



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

Protocolo de Monografía

**DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR MEDIO
DEL MÉTODO AASHTO 93 PARA 1 KM DEL TRAMO EMPALME EL
NARANJO –EMPALME SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO,
COMARCA SANTA CRUZ, MUNICIPIO DE ESTELÍ.**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Lorena Patricia Alfaro Gonzales.

Br. Alexander Rene Martínez Rivera.

Br. José Feliciano Arvizu Artola.

Tutor

Msc. Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero.

Managua, Agosto 2022

Dedicatoria

Agradecida grandemente con Dios todo poderoso por haber concluido este gran logro el cual es muy importante para mí, mis hijos, mis padres y hermanos.

Quiero dedicar este gran logro a mi Madre Lorena Del Carmen Gonzales quien me ha instruido por el buen camino y ha hecho de mí una persona de bien con deseos de superación y mucha valentía para enfrentar un futuro que cada vez se torna más difícil, la mujer que me dio la vida y también ha servido de ejemplo para muchas mujeres en especial para mí, ella puso como prioridad sacar adelante a sus hijos.

Te amo Madre y este logro es para usted.

Lorena Patricia Alfaro Gonzales

Dedicatoria.

Este trabajo culminado lo dedico principalmente a Dios nuestro señor quien me ha dado sabiduría, inteligencia, perseverancia, entendimiento y fortaleza para lograr la meta finalizada.

También dedico este logro a mi familia que siempre me brindaron su apoyo incondicional durante todo el tiempo que realizaba mis estudios gracias a ellos que siempre estuvieron a mi lado.

Por otra parte, incluyo a algunos de mis maestros y compañeros que de una u otra manera me ayudaron en diferentes ocasiones con sus conocimientos experiencias y me motivaban a seguir adelante a pesar de las circunstancias de la vida y gracias a esas motivaciones logre finalizar.

Alexander Rene Martínez Rivera

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios por permitirme haber llegado hasta este momento de mi formación profesional.

A la Universidad y profesores por formarme con los valores y conocimientos necesarios para poder ser un profesional y ejercer con plenitud lo aprendido.

A mi familia y esposa por su comprensión, por darme palabras y muestras de su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios. A todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la culminación de este arduo caminar.

José Feliciano Arvizu Artola

Agradecimiento

Dedicamos nuestro trabajo monográfico a Dios por proporcionarnos salud y bienestar para lograr nuestros objetivos en todo momento, por darnos sabiduría, su infinita bondad y camino de amor. A nuestros padres por su esfuerzo, amor, compromiso y apoyo incondicional en todos nuestros preparativos personales y profesionales. Ejemplos de perseverancia y motivación. Sin duda, son los pilares más importantes de nuestra vida. Gracias a nuestros hermanos, hermanas y seres queridos que nos apoyan incondicionalmente todos los días. Gracias maestros por su guía y sabiduría. para promover el desarrollo nuestra formación profesional, en especial a nuestro tutor Msc. Ing. Gioconda Isabel Juárez Romero que nos guio en este trabajo.

Resumen ejecutivo.

Esta monografía incluye todas las normas y estudios técnicos requeridos para la realización de la misma con el título: **“DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO POR MEDIO DEL MÉTODO AASHTO 93 PARA 1 KM DEL TRAMO EMPALME EL NARANJO – EMPALME SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO, COMARCA SANTA CRUZ, MUNICIPIO DE ESTELÍ.”**

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

Este capítulo esta encargada de abordar las siguientes temáticas: Introducción, Antecedentes, Justificación y Objetivos.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de flujo vehicular, obtenido de forma manual, se considera en la sección la trayectoria en la que se conoce la masa y composición de los vehículos, esto proporcionará la información necesaria para calcular el ESAL´s de diseño.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SUELOS

En este capítulo se muestra el análisis realizado en base a normas que rigen las características físico mecánicas para los tipos de suelos encontrados en el tramo en estudio, así mismo como para los dos bancos de materiales propuestos, dicho estudio consiste en granulometría, peso volumétrico, límites de Atterberg y CBR.

CAPÍTULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

En esta parte se mostrará la descripción geométrica del tramo en estudio obtenido a través de las coordenadas y elevaciones de cada punto detallando así el proceso de levantamiento, lo cual tendrá gran efecto para la estimación del costo y presupuesto.

CAPÍTULO V: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

En base al ESAL's de diseño y los estudios de suelos realizados a todas las muestras del sitio y bancos de materiales, se mostrará el proceso de diseño basándonos en el método AASHTO-93 para obtener como resultado las dimensiones de cada una de las capas que conformarán la estructura del pavimento articulado.

CAPÍTULO VI: COSTO Y PRESUPUESTO

Este capítulo se encarga de mostrar el comportamiento económico del costo de todo lo relacionado al proyecto como equipos y maquinarias necesarias para la ejecución, mano de obra y materiales de construcción a utilizarse, todo esto apegado a lo que establece el catálogo de etapas y sub etapas establecido por el Fondo de Inversión Social de Emergencia (nuevo FISE 2018).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta parte se presentan las conclusiones de acuerdo al proceso y finalización aplicado para cada uno de los capítulos abarcados en el presente documento, así mismo se muestran las recomendaciones relativamente a cada una de las conclusiones detalladas.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.1.1. Descripción del área de estudio.....	2
1.2. Antecedentes.	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II. ESTUDIO DE TRÁNSITO	7
2.1. Estudio de tránsito.....	7
2.1.1. Volumen de tránsito	8
2.1.2. Aforo vehicular	9
2.1.3. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	13
2.1.4. Proyección del Tránsito Promedio Diario Anual.....	15
2.1.5. Tasas de crecimiento para la proyección del tránsito.	16
2.1.6. Periodo de diseño.....	22
2.1.7. Proyección del Tránsito.	23
2.1.8. Tránsito de Diseño.....	24
2.1.9. Determinación de los Ejes Equivalentes ESAL´S (W18).	27

