahorro de los usuarios por el pago del uso de la barcaza para cruzar el Rio Viejo versus los costos de operación de transitar el puente a ser construido sobre el referido cuerpo de agua. Para la cuantificación de dicho beneficio, fue considerado el Trafico Normal Proyectado para la situación Con y Sin proyecto; la tarifa cobrada por el concesionario, tanto para la carga como los pasajeros, y el caso de la situación Con proyecto, los costos de operación vehicular<sup>2</sup> incurrido para el tránsito del puente de 220 metros de longitud. El valor actual de los beneficios considerados alcanzó un valor de \$ 2.42 millones (Ver detalle en Hoja Excel proyecciones Económicas Tramo Paiwas-Villa Siquia, pestaña beneficio por peaje).

#### **4.1.3.4. Beneficios totales.**

La implementación de proyectos de infraestructura vial, conllevan un incremento al valor de la propiedad para los beneficiarios directos. Esto se ve reflejado en que todo bien inmueble que se ubica en el eje vial y cercano a él, inmediatamente su valor adquiere mayor plusvalía. Esta aseveración, se ha podido demostrar con las encuestas realizadas en los tramos de camino que ya han sido intervenidos y los entrevistados han mencionado este tipo de beneficios recibidos. Para este proyecto Bocana de Paiwas – Villa Siquia, se tomó como tramo testigo: Camopa – La Subasta.

El objetivo primordial de realizar encuesta en el tramo testigo es para confrontar los impactos que ha tenido una carretera después de su intervención, principalmente en los indicadores de producción, tecnologías de siembra, áreas de siembra y un elemento muy importante en el valor de las propiedades. En los resultados se encontró que uno de los indicadores con más impacto fue el valor de la manzana de tierra. Esta pasó de US\$ 1,999.65 a US\$ 3,635.59. Significando esto un incremento en su valor inicial de 81.81% en el área de influencia directa y en la indirecta pasó de US\$ 1,432.34 a US\$ 2,538.71, siendo el incremento de 77.24%.

Este impacto es muy importante tomarlo en cuenta, como parte de los beneficios que genera la construcción de las carreteras, por lo que el consultor estimó conveniente, tomar esta mejora en el proyecto como un beneficio adicional a los ya computados que se refieren a los excedentes del consumidor y al valor agregado de la actividad agropecuaria.

Para la realización del cálculo se analizó el valor catastral de una manzana de tierra, según datos de INETER, y el valor de una manzana, de acuerdo a lo expresado por los entrevistados en la encuesta que se realizó a productores del área de influencia. El valor con que se calculó en el flujo fue el manifestado por



los productores, dado que el valor catastral se consideró demasiado bajo, porque INETER no ha actualizado estos valores.

Para determinar el valor incremental por manzana de tierra, se ha realizado los siguientes cálculos:

### **Consideraciones:**

#### **Valor de la Tierra**

El valor catastral que utiliza INETER es muy bajo y si a esto le agregamos lo que dice el dueño de la tierra, se observa marcadas diferencias. Las siguientes Cuadros muestran estas cifras.

Cuadro No. 58: Bocana de Paiwas – Villa Siquia

<b>Cuánto cuesta una manzana de tierra en esta zona</b>			
	Media C\$	Tipo de Cambio CS por dólar al 2017	Media US\$
<b>Valor una manzana de tierra Según entrevistados</b>	40,384	30.5409	1,322.28

Fuente: Encuesta socioeconómica realizada por CINASE en octubre 2017

Analizando estas diferencias, el consultor estimó provechoso realizar el cálculo de la plusvalía de la tierra tomando el valor manifestado por los entrevistados, dueños de las propiedades, el que refleja un valor intermedio entre el catastro y el valor de mercado.

## Variaciones del Valor de la Tierra según Encuesta Tramo Testigo

De los resultados encontrados, se ha utilizado la variación del valor de la tierra, para el cálculo de la plusvalía. En este caso, se observa un incremento del 60.97%, respecto a su valor antes de que fuera intervenido el tramo Camopa – La Subasta. La siguiente Cuadro resume el valor antes y después y el tipo de cambio utilizado.

Cuadro No. 59: Tramo Bocana de Paiwas – la Subasta

<b>VALOR DE UNA MANZANA DE TIERRA ANTES Y DESPUÉS EN EL TRAMO TESTIGO CAMOAPA – LA SUBASTA</b>				
	<b>Área Directa</b>		<b>Área Indirecta</b>	
	Antes del Adoquinado	Después del Adoquinado	Antes del Adoquinado	Después del Adoquinado
	Media C\$	Media US\$	Media C\$	Media US\$
<b>Valor de manzana</b>	1,999.65	3,635.60	1,432.34	2,538.71

Fuente: Encuesta socioeconómica realizada por CINASE en octubre 2017

### Cálculo de Beneficio por incremento del Valor de la Tierra

Para el cálculo de la plusvalía de la tierra, se tomó el valor promedio de manzana expresada por los entrevistados en el tramo en estudio, la variación del valor encontrado en los resultados del tramo testigo y el número de manzanas del área de influencia directa e indirecta, según se observa en la siguiente Cuadro.

Cuadro No. 60: Bocana de Paiwas – Villa Siquia

<b>AREA DE INFLUENCIA</b>		
<b>Directa</b>	<b>U de M</b>	<b>Indirecta</b>
60.98	Km <sup>2</sup>	60.66
6,098.00	HA	6066.00
8,707.94	MZ	8662.25

Fuente: Propia.

Entonces El Valor Actual de la tierra en el área de influencia directa es el resultado de multiplicar el valor de manzana según entrevistados por el número de manzanas del área directa, esto nos da un resultado de US\$.11,514,336.85. El Valor para la situación con proyecto es la multiplicación del valor actual por el incremento por la construcción de la carretera que es un 81.81%, según resultados del tramo testigo, esto nos muestra un valor de US\$ 20,934,383.36. De la misma manera se realizó para el área indirecta, variando en ésta el porcentaje del valor que es de 77.24%. En las siguientes Cuadros se muestra el cálculo para ambas áreas.

Cuadro No. 61: Bocana de Paiwas – Villa Siquia beneficio en el valor de la tierra área directa

	<b>Sin Proyecto</b>	<b>Con Proyecto</b>	<b>Marginal</b>
<b>Valor mz s/valor catastral</b>	647.92	647.92	
<b>Valor según entrevistados</b>	1,322.28	2,404.06	
<b>Manzanas Area Directa (mz)</b>	8,707.94	8,707.94	
<b>Valor Total (dólares)</b>	11,514,336.85	20,934,383.86	9,420,047.02
<b>Total (dólares) Económico</b>			9,278,746.31

Fuente: Propia.

Cuadro No. 62: Bocana de Paiwas – Villa Siquia beneficio en el valor de la tierra área directa

<b>CONCEPTO</b>	<b>Sin Proyecto</b>	<b>Con Proyecto</b>	<b>Marginal</b>
<b>Valor mz s/valor catastral</b>	647.92	647.92	
<b>Valor según entrevistados</b>	1,322.28	2,343.64	
<b>Manzanas Area indirecta (mz)</b>	8,662.25	8,662.25	
<b>Valor Total (dólares)</b>	11,453,913.96	20,301,165.56	8,847,251.60
<b>Valor Total (dólares) Económico</b>			8,714,542.83

Fuente: Propia

Para reflejar en el flujo otros ingresos por plusvalía de la tierra, esta es la diferencia del Valor con Proyecto menos el Valor Sin Proyecto, tanto del área directa como la indirecta, luego se sumarán los dos resultados, obteniéndose un monto de US\$17,993,289.14 a precio económico.

#### **4.1.4. Determinación de los precios sociales.**

El proceso de asegurar una distribución óptima de los recursos incluye el cálculo y uso de los precios sociales en la evaluación socioeconómica de los proyectos de inversión pública. En atención de esto la Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP) ha venido realizando esfuerzos para determinar precios sociales de factores básicos de producción: Tasa Social de Descuento (TSD), Mano de Obra y Precio Social de la Divisa.

Los precios sociales deben ser usados por los proponentes en la evaluación socioeconómica del proyecto, representan valores oficiales que reflejan el costo real para la sociedad de usar unidades adicionales de los factores de producción en la generación de unidades de bienes y servicios.

La siguiente Cuadro muestra los factores de conversión para convertir a precios sociales los costos totales:

Cuadro No. 63: Precios sociales de Nicaragua.

Ítem	Factor De Conversión
Precio Social De La Divisa	1.015
Mano De Obra Calificada	1.00
Mano De Obra No Calificada	0.83
Tasa Social De Descuento	8%

Fuente: SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública) 2011.