2.1.10.	Cálculo de ESAL´S de Diseño.....	27
CAPÍTULO III. ESTUDIO DE SUELOS.....		29
3.1.	Trabajo de campo	29
3.1.1.	Introducción.....	29
3.1.2.	Trabajo de campo.....	29
3.1.3.	Trabajos de laboratorio.....	30
3.1.4.	Resultados de los estudios.....	31
3.1.5.	Pruebas de laboratorio.....	35
3.1.6.	Bancos de materiales.....	35
3.1.7.	Estudio de laboratorio para bancos.....	35
3.1.8.	Consideraciones para la elección del banco a utilizar.....	37
3.1.9.	Banco de materiales propuesto para la Capa Base.....	38
3.1.10.	Banco de materiales propuesto para la capa Sub – Base.....	40
3.1.11.	Elección de los Bancos a utilizar para Base y Sub – Base.....	41
3.1.12.	Determinación del CBR de diseño.....	42
3.1.13.	Identificación de la Sub – Rasante.....	43
CAPÍTULO IV. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....		47
4.1.	Introducción.....	47
4.2.	Procedimiento del levantamiento topográfico.....	48
CAPÍTULO V. DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO ARTICULADO		52
5.1.	Metodología para el diseño de pavimento articulado (AASHTO-93).	52

5.1.1. Serviciabilidad.....	52
5.1.2. Cálculo de espesores de pavimento.....	63
CAPÍTULO VI. COSTO Y PRESUPUESTO.....	71
6.1. Estimación de la obra.....	71
6.1.1. Costos directos.....	71
6.1.2. Costos indirectos.....	71
6.2. Metodología del proceso para determinar los costos.....	72
Conclusiones y recomendaciones.....	73
Bibliografía.....	76
Anexos.....	I

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen semanal de 12 h por tipo de vehículo en ambos sentidos.	11
Tabla 2: Porcentaje Vehicular de Estaciones de Mayor Cobertura.	13
Tabla 3: Dependencia de Estaciones.	14
Tabla 4: Factores de ajustes del tercer cuatrimestre del año.	15
Tabla 5: TPDA ₂₀₂₁ El Naranjo - El Quebracho (1 km).	15
Tabla 6: Resumen histórico de población.....	18
Tabla 7: Registros históricos de Estación de mayor cobertura EMC 1802	19
Tabla 8: Cálculo de tasas TPDA EMC 1802.....	19
Tabla 9: Registros históricos de Estación de Corta Duración ECD 307	20
Tabla 10: Resumen de registros históricos de ECD 307	20
Tabla 11: Registros históricos del PIB.....	21
Tabla 12: Elección de la tasa de crecimiento	22
Tabla 13: Periodos de Diseño.	23
Tabla 14: Proyección del Tránsito Normal. Con tasa de 3.14%.	24
Tabla 15: Factor de distribución por carril.....	25
Tabla 16: Factor de Distribución por Dirección.....	26
Tabla 17: Sistema de clasificación funcional.	26
Tabla 18: Cálculo de ESAL´S de Diseño.	28
Tabla 19: Ensayes de muestras de suelos para cada muestra. Bancos-Sitio.	30

Tabla 20: Granulometría en muestras de sondeos.....	33
Tabla 21: Límites de Atterberg y clasificación de suelo.	33
Tabla 22: Ensayos realizados en laboratorio.....	35
Tabla 23: Características de los bancos de préstamo.....	37
Tabla 24: Especificaciones de materiales empleados en una Base Granular.	37
Tabla 25: Especificaciones de materiales empleados en una Base Granular.	38
Tabla 26: Requerimientos mínimos para la Capa Base.....	39
Tabla 27: Requisitos de Graduación de Agregador (Banco # 2).	39
Tabla 28: Requerimientos mínimos para capa Sub - Base.....	40
Tabla 29: Requisitos de graduación de agregados (Banco # 1)	41
Tabla 30: Banco de material a utilizar para Base / Sub - Base.....	42
Tabla 31: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño...	43
Tabla 32: Valores mayores o iguales.....	44
Tabla 33: Clasificación del CBR.	45
Tabla 34: Datos de CBR de muestras	45
Tabla 35: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales	47
Tabla 36: Coordenadas UTM por código.....	51
Tabla 37: Niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO.....	54
Tabla 38: Nivel de confiabilidad recomendada por AASHTO.	55

Tabla 39: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (mx).....	56
Tabla 40: Espesores mínimos sugeridos por capa.	63
Tabla 41: Resumen de espesores del diseño.....	65
Tabla 42: Datos de entrada para WINPAS.	66
Tabla 43: Aforo vehicular del día 1.	I
Tabla 44: Aforo vehicular del día 2.	II
Tabla 45: Aforo vehicular del día 3.	III
Tabla 46: Aforo vehicular del día 4.	IV
Tabla 47: Aforo vehicular del día 5.	V
Tabla 48: Aforo vehicular del día 6.	VI
Tabla 49: Aforo vehicular del día 7.	VII
Tabla 50: Tráfico Promedio Diario Anual Histórico (EMC-1802).....	VIII
Tabla 51: Tráfico Promedio Diario Anual Histórico (ECD-307).	IX
Tabla 52: Indicadores Macro Económicos.....	X
Tabla 53: Consumo de Hidro Carburos.	XI
Tabla 54: Diagrama de cargas permisibles vehículos livianos.	XII
Tabla 55: Diagrama de cargas permisibles vehículos pesados.....	XII
Tabla 56: Factores equivalentes de cargas, ejes simples.	XIII
Tabla 57: Factores equivalentes de cargas, ejes dobles.	XIV
Tabla 58: Levantamiento topográfico.....	XV
Tabla 59: Leyenda de códigos.....	XLI

Tabla 60: Dosificación para el concreto.....	XLII
Tabla 61: Áreas a trabajar.	XLII
Tabla 62: Presupuesto estimado del diseño.....	XLIII
Tabla 63: Resumen de volúmenes de corte y relleno.....	XLV