A continuación, se presentan las Cuadros de inversión fija a precios sociales de los tipos de carpetas:

Cuadro No. 64: Carpeta N° 1, Adoquín

<b>COSTO TOTAL DE LAS OBRAS</b>	<b>16,818,175.23</b>
<b>IMPUESTO MUNICIPAL 1%</b>	168,181.75
<b>IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 15%</b>	2,522,726.28
<b>TOTAL CON IMPUESTOS</b>	<b>19,509,083.27</b>

<b>COSTO X KILOMETRO SIN IMPUESTO</b>	<b>934,343.07</b>
<b>COSTO X KILOMETRO CON IMPUESTO</b>	<b>1,083,837.96</b>

Fuente: Propia

Cuadro No. 65: Carpeta N° 2, Asfalto

<b>COSTO TOTAL DE LAS OBRAS</b>	<b>17,623,564.28</b>
<b>IMPUESTO MUNICIPAL 1%</b>	<b>176,235.64</b>
<b>IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 15%</b>	<b>2,643,534.64</b>
<b>TOTAL CON IMPUESTOS</b>	<b>20,443,334.57</b>

<b>COSTO X KILOMETRO SIN IMPUESTO</b>	<b>979,086.90</b>
<b>COSTO X KILOMETRO CON IMPUESTO</b>	<b>1,135,740.81</b>

Fuente: Propia

Cuadro No. 66: Concreto Hidráulico

<b>COSTO TOTAL DE LAS OBRAS</b>	<b>20,801,643.33</b>
<b>IMPUESTO MUNICIPAL 1%</b>	<b>208,016.43</b>
<b>IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 15%</b>	<b>3,120,246.50</b>
<b>TOTAL CON IMPUESTOS</b>	<b>24,129,906.26</b>

<b>COSTO X KILOMETRO SIN IMPUESTO</b>	<b>1,155,646.85</b>
<b>COSTO X KILOMETRO CON IMPUESTO</b>	<b>1,340,550.35</b>

Fuente: Propia

A continuación se presenta los costos totales a precios sociales por tipos de carpetas:

Cuadro No. 67: Resultados del tipo de carpeta.

<b>Tipo de carpeta</b>	<b>Adoquín</b>	<b>Asfalto</b>	<b>Concreto Hidráulico</b>
Inversión fija	US \$ 16,818,175.23	US \$20,443,334.57	US \$24,129,906.26

Fuente: Propia.

#### **4.1.5. Flujo de caja sin financiamiento.**

Consiste en realizar una comparación entre los recursos que se estiman, pueden ser utilizados por el proyecto y los resultados esperados del mismo, con el propósito de determinar si este proyecto se adapta o no a los fines u objetivo perseguidos que permita la mejor asignación de los recursos de la sociedad tomando en consideración los criterios de rentabilidad.

El flujo considera el monto de inversión total a precios sociales y los costos y beneficios del proyecto, así como un valor de salvamento del 10 % del valor de la inversión en el período de vida de las calles, para el adoquín y el concreto hidráulico y 5 % para el asfalto.

A continuación, se presentan las Cuadros del flujo sin financiamiento por cada uno de los tipos de carpetas:

Cuadro No. 68: Viabilidad Económica: Adoquín.

Estudio de Perfil Técnica-Económica y Ambiental del Tramo Bocana de Palwas- Villa Sigüa										
CONCEPTO	Escenario Base	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD								
	Resultados de la Rentabilidad	A	B	A & B	A	B	A & B	A	B	A & B
		Agencia *	Usuario*		Agencia *	Usuario*		Agencia *	Usuario*	
		1.1	0.9		1.2	0.8		1.25	0.75	
	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)
Valor Actual Neto (millones de US\$) a una Tasa de Descuento del 12%	5.787	3.89	3.31	1.41	1.99	0.83	-2.97	1.04	-0.41	-5.15
Tasa Interna de Retorno (%)	17.37%	15.20%	15.00%	13.20%	13.50%	12.80%	9.70%	12.80%	11.60%	8.20%
Beneficios Netos Anuales Equivalentes (US\$/km) a una Tasa de Descuento del 12%	38,447.30	25,833	21,988	9,374	13,219	5,529	-19,699	6,912	-2,700	-34,236
Tasa de Retorno Modificada a una Tasa de Reinversión del 12% (%)	0.136	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11
Valor Actual Neto por Costos Financieros de Inversión (proporción)	0.26	0.17	0.15	0.06	0.09	0.04	-0.13	0.05	-0.02	-0.23
Beneficios del Primer Año por Costos Económicos de Inversión (proporción)	0.841	0.76	0.76	0.69	0.7	0.67	0.56	0.67	0.63	0.51

Estudio de Perfil Técnica-Económica y Ambiental del Tramo Bocana de Paiwas- Villa Siquia										
CONCEPTO	Escenario Base	ANALISIS DE SENSIBILIDAD								
	Resultados de la Rentabilidad	A	B	A & B	A	B	A & B	A	B	A & B
		Agencia *	Usuario*		Agencia *	Usuario*		Agencia *	Usuario*	
		1.1	0.9		1.2	0.8		1.25	0.75	
	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)	(MUS\$/año)
Valor Actual Neto (millones de US\$) a una Tasa de Descuento del 8%	14.481	12.56	11.11	9.18	10.63	7.74	3.89	9.67	6.05	1.24
Tasa Interna de Retorno (%)	17.75%	15.60%	15.40%	13.60%	13.90%	13.20%	10.20%	13.20%	12.00%	8.70%
Beneficios Netos Anuales Equivalentes (US\$/km) a una Tasa de Descuento del 8%	75,906.00	65,819	58,228	48,141	55,732	40,550	20,376	50,688	31,711	6,493
Tasa de Retorno Modificada a una Tasa de Reinversión del 8% (%)	0.111	0.11	0.11	0.1	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.08
Valor Actual Neto por Costos Financieros de Inversión (proporción)	0.65	0.56	0.5	0.41	0.48	0.35	0.17	0.43	0.27	0.06
Beneficios del Primer Año por Costos Económicos de Inversión (proporción)	0.841	0.76	0.76	0.69	0.7	0.67	0.56	0.67	0.63	0.51

Continuación del Cuadro No 68

Fuente: Propia.



En Esta sección se presenta los resultados de la evaluación económica del tramo Bocana de Paiwas- Villa Siquia para la alternativa con adoquín, sin considera la inversión del Puente Rio Viejo en el tramo de estudio que posee una longitud de 220 metros lineales y que tiene una inversión financiera de 6.6 millones de dólares.

Los resultados de la evaluación económica indican que el proyecto presenta indicadores de rentabilidad positivo, el VAN es de 10.249 millones de dólares y un Tasa de rentabilidad TIR de 25.25% en escenario base. Al considerar la sensibilidad en el corte sugerido por el Ministerio de Transporte de Nicaragua (MTI), el cual es cuando se incrementa un 20% los costó de agencia y de forma simultánea se reduce los beneficios de netos de los usuarios netos en 20%, en este escenario el proyecto presenta indicares rentabilidad positivos un VAN de 2.4384 millones de dólares y una TIR de 14.47%.

Cuadro No. 69: Rentabilidad económica sin incluir inversión en puente rio viejo (tasa descuento 12%)

ALTERNATIVAS	ADOQUIN			
	Escenario Base	A= Incremento 20% Costo	B =Reducción 20% Beneficios	A & B
- VAN (en millones US\$)	10.249	7.368	5.319	2.438
- TIR (%)	25.25%	19.66%	18.60%	14.47%
- R B/C	1.71	1.43	1.37	1.14

Fuente: Propia.