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Macro localización de municipio Estelí, Departamento de Estelí, Nicaragua	2
Figura 2: Micro localización del tramo comunidad El Naranjo - Sabana Larga y El Quebracho, Estelí.....	3
Figura 3: Ubicación del aforo vehicular en el tramo El Naranjo - Sabana Larga y El Quebracho, Estelí.....	9
Figura 4: Tipos de suelos por estrato.	34
Figura 5: Selección del CBR de Diseño.....	46
Figura 6: Coeficiente estructural a2, para base granular no tratada.....	58
Figura 7: Coeficiente estructural a3, para sub base granular.	59
Figura 8: Obtención del Número estructural SN2.	61
Figura 9: Obtención del Número estructural SN3.	62
Figura 10: Estructura final del pavimento.	65
Figura 11: Software de diseño de Pavimento WINPAS.....	67
Figura 12: Selección del tipo de pavimento a diseñar.	67
Figura 13: Introducción de datos WINPAS.	68
Figura 14: Introducción de Layers de Diseño.	69
Figura 15: Espesores de Diseño.....	70
Figura 16: Detalle típico de pavimento	70

LISTA DE SIMBOLOS

A :	Área de drenaje de la subcuenta (km^2).
$ESAL_{Diseño}$:	Cantidad de ejes equivalentes de 18 kilo-libras.
a_2 :	Coeficiente de capa para la base.
a_1 :	Coeficiente de capa para la carpeta de rodamiento.
a_3 :	Coeficiente de capa para la sub - base.
D_1, D_2, D_3 :	Espesores de las capas en pulgada para la carpeta asfáltica, base y sub - base.
F_c :	Factor de crecimiento.
F_D :	Factor de distribución direccional.
F_{carril} :	Factor de distribución por carril.
$F_{expansión}$:	Factor de expansión.
$F_{día}$:	Factor día.
F_{ESAL} :	Factor ESAL, según AASHTO 93.
F_{semana} :	Factor semana.
P_t :	Índice de serviciabilidad final.
ΔPSI :	Perdida de serviciabilidad
P_0 :	Perdida de serviciabilidad inicial.
n :	Periodo de diseño.
$Tráns_{prom}$:	Promedio de tránsito por tipo de vehículo.

i :	Tasa de crecimiento.
T_C :	Tiempo de concentración en minutos.
T_S :	Tipo de suelo.
$TPDA$:	Tráfico promedio diario anual.
$TPDiS$:	Tráfico promedio diario semanal.
T_D :	Tránsito de diseño.



CAPÍTULO I. GENERALIDADES



1.1. Introducción.

En el norte del país se ha venido desarrollando un acelerado crecimiento poblacional tanto en el área urbana como rural en los últimos años, por lo tanto, se necesitan mejores vías de comunicación terrestre. Las carreteras existentes en la zona necesitan una nueva construcción en particular en la comunidad El Naranjo ya que está en mal estado debido al drenaje deficiente, desnivel inadecuado y falta de un buen mantenimiento.

La actual vía es de macadán, no cuenta con un sistema de drenaje que permita la evacuación de las aguas pluviales; por lo que en temporadas de invierno se vuelve inaccesible tanto para el tráfico público como el tráfico privado. Afectando directamente el ámbito socioeconómico de la población de estos sectores.

A través de este proceso investigativo y ejecución del proyecto del diseño de pavimento articulado se dará una respuesta a los habitantes de esta zona que requieren una carretera con acceso en cualquier época del año, debido a la demanda de la población la Alcaldía de Estelí en este año proyecta ejecutar una solución en base a un diseño técnico que preste las condiciones para garantizar un mejor nivel de vida tanto económico y social de los beneficiados.

1.1.1. Descripción del área de estudio

1.1.1.1. Localización

1.1.1.1.1. Macro - localización

El área de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Estelí departamento de Estelí, a 145 km de la capital Managua hacia el norte, colinda al norte con el municipio de Condega, al sur con el municipio de la Trinidad y San Nicolás, al este con la Concordia que es un municipio del departamento de Jinotega y al oeste con la Concordia que es un municipio del departamento de Jinotega y al oeste con el municipio de Limay y Achuapa que es un municipio del departamento de León.

Figura 1: Macro localización de municipio Estelí, Departamento de Estelí, Nicaragua



Fuente: www.mapanicaragua.com

1.1.1.1.2. Micro – localización

El área de estudio se encuentra ubicada en Comunidad del Naranjo de la ciudad de Estelí, el área del proyecto colinda al norte con comunidad de Buenos Aires, al sur con Valle Santa Cruz, al este con la comunidad de Sutiaba y al oeste con Sabana Larga y El Quebracho.

Figura 2: Micro localización del tramo comunidad El Naranjo - Sabana Larga y El Quebracho, Estelí.



Fuente: www.googleearth.com 13° 01' 46.95" N 86° 19' 20.33" O

1.2. Antecedentes.

La alcaldía municipal de Estelí en los últimos años ha tratado de dar respuesta sobre las necesidades, que los pobladores vienen demandando sobre el mejoramiento de las vías de acceso. Esto es debido al mal diseño de la carretera en la localidad ya que no fueron diseñadas con una tasa de crecimiento poblacional y esto fue cuando Estelí era un valle llamado Michigüiste hace 127 años, mientras que en la actualidad la población tuvo una tasa de crecimiento del 3% anual por lo cual la ciudad ha incrementado su población y ahora el ancho de los caminos se ven saturados por este incremento tomando en cuenta el mal estado que presentan las vías de acceso tanto en verano como en invierno. En la actualidad las comunidades están sumamente pobladas y la circulación aumenta, la única solución a este problema es mejorar las vías de acceso para facilitar la fluidez del tráfico tanto vehicular como peatonal cabe recalcar que el sitio cuenta con agua potable.

De acuerdo a estudios realizados en el año 2000 por la empresa CONSULTRANS S.A. Se obtuvo como resultado que el 90% de los estratos son arcilla, de la zona de Estelí.

Desde la inauguración de la carretera solo se le ha dado mantenimiento tres veces con recubrimiento de material selecto, para proporcionar una solución rápida para el tiempo de invierno. Sin embargo, los caminos se deterioran fácilmente por la fluidez de vehículos que transitan por ellos.