Figura No. 70 Flujo evaluativo marginal económico

BOGANA DE PARAS- WILLY SIQUIM															
FLUJO EVALUATIVO MARGINAL ECONOMICO, ALTERNATIVA ADOCCION SOLARES ECONOMICA															
Beneficios Económicos Netos											Análisis de Sensibilidad				
Año	Costos de Agencia			Beneficio de los Usuarios							Total	A	B	A & B	
	Costo de	Costo de	Total	Tránsito Normal		Tránsito General		Seguridad	Otros	Total		Agencia *	Usuarios*		
	Inversión	Mantenimiento	Gastos	VOC	Tiempo	VOC	Tiempo	del Cambio	Beneficios	Ingresos		12	8		
	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)		(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)	(M\$ año)
2016	-1.337	0.00	-1.337	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.337	-4.935	-3.337	-4.335	
2017	-4.234	0.00	-4.234	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.234	-6.001	-4.234	-5.001	
2018	-8.215	0.00	-8.215	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.215	-11.170	-8.215	-11.170	
2019	0.00	0.050	0.050	0.100	0.115	0.119	0.026	0.000	10.174	10.722	10.773	10.703	15.009	15.328	
2020	0.00	0.040	0.040	0.100	0.110	0.120	0.026	0.000	0.277	0.657	0.925	0.915	0.734	0.740	
2021	0.00	0.045	0.045	0.100	0.120	0.121	0.040	0.000	0.310	0.914	0.960	0.960	0.777	0.766	
2022	0.00	0.040	0.040	0.211	0.172	0.122	0.040	0.000	0.468	1.110	1.116	1.104	0.940	0.930	
2023	0.00	0.040	0.040	0.222	0.134	0.124	0.045	0.000	0.571	1.255	1.236	1.204	1.065	1.053	
2024	0.00	0.037	0.037	0.234	0.147	0.125	0.047	0.000	0.693	1.337	1.304	1.272	1.099	1.107	
2025	0.00	0.034	0.034	0.247	0.141	0.127	0.050	0.000	0.697	1.452	1.407	1.350	1.204	1.211	
2026	0.00	0.031	0.031	0.250	0.147	0.129	0.053	0.000	0.816	1.625	1.556	1.502	1.231	1.237	
2027	0.00	0.028	0.028	0.275	0.145	0.130	0.056	0.000	1.034	1.800	1.617	1.520	1.230	1.246	
2028	0.00	0.024	0.024	0.290	0.134	0.132	0.060	0.000	1.517	2.432	2.446	2.431	1.952	1.956	
2029	0.00	0.020	0.020	0.306	0.155	0.134	0.063	0.000	1.306	2.284	2.314	2.310	1.955	1.959	
2030	0.00	0.015	0.015	0.320	0.160	0.136	0.067	0.000	1.030	2.002	2.000	2.001	2.467	2.463	
2031	0.00	0.011	0.011	0.340	0.120	0.138	0.071	0.000	2.208	2.395	2.404	2.405	2.725	2.720	
2032	0.00	0.006	0.006	0.359	0.161	0.140	0.075	0.000	2.074	2.910	2.916	2.917	2.904	2.915	
2033	0.00	0.000	0.000	0.379	0.170	0.140	0.080	0.000	2.040	4.240	4.240	4.240	2.185	2.185	
2034	0.00	-0.025	-0.025	0.400	0.170	0.145	0.085	0.000	2.445	4.720	4.715	4.714	2.771	2.771	
2035	0.00	-0.012	-0.012	0.420	0.170	0.140	0.091	0.000	22.279	22.629	22.610	22.616	18.002	18.000	
Fuente: FEG Principal											VAN	10.2407	7.3005	5.2107	2.4304
											TIR	25.29%	19.60%	18.60%	14.47%
											VAN INGRESOS	24.630	24.430	19.730	19.730
											VAN EGRESOS	14.401	17.202	14.401	17.202
											RBC	1.71	1.41	1.37	1.14

Se calculó el Valor Actualizado Neto de los ingresos económicos, utilizando una tasa de actualización del 12% y 8%. Los datos resultantes en modelo Red Principal y HDM-4 Versión 2.1 muestran cifras positivas para las distintas alternativas a 20 años.

Como se podrá observar en el resumen de los indicadores económicos, Cuadro I.5, al realizar la evaluación de las alternativas con la tasa de actualización del 12% y un horizonte de 20 años, la alternativa Adoquín presenta la mayor Tasa Interna de Retorno con un valor de 17.4% y el mayor VANE de 5.787 millones de USD. De la misma manera, al realizar la evaluación de las tres alternativas con la tasa de actualización del 8% y un horizonte de 20 años, la alternativa Adoquín, presenta la mayor Tasa Interna de Retorno con un valor del 17.7% y un VANE de 14.481 millones de USD, denotando la mayor rentabilidad económica de la inversión para la alternativa de adoquín.

Basados en los resultados anteriores, la alternativa constructiva que presenta los mejores indicadores económicos es el Adoquín, siendo esta la que predomina sobre las demás y la que deberá implementarse.

A continuación, se presentan los resultados del VANE, TIRE y R B/C para los horizontes de 20 años para las alternativas estudiadas.