Desde el año 2013 la comunidad ha creado un comité para la mejora del camino, quienes han realizado gestiones a la alcaldía del municipio de Estelí para una solución más viable y más duradera que les permitirá tener una carretera en buen estado independientemente la estación del año.

1.3. Justificación.

La comunidad el Naranjo es muy conocida principalmente en el norte del país por su potencial turístico, ya que está ubicada en las reservas turísticas de Estelí, es una zona productora de granos básicos y hortalizas, se ubica a la orilla de Carretera Panamericana; por lo que surge la necesidad de que esta zona turística y productiva posea un acceso vial, con mejor infraestructura, que permita la movilización terrestre de diferentes medios todo el año para no obstaculizar su desarrollo económico.

La finalidad de realizar este tramo de pavimento articulado, con una adecuada superficie de rodamiento, es que los habitantes de la zona podrán efectuar con mayor facilidad y accesibilidad sus diferentes actividades: económicas, educativas, productivas, sociales y obtener mejores beneficios de salud. Debido a estas situaciones se efectuará, el diseño de pavimento articulado de 1 Km del tramo Empalme El Naranjo – Empalme Sabana Larga y El Quebracho, en el municipio de Estelí.

Se considera diseñar una estructura de pavimento articulado para que permita dar solución a la problemática actual, que cumpla con todos los requisitos de función, seguridad y calidad regidos por las normas técnicas de obras viales.

Se realiza el cálculo de costos y presupuestos con el propósito de optimizar gastos que puedan garantizar una ejecución correcta tal a como el diseño lo indica, así mismo asegurando que la inversión cubre en su totalidad la ejecución de la obra de diseño de pavimento articulado.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

- ✓ Diseñar la estructura de pavimento articulado por medio del método AASHTO 93 para 1 km del tramo Empalme el Naranjo – Empalme sabana larga y el Quebracho, comarca Santa Cruz, municipio de Estelí.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Realizar un estudio de tránsito para cálculo del número de repeticiones esperadas de ejes equivalentes (ESAL'S), durante el período de diseño.
- ✓ Determinar las características físico-mecánicas de los bancos de materiales y de los suelos existentes a lo largo de la vía para el uso adecuado en la estructura de pavimento.
- ✓ Realizar el levantamiento topográfico para obtener información del relieve del terreno del tramo en estudio definiendo la rasante óptima.
- ✓ Definir los espesores de la estructura de pavimento articulado para una mejor circulación de acuerdo a las normas de la AASHTO-93.
- ✓ Presentar una estimación de costos totales de la obra utilizando el catálogo de costos del fondo de inversión social de emergencias (Nuevo FISE 2018).



CAPÍTULO II. ESTUDIO DE TRÁNSITO



2.1. Introducción.

En un camino no pavimentado o ejecutado sin criterios de diseños incumpliendo las normas técnicas para su ejecución, las diferentes condiciones de funcionamiento son frágiles, lo que crea restricciones en el desarrollo de la agricultura, desarrollo turístico, economía, salud y educación de las comunidades el Naranjo, Sabana Larga y el Quebracho así como también afecta en las velocidades y las cargas de los vehículos ya que estos no tienen acceso a la zona, también se elevan los costos operacionales (mantenimiento y combustible) para los pocos medios que tienen acceso.

La comunicación vehicular y peatonal que se debe realizar en un camino de tierra, revestimiento primario o material selecto resulta de las distintas condiciones climáticas y de un drenaje grato. Para la elaboración del diseño geométrico vial y estructura de pavimento rígido es necesario el abordaje de elementos básicos que serán necesarios como parte del desarrollo, los que contienen, parámetro de volúmenes de tránsito, estudios de suelos conteniendo el registro en el sitio para examinar el más alto trazado de las semejantes y establecer la alineación más factible, a fin de adquirir que la localización de las mismas aglomere las mejores condiciones de articulación verificado desde el punto vial analítico. Para realizar un diseño de estructura de pavimento se debe analizar los siguientes conceptos.

2.2. Estudio de tránsito

Los estudios de tránsito sirven tanto para los análisis de ingeniería como para soportar los estudios económicos y estudios de factibilidad. Los tipos de tránsito son los siguientes:

Transito Actual (T_a): Es la composición de una cantidad de vehículos que durante una unidad de tiempo viajan en ambas direcciones, en una determinada carretera o entre origen y un destino.

Tránsito Futuro (T_f): Se compone del valor proyectado del tránsito a partir del año en que se espera sea concluida la ejecución del proyecto.

Tránsito Normal (T_n): Es el resultante del crecimiento esperado del tránsito en las vías existentes, aunque no se lleve a cabo un proyecto. Es calculado aplicándose las tasas de crecimiento, obtenidas a través del análisis por métodos estadísticos del tránsito pasado.

Transito Desviado (T_d): Es el resultante del crecimiento esperado del tránsito, desviado de otras carreteras u otros medios de transporte (transito atraído), a la carretera proyectada (nueva mejorada) en virtud de un menor costo de tránsito.

Transito Generado (T_g): Es el transito consecuente de las facilidades creadas por la construcción o mejoramiento de una carretera, sin los cuales no sería originado. Tránsito para el Proyecto: El Transito Total (TT) que se espera de la ejecución de un proyecto se compone de:

De los tránsitos actuales, atraído y generado en el caso de proyecto de mejoramiento.

$$TT = T_a + T_n + T_t + T_g \quad \text{Ecuación 1}$$

De los tránsitos desviado, atraídos y generados en el caso de proyectos de nuevas carreteras.

$$TT = T_d + T_t + T_g \quad \text{Ecuación 2}$$

2.2.1. Volumen de tránsito

EL cálculo de los volúmenes del flujo vehicular se consigue habitualmente y a veces de manera metodológica, por medios automáticos y/o manuales, a través de realización de conteos o aforos volumétricos del tránsito en las propias carreteras y empalmes que conduzcan a una carretera inferior sin importar su contextura lo mismo que mediante exploraciones de iniciación u origen y destino (O/D) que, a través de la normativa utilizada, proyectaran datos sobre la estructura, distribución, naturaleza y modalidad de los viajes. En

las distintas intersecciones, los estudios volumétricos de tránsito clasificados por dirección de los movimientos en los accesos a las mismas, durante periodos de tiempo determinados, proporcionan a su vez los datos básicos necesarios para enfrentar las particulares características de su diseño.

Es de suma importancia el aforo porque este nos ayuda a determinar la cantidad de carga provocada por el flujo vehicular que el pavimento debe soportar al menos durante el periodo de diseño. Este conteo nos ayuda a clasificar los tipos de vehículos que transitan para calcular la carga ejercida por cada eje correspondiente a cada clasificación vehicular.

2.2.2. Aforo vehicular

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

Para nuestro caso se realizó un aforo con una duración de 12 horas durante 7 días de la semana, esto debido a que el método utilizado para este conteo es mediante aforo manual, en caso de ser contadores mecánicos la duración requerida sería con una duración de 24 horas por día.

Figura 3: Ubicación del aforo vehicular en el tramo El Naranjo - Sabana Larga y El Quebracho, Estelí.



Fuente: www.googleearth.com 13° 01' 46.95" N 86° 19' 20.33" O

Este aforo fue realizado en la estación 0+000 del tramo en proyecto tomando en cuenta ambos sentidos de la vía, esto por ser la entrada principal que dirige a las comunidades Sabana Larga y El Quebracho y por ser el sitio de mayor afluencia vehicular de la zona.

Este conteo fue directa y manualmente escrito en papel en el sitio del aforo tomando en cuenta la forma en que se organiza la clasificación vehicular indicado por el Anuario de Aforo de Tráfico Vehicular con el fin de clasificar cada tipo de vehículo de acuerdo al grupo que corresponde.

El estudio inició el día miércoles 01 de septiembre del 2021 y finalizó el día martes 07 de septiembre del 2021 con una duración de 12 horas desde las 6:00 am – 6:00 pm para cada día respectivamente. (Ver Anexos, Tablas 43-49, páginas I-VII).

A continuación, se muestra el resumen de conteo para cada uno de los días y su clasificación vehicular de acuerdo a cada grupo al que corresponde. Ver tabla 1. Pág. 11.

Tabla 1: Resumen semanal de 6am - 6pm por tipo de vehículo en ambos sentidos.

RESÚMEN DE CONTEO		DIRECCIÓN: AMBOS SENTIDOS					UBICACIÓN: EL NARANJO - SABANA LARGA EST. 0+00				
Días		VEHÍCULOS DE PASAJEROS					VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		Total / Veh 12 horas
		Moto	Carr o	Jeep	Cam ioneta	Micro Bus	C2	C3	V.A	V.C	
Miércoles	01/09/2021	296	19	13	42	2	26	11	2	6	417
Jueves	02/09/2021	235	41	57	58	2	26	11	2	5	437
Vierne s	03/09/2021	336	18	36	119	2	26	11	2	4	554
Sábado	04/09/2021	231	17	33	63	0	18	7	2	6	377
Domin go	05/09/2021	161	10	9	38	0	7	7	2	4	238
Lunes	06/09/2021	243	15	9	79	2	26	10	2	6	392
Martes	07/09/2021	289	24	30	87	2	26	11	2	11	482
Total de Vehículos		1,791	144	187	486	10	155	68	14	42	2,897
TPDi (12 HRS)		256	21	27	69	1	22	10	2	6	414
PORCENTAJE		90.37%					7.70%		1.93%		100%
		% De Vehículos Livianos					% De Vehículos Pesados				

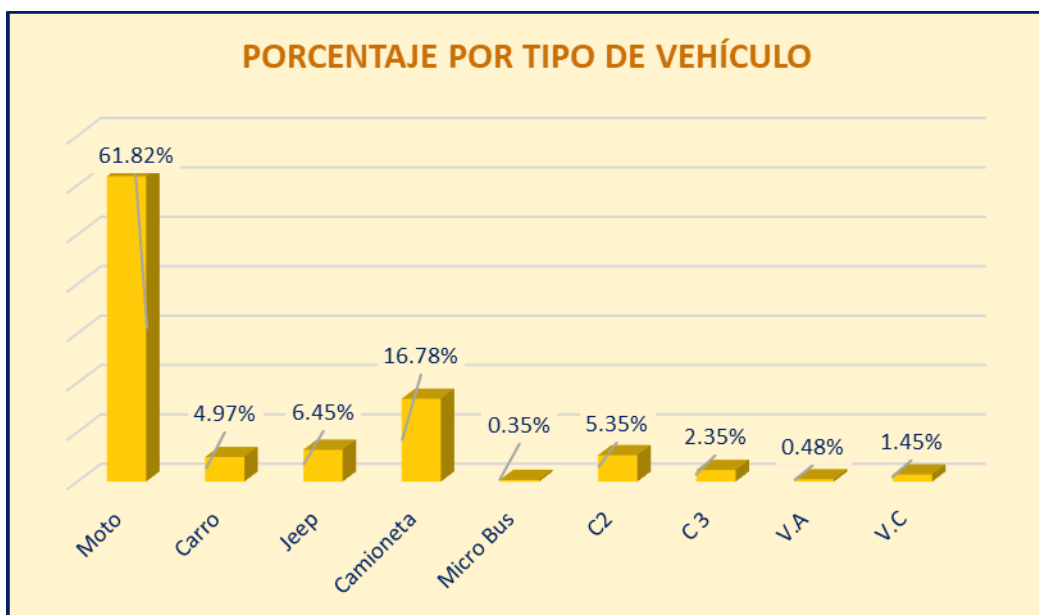
Fuente: Elaboración propia.

Analizando los datos de la gráfica 1, podemos deducir la mayor afluencia por cada uno de los tipos de vehículos. El grupo de vehículos livianos es el más predominante utilizando un 90.37% del cual el tipo de vehículo más significativo son las motocicletas representando un 61.82% del total general, seguido de las camionetas con un 16.78%.