#### **4.1.5.1. Criterios de rentabilidad.**

##### **4.1.5.1.1. Valor actual neto económico (VANE).**

Indica la ganancia o la rentabilidad neta generada por el proyecto. Se puede describir como la diferencia entre lo que el inversor da a la inversión (K) y lo que la inversión devuelve al inversor (Rj).

$$V = \sum_{t=1}^n \left( \frac{V}{(1+k)^t} \right) - I_0 \quad E . 9$$

Dónde:

$V_t$  = representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .

$I_0$  = es el valor del desembolso de la inversión.

$n$  = es el número de períodos considerados.

$K$  = es el tipo de interés.

La siguiente Cuadro muestra los criterios de decisión del VANE:

Cuadro No. 71: Criterios de decisión del VANE.

<b>Resultado</b>	<b>Decisión</b>
Positivo (VANE mayor que cero)	Se acepta
Nulo (VANE igual a cero)	Indiferente
Negativo (VANE menor que cero)	Se rechaza

Fuente: Curso de formulación y evaluación de proyectos de inversión 2013.

A continuación, en la siguiente Cuadro se presentan los resultados del VANE según las alternativas de pavimentos:

Cuadro No. 72: Resultados del VANE por tipo de carpeta; Tasa de descuento 12%. Evaluación a 20 años.

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>ADOQUIN</b>	<b>ASFALTO</b>	<b>LOSAS CORTAS</b>
<b>PARAMETROS</b>			
- VAN (en millones US\$)	5.787	3.951	1.187
- TIR (%)	17.4%	15.7%	12.9%
- R B/C	1.30	1.22	1.06

Fuente: Propia.

Cuadro No. 73: Resultados del VANE por tipo de carpeta; Tasa de descuento 8% evaluación a 20 años.

ALTERNATIVAS	ADOQUIN	ASFALTO	LOSAS CORTAS
<b>PARAMETROS</b>			
- VAN (en millones US\$)	14.481	11.469	8.622
- TIR (%)	17.7%	15.7%	12.9%
- R B/C	1.75	1.64	1.41

Fuente: Propia.

A continuación, se muestra el detalle de los resultados obtenidos en HDM-4, para las alternativas de Mezcla Asfáltica y Losas Cortas de Concreto Hidráulico, evaluadas a 20 años y con una tasa de actualización del 12% y del 8%.

Figura No. 24 Resumen de Indicadores económicos.

HORIZONTE DE EVALUACION 20 AÑOS									
<b>HDM - 4 Economic Indicators Summary</b>									
Study Name: <b>Paiwas - Villa Siquia</b>									
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT									
Run Date: <b>05-05-2018</b>									
Currency: <b>US Dollar (millions)</b>									
Discount Rate: <b>12.00%</b>									
Sensitivity: No Sensitivity Analysis Conducted									
Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NVP/RAC)	NPV/Cost Ratio (NVP/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
Alternativa Base	1.570	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Alternativa 1 Mezcla Asfaltica	19.620	19.150	18.050	2.672	19.330	3.951	0.201	0.206	15.7 (1)
Alternativa 2 Concreto Hidraulico Losas Cortas	22.389	22.266	20.819	2.677	19.330	1.187	0.053	0.053	12.9 (1)
Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900									
HDM-4 Version 2.1									

HORIZONTE DE EVALUACION 20 AÑOS									
<b>HDM - 4 Economic Indicators Summary</b>									
Study Name: <b>Paiwas - Villa Siquia</b>									
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT									
Run Date: <b>05-05-2018</b>									
Currency: <b>US Dollar (millions)</b>									
Discount Rate: <b>8.00%</b>									
Sensitivity: <b>No Sensitivity Analysis Conducted</b>									
Alternative	Present Value of Total Agency Costs (RAC)	Present Value of Agency Capital Costs (CAP)	Increase in Agency Costs (C)	Decrease in User Costs (B)	Net Exogenous Benefits (E)	Net Present Value (NPV = B+E-C)	NPV/Cost Ratio (NVP/RAC)	NPV/Cost Ratio (NVP/CAP)	Internal Rate of Return (IRR)
Alternativa Base	2.096	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Alternativa 1 Mezcla Asfaltica	20.058	19.401	17.962	4.027	25.404	11.469	0.572	0.591	15.7 (1)
Alternativa 2 Concreto Hidraulico Losas Cortas	22.916	22.751	20.820	4.038	25.404	8.622	0.376	0.379	12.9 (1)
Figure in brackets is number of IRR solutions in range -90 to +900									
HDM-4 Version 2.1									

#### 4.1.5.1.2. Tasa interna de retorno económico (TIRE).

Se define como aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados iguales a los costos sociales.

$$VANE = \sum_{t=0}^n \left( \frac{F}{(1+T)^t} \right) = 0 \quad E . 10$$

Ft = Flujo de caja en el tiempo t.

n = es el número de periodos considerados.