Dentro del grupo de vehículos de carga existe poca representación significativa, sin embargo, el tipo C2 comprendido para buses de 60 pasajeros es usual dentro de la zona ya que este es un medio utilizado para que se transporten las personas que no cuentan con vehículo privado, este grupo de vehículos representa un 7.7% del total general de vehículos.

Para el grupo de vehículos clasificados como equipo pesado, se tiene que ambos representan un 1.93% del total de vehículos.

Gráfico 1: Porcentaje por tipo de vehículos aforados en la estación 0+000.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

Este representa la cantidad total de vehículos/día que anualmente pasan por el sitio de aforo. Para deducirlo como TPDA, este tránsito Anual es dividido entre 365 días que tiene el año.

$$TPDA = TP(Di)_{12 \text{ hrs}} * F_D * F_E \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

TP(Di)_{12 hrs}: Tránsito Promedio Diurno de 12 horas.

F_D: Factor Día.

F_E: Factor Expansión.

Para elegir correctamente los factores de ajuste requeridos según lo indica la ecuación 3 al momento de calcular el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), es necesario primeramente elegir nuestra estación de mayor cobertura (EMC) correspondiente.

Esto depende del porcentaje entre vehículos livianos y pesados según se muestra en la tabla 1, página 11 correspondiente a nuestro aforo, lo cual nos indica ambos porcentajes vehiculares.

Tabla 2: Porcentaje Vehicular de Estaciones de Mayor Cobertura.

Nº.	EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA	TOTAL PESADOS	Σ Tx-Sx y Cx-Rx	% de Livianos	% de Pesados	%Tx-Sx y Cx-Rx Vehículos de Carga
1	101B	Zona franca - La Garita	24,523	5,291	956	78.3%	21.6%	18.1%
2	1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chinandega	10,585	2,614	934	75.0%	24.7%	35.7%
3	200	Entrada al INCAE - El Crucero	9,403	1,183	283	87.3%	12.6%	23.9%
4	1802	San Marcos - Masatepe	9,392	830	69	91.1%	8.8%	8.3%
5	401	Masaya - Granada	8,882	1,074	69	87.8%	12.1%	6.4%
6	107	Sébaco - Emp. San Isidro	7,877	1,797	463	77.0%	22.8%	25.8%
7	300	Sébaco - Quebrada Honda	6,270	1,459	200	76.5%	23.3%	13.7%
8	2803	Nagarote - La Paz Centro	6,058	2,227	1,106	62.8%	36.8%	49.7%
9	2404	Chinandega - Corinto	5,471	1,754	1,110	67.7%	32.1%	63.3%
10	2400	Chinandega (Rotonda) - Ranchería	4,019	686	166	81.1%	17.1%	24.2%
11	700	Emp. San Francisco - Tecolostote	2,024	638	96	68.3%	31.5%	15.0%

Fuente: Anuario de aforo vehicular 2020, Pág. 13.

De acuerdo a lo mostrado en la Tabla 2, pág. 13, nos presenta los porcentajes para los grupos de vehículos livianos y pesados pertenecientes a cada Estación de Mayor Cobertura (EMC) a nivel nacional. En seguida para determinar nuestra estación correspondiente, comparamos los porcentajes más similares entre nuestro aforo y los porcentajes indicados en la tabla en mención, obteniendo de esta manera que nuestra estación correspondiente es la EMC 1802 perteneciente al tramo San Marcos – Masatepe.

Tabla 3: Dependencia de Estaciones.

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NIC-1	113	ECD	Samoto - El Espino
	NIC-2	207	ECD	Rivas - La Virgen
	NIC-2	208	ECD	La Virgen - Peñas Blancas
	NIC-3	302	ECD	Matagalpa - El Arenal
	NIC-3	302 A	ECD	El Arenal - Jinotega
	NIC-3	303	ECD	Llano La Cruz - Emp.San Gabriel
	NIC-3	304	ECD	Emp.San Gabriel - San Rafael del Norte
	NIC-3	305	ECS	San Rafael del Norte - San Sebastián de Yalí
	NIC-3	306	ECS	San Sebastián de Yalí - El Tule
	NIC-3	307	ECS	El Tule - Condega (Inter Nic-1)
	NIC-4C	434	ECD	Rotonda Buena Vista - La Poma
	NIC-5	903	ECD	Matagalpa - Emp. San Francisco
	NIC-5	501	ECD	Emp. San Francisco - Santa Emilia

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2020, pág. 52.

Se elige una Estación de Corta Duración ECD debido a que el Anuario de Aforo de Tráfico 2020 pág. 8 detalla que para los TPA mayores a 300 se debe definir una estación de corta duración y para los TPDA menores a 300 se debe utilizar una Estación de Conteo Sumaria EMC. Para este caso se utilizó la ECD 307 por la similitud a los volúmenes de tránsito de esta estación. Ver Tabla 3.

Habiendo obtenido que la estación de referencia es la 1802, se utilizaron los factores de ajuste correspondientes al tercer cuatrimestre del año (Septiembre – Diciembre) ya que es el periodo en que se realizó el aforo. (Ver Tabla 4, pág. 15).

Tabla 4: Factores de ajustes del tercer cuatrimestre del año.

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,37	1,34	1,24	1,29	1,38	1,24	1,43	1,23	1,31	1,18	1,00	1,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	0,94	1,03	1,08	1,01	0,95	0,92	0,90	0,90	0,86	0,89	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12
Factor Fin de Semana	1,19	0,93	0,84	0,97	1,17	1,27	1,37	1,36	1,74	1,46	1,00	1,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,79
Factor Expansión a TPDA	0,87	0,89	0,83	0,90	0,84	0,94	0,87	0,91	0,95	0,82	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico 2020, pág. 385.

Habiendo definido los factores de ajustes correspondientes a la EMC 1802 se muestran los cálculos realizados.

Tabla 5: TPDA₂₀₂₁ El Naranjo - El Quebracho (1 km).