La siguiente Cuadro muestra los criterios de decisión del TIRE:

Cuadro No. 74: Criterios de decisión del TIRE.

Resultado	Decisión
Mayor (TIRE > TREMA)	Se acepta
Igual (TIRE = TREMA)	Indiferente
Menor (TIRE < TREMA)	Se rechaza

Fuente: Curso de formulación y evaluación de proyectos de inversión 2013.

A continuación, en la siguiente Cuadro se presentan los resultados del TIRE según el tipo de carpeta para el proyecto:

Cuadro No. 75: Resultado del TIRE por tipo de carpeta.

Tipo de carpeta	Adoquín	Asfalto	Concreto
TIRE	130%	126%	59%

Fuente: Propia.

Una vez más se ratifica el tipo de carpeta factible a ejecutar ya que la TIRE es mayor que la tasa social o tasa de rendimiento (TREMA) equivalente al 8%, (TIRE > 8%), siendo la de mayor posibilidad la carpeta de rodamiento con adoquín.

#### 4.1.5.1.3. Relación beneficio/costo.

Representa cuanto se gana por encima de la inversión efectuada. Igual que el VANE y la TIRE, el análisis de beneficio-costo se reduce a una sola cifra, fácil de comunicar en la cual se basa la decisión. Solo se diferencia del VANE en el resultado, que es expresado en forma relativa.

$$R B/C = \frac{V}{V + I_0} \quad E . 11$$

Dónde:

VAB = es valor actual de los beneficios.

VAC= es valor actual de los costos.

I<sub>0</sub> = es el valor del desembolso de la inversión.

La siguiente Cuadro muestra los criterios de decisión de la R B/C:

Cuadro No. 76: Criterios de decisión de la R B/C.

Resultado	Decisión
Mayor (R B/C > 1)	Se acepta
Igual (R B/C = 1)	Indiferente
Menor (R B/C < 1)	Se rechaza

Fuente: Curso de formulación y evaluación de proyectos de inversión 2013.

A continuación, se presentan los resultados de la R B/C del proyecto:

Cuadro No. 77: Resultados de la Relación Beneficio/Costo.

<b>Tipo de carpeta</b>	<b>Adoquín</b>	<b>Asfalto</b>	<b>Concreto</b>
R B/C	\$ 1.20	\$ 1.13	\$ 1.78

Fuente: Propia.

Para que podamos aceptar una opción en la ejecución de un proyecto a nivel social deberá cumplir con la relación B/C que establece que los beneficios deberán ser mayor a los costos ( $B/C > 1$ ), es por ello que los tipos de carpetas propuestos cumplen con esta condición, en este caso: la carpeta de rodamiento a ejecutar será la del adoquinado, estableciendo que por cada dólar invertido se tendrán beneficios de 0.20 dólares, aunque con el concreto hay un mayor beneficio de este factor financiero, pero por los resultados obtenidos del VANE y la TIRE anteriormente, se considera como mejor opción de pavimento el semirrígido: el adoquín.

La siguiente Cuadro muestra las diferentes características de los pavimentos:



Cuadro No. 78 Características de los pavimentos.

Adoquín	Asfalto	Concreto hidráulico
Se deteriora con el tiempo, requiere sello con arena y reparaciones constantes.	Se deteriora con el tiempo, requiere reparaciones y recarpeteos constantes.	Deterioro mínimo durante su vida útil
Duración de 10 a 15 años	Duración de 10 a 15 años	Duración de 20 a 30 años.
Fácil mantenimiento	Alto costos de mantenimiento.	Mantenimiento mínimo.
Índice de servicio bajo	Se deforma su superficie ofreciendo un manejo irregular, o bajo índice de servicio	Índice de servicio alto durante su vida útil
Menor velocidad de construcción	Velocidad de construcción	Mayor velocidad de construcción
Requiere mano de obra no calificada	Requiere mano de obra calificada	Requiere mano de obra calificada
Aumento en costos de operación	Aumento en costos de operación	Disminución en costos de operación

Fuente: IMCYC; Propia.