Factor / tipo de vehículo	VEHÍCULOS DE PASAJEROS					VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		Total
	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	C2	C3	V.A	V.C	
TPDI (12 HRS)	256	21	27	69	1	22	10	2	6	414
Factor Día	1,37	1,34	1,24	1,29	1,38	1,31	1,18	1,00	1,00	11,11
Factor Expansión	0,87	0,89	0,83	0,90	0,84	0,95	0,82	1,00	1,00	8,10
TPDA (vpd)	304	24	27	80	1	27	9	2	6	480
% TPDA	63.33%	5.00%	5.63%	16.67%	0.21%	5.63%	1.88%	0.42%	1.25%	100%
	90.83%					9.17%				100%
	% De Vehículos Livianos					% De Vehículos Pesados				

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de cálculo para el tipo de vehículo “Carro”:

$$TPDA = 21 * 1.34 * 0.89 = 25 \text{ U}$$

Habiendo calculado el TPDA se puede comprobar que el porcentaje de vehículos que más predominan, entre ellos vehículos livianos y vehículos pesados, son muy similares a los correspondientes a la EMC 1802 según se muestra en la Tabla 2, pág. 12, la cual muestra que para vehículos livianos corresponde un porcentaje de 91.1 % y para vehículos pesados un porcentaje de 8.8 %. De esta manera se puede corroborar que la estación correspondiente al tramo es la antes mencionada.

2.2.4. Proyección del Tránsito Promedio Diario Anual.

La proyección del volumen de tránsito futuro, el TPDA del año de proyecto, en la construcción de una nueva carretera, deberá basarse no solamente en los

volúmenes normales actuales, el tránsito futuro es el volumen de tráfico que tendrá la vía cuando esté completamente en servicio. Está compuesto por el tránsito actual y el incremento del tránsito al año de proyecto.

Para obtener el tránsito futuro es necesario tomar en cuenta los indicadores de crecimiento que presenta la zona donde se ubica el camino en estudio. Las variables para la proyección del tránsito se desarrollarán en base a las estimaciones de factores socioeconómicos como el PIB (Producto Interno Bruto), combustibles, crecimiento poblacional, historial de conteo vehicular (obtenido de la Estación de Mayor Cobertura EMC 1802 San Marcos – Masatepe, y Estación de Corta Duración ECD 307 El Tule – Condega (Inter Nic. _1)).

2.2.5. Tasas de crecimiento para la proyección del tránsito.

La tasa que se usará para calcular la proyección del tránsito es la encargada de definir el crecimiento del tránsito. Dentro de este análisis se tomaron en cuenta todas las variables que se relacionan al tránsito (PIB, crecimiento poblacional, los TPDA de las estaciones que corresponden a este tramo en proyecto).

2.2.5.1. Tasa de crecimiento de la población POB.

Primeramente, se debe consultar los registros históricos de la población, estos se obtienen a partir de los datos mostrados por el INIDE, para este caso se utilizó la población correspondiente a la zona rural ya que dicho proyecto está ubicado en la zona rural de la ciudad de Estelí.

Gráfico 2: Registro histórico de la población.

Años	Ambos Sexos
2005	5,483,447
2006 ^b	5,522,606
2007	5,595,541
2008	5,668,876
2009	5,742,310
2010	5,815,524
2011 ^d	5,996,619
2012	6,071,045
2013	6,134,270
2014	6,198,154
2015	6,262,703
2016	6,327,927
2017	6,393,824
2018	6,460,411
2019	6,527,691
2020	6,595,674

Fuente: Anuario estadístico INIDE 2020, Pág. 30.

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100$$

Ecuación 4

Donde:

TC= Tasa de crecimiento

TPDA_i= Tráfico promedio diario actual

TPDA_o= Tráfico promedio diario del año base

n= Diferencia de años

Tabla 6: Resumen histórico de población

AÑO	POBLACION POB	TASAS
2005	5,438,447	
2006	5,522,606	1.55%
2007	5,595,541	1.32%
2008	5,668,876	1.31%
2009	5,742,310	1.30%
2010	5,815,524	1.27%
2011	5,996,619	3.11%
2012	6,071,045	1.24%
2013	6,134,270	1.04%
2014	6,198,154	1.04%
2015	6,262,703	1.04%
2016	6,327,927	1.04%
2017	6,393,824	1.04%
2018	6,460,411	1.04%
2019	6,527,691	1.04%
2020	6,595,674	1.04%
MEDIA ARITMETICA		1.30%

Fuente: Elaboración propia.

$$TC = \left[\left(\frac{6,527,691}{6,595,674} \right)^{\frac{1}{1}} - 1 \right] * 100 = 1.04\%$$

Según indican registros históricos correspondientes a la zona en proyecto, se obtiene una tasa negativa, esto es posiblemente debido a las situaciones de salud a las que se ha enfrentado todo país a nivel mundial, por lo tanto, hubo una población inferior a la del año anterior.

2.2.5.2. Tasa de crecimiento de la EMC 1802

Esta tasa se obtiene a partir de los registros históricos brindados por el anuario de aforo de tráfico 2020, sustentado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI.

Tabla 7: Registros históricos de Estación de mayor cobertura EMC 1802

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2020	206	112	13	166	4	8	24	40	22	52		40					2	689
2019	217	92	20	157	11	3	34	45	44	5		10					3	641
2017	126	159	27	137	10	7	31	39	63	3		19						621
2014	122	153	63	213	4	3	30	101	96	7		11					1	804
2011	56	77	45	144		3	27	42	51	1	4	6					1	457
2009	63	124	66	155	2	10	38	75	49	4		6						591
2006	17	101	49	183	4	9	24	62	61	7		7					1	525
2004	10	74	37	156	6	6	23	38	62	8		8					1	429
2002	19	52	27	118	4	10	20	40	46	3	1	3					1	343
2000	19	37	37	128	9	4	20	29	36	13	0	6		0			3	344
1998	6	43	50	114	9		16	25	47	2		8						320
1997	13	44	44	114	1	3	13	14	36	19		5				1		307
2020	206	112	13	166	4	8	24	40	22	52		40					2	689

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2020 MTI. Pág. 152.

Tabla 8: Cálculo de tasas TPDA EMC 1802

AÑO	TPDA EMC 1802	TASAS
2011	457	
2014	804	21%
2017	621	-8%
2019	641	2%
2020	689	7%
MEDIA ARITMETICA		5%

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplos:

Tasa entre 2017-2019:

$$TC = \left[\left(\frac{641}{621} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] * 100 = 2\%$$

Debido al comportamiento irregular de cada una de las tasas, se obtiene una sola tasa representada por el promedio de estas mismas, lo cual se muestra a continuación:

$$TC \text{ prom} = \frac{21\% + (-8\%) + 2\% + 7\%}{4} = 5\%$$

Esta tasa de crecimiento de 5%, será la representativa para indicar el comportamiento del crecimiento vehicular correspondiente a la estación de mayor cobertura EMC 1802.

2.2.5.3. Tasa de crecimiento de la ECD 307

Para obtener esta tasa se consultó el Anuario de tráfico vehicular 2020 con el fin de tomar en cuenta los registros históricos, sin embargo, no se obtienen registros de TPDA en años consecutivos ya que estos estudios incurren gran costo para poder ser ejecutados.

Tabla 9: Registros históricos de Estación de Corta Duración ECD 307

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus<15 pas	MnBUS. 15-30 S.	Bus	Liv. 2.5 Ton	C2 5 + Ton	C 3	Tx-SX <= 4e	Tx-SX >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2019	317	11	12	108	3		32	23	11	4							1	522
2016	28	2		20			19	6	10	1							4	90
2011	83	4	8	68			25	10	12	2								212
2009	82	1	11	40			23	9	9									176
2005	18	2	9	81			23	11	13			2						158
2001	32	3	24	77			19	5	20	4		1			1		3	188
1999	13		10	67			19	2	14	3					5		1	133
1996	19	10	10	59		2	7	6	14	1					1		2	131
2020	338	12	13	115	3		34	25	12	4							1	557
	Liv. 478				Pas. 37			Pesado 42										
	86%				7%			7%										

Fuente: Anuario de aforos de tráfico 2020 MTI. Pág. 267.

Tabla 10: Resumen de registros históricos de ECD 307

AÑO	TPDA ECD 307	TASAS
2005	158	
2009	176	2.73%
2011	212	9.75%
2016	90	-15.75%
2019	522	79.67%
2020	557	6.70%
MEDIA ARITMETICA		16.62%

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo obtenido los registros históricos, se muestra el cálculo de la tasa de crecimiento de acuerdo al comportamiento del flujo vehicular.

$$TC = \left[\left(\frac{522}{557} \right)^{\frac{1}{1}} - 1 \right] * 100 = 6.7\%$$

2.2.5.4. Tasa de crecimiento del producto interno bruto PIB

La economía de un país es un gran influyente en relación al tráfico vehicular y este nos ayuda a identificar claramente el comportamiento económico según lo indica el Banco Central de Nicaragua BCN, para esto se consultaron los registros históricos brindados por dicha institución bancaria.

Tabla 11: Registros históricos del PIB

Año	PIB (Millones de C\$ constantes)	TASAS
2010	130416.3	
2011	138654.2	6.32%
2012	147661.4	6.50%
2013	154936.8	4.93%
2014	162351.3	4.79%
2015	170131.6	4.79%
2016	177894.9	4.56%
2017	186133.6	4.63%
2018	179873.3	-3.36%
2019	173264.3	-3.67%
2020	169838.2	-1.98%
MEDIA ARITMETICA		2.75%

Fuente: Anuario macro económico 2020 BCN. Pág. 12.

De acuerdo a los registros históricos mostrados en la Tabla 11, se aprecia que la economía en el país ha venido decayendo gradualmente a partir del año 2018, por lo tanto, se determinara una sola tasa representativa para este tipo de variable, resultados que se muestran en los cálculos siguientes.

Ejemplo de tasa de crecimiento para el periodo desde 2016-2017:

$$TC = \left[\left(\frac{186,133.6}{177,894.9} \right)^{\frac{1}{1}} - 1 \right] * 100 = 4.63\%$$

A continuación de muestra el proceso del cálculo de la tasa representativa para el PIB:

$$TC = \frac{6.32 + 6.5 + 4.93 + 4.79 + 4.79 + 4.56 + 4.63 + (-3.36) + (-3.67) + (-1.98)}{10} = 2.75\%$$

2.2.5.5. Resumen y elección de la tasa de crecimiento

Tabla 12: Elección de la tasa de crecimiento

TASAS DE CRECIMIENTO POR TIPO DE VARIABLE	
VARIABLE	TASA DE CRECIMIENTO
POBLACION POB	1.30%
TPDA EMC 1802	5.39%
TPDA ECD 307	16.62%
PIB (Millones de C\$ constantes)	2.75%
MEDIA ARITMÉTICA	3.14%

Fuente: Elaboración propia.

$$TC \text{ prom.} = \frac{1.3 + 5.39 + 2.75}{3} = 3.14\%$$

La tasa promedio obtenida será la representativa para los cálculos siguientes, para lo cual fue tomado en cuenta los distintos tipos de variables, así como la población (POB), TPDA de EMC y producto interno bruto (PIB), obteniendo una tasa de crecimiento de **3.14%**. De este promedio de tasas se excluye la correspondiente a la ECD debido a que está fuera del rango recomendado de tasas en relación.

2.2.6. Periodo de diseño.

Según este tramo clasificado como colectora rural de acuerdo al volumen de TPDA para el año final de diseño 2036 con un TPDA de 763, (Ver tabla 17, pág. 26), es recomendable usar un periodo de diseño entre 10 – 20 años. En este caso se eligió un periodo de diseño de 15 años. Ver tabla 13, pág.23.

Tabla 13: Periodos de Diseño.

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Autopista Regional	20 – 40 Años
Troncales Sub-urbanas Troncales Rurales	15 – 30 Años
Colectoras Sub-urbanas Colectoras Rurales	10 – 20 Años

Fuente: AASHTO