Adoquín	Asfalto	Concreto hidráulico
Deformación en su superficie	Deformación en su superficie	Deformación mínima de su superficie
Bajo costo de inversión inicial	Costo de inversión un poco alto	Alto costo de inversión
Requiere estructura de soporte	Requiere estructura de soporte	Requiere menor estructura de soporte
Permite construcción por etapas	No permite construcción por etapas	No permite construcción por etapas
Mayor Gastos de combustible	Se reblandece por temperatura	Adquiere mayor resistencia
Reutilización	Bacheo anual	Mayor seguridad
	Recarpeteo	Sello de grietas
Continuacion de Cuadro No.78		

## **Capítulo V. – Conclusiones y Recomendaciones.**

## **5.1. Conclusiones.**

En base a resultados del estudio de mercado en donde se evaluaron tres alternativas: adoquín de tráfico, mezcla asfáltica y losas cortas de concreto hidráulico, se llegó a la conclusión de sugerir el construir utilizando: “adoquín de tráfico” ya que es la opción técnica y económica más viable debido al bajo tráfico que circula, alta durabilidad y genera mayor cantidad de empleo.

Se determinó el uso del banco de préstamo de “Finca Zoila y Urcinia Orozco” ya que este cumple con todos los requisitos necesarios para su explotación, así mismo se clasificó la vía como una colectora rural, de acuerdo al diseño vial se propone el uso de una sección típica transversal y por último se considera la contratación de personal de la zona para generar empleo a los pobladores.

El costo de la propuesta más factible la cual es el adoquín del tráfico es de: USD 16,818,175.23, también presenta los mejores criterios de rentabilidad los cuales son: tasa interna de retorno con un valor de 17.7%, un VANE de 14.481 Millones de USD, TIRE de 130% y una relación costo beneficio de USD 1.20, al construirse generará en las comunidades un menor tiempo de viaje y transporte y un mayor valor de plusvalía de todo inmueble cercano al proyecto.

## 5.2. Recomendaciones.

- ) Realizar un estudio más exhaustivo para determinar los espesores de pavimento con mayor precisión, para proceder al diseño geométrico vial de la carretera.
- ) Utilizar adoquín tipo tráfico y que este cumpla con su resistencia de 3,500 PSI según la NIC 2000.
- ) Utilizar la materia prima, procedentes de fábricas certificadas y reconocidas a nivel nacional.
- ) El adoquín, debe estar confinado en sus bordes laterales por bordillos o cunetas de concreto simple, cuyo objeto es el proteger y respaldar debidamente la estructura.
- ) Utilizar mano de obra calificada en todas las etapas constructivas.
- ) Darle mantenimiento periódico y/o rutinario para maximizar su vida útil.
- ) Seguir los programas y sub programas sociales.
- ) Reponer o mitigar las afectaciones a los árboles y flora existente.

### 5.3 BIBLIOGRAFÍA.

Alcaldía Municipal de Bocana de Paiwas.

Asociación Americana de autoridades estatales de carretera y transporte (AASHTO 1993). Diseño de pavimentos por método AASHTO-93. 3<sup>ra</sup> edición, versión en español. Washington.

Baca, G. (1999). *Fundamentos de Ingeniería Económica* Editorial. Mc Graw Hill, México, 2da Ed.

Curso: Formulación y Evaluación de Proyectos. Módulo: Evaluación financiera. Ing. Guillermo Acevedo Ampié. Octubre, 2013.

Curso: Formulación y Evaluación de Proyectos. Módulo: Evaluación Económica y Social de proyectos. MSc. Ricardo Martínez Cano. Octubre 2013.

Fondo de Inversión Social de Emergencia. Módulo de Costos y Presupuestos Catálogo de Etapas y Sub-Etapas.

Fondo de Inversión Social de Emergencia. Módulo de Costos y Presupuestos. Catálogo de Etapas y Sub-Etapas. Maestro de costos complejos.

Fondo de Mantenimiento Vial. Planeación.

Guía de costos–Fise. División de Desarrollo Institucional. Oficina de Regulación, Investigación y Desarrollo. 2008.

Ministerio de Transporte e Infraestructura división general de planificación. Anuario de aforos de tráfico año 2008-2016.

Secretaría de integración económica centroamericana (SIECA), Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales 2004, 2<sup>da</sup> edición.

**ANEXOS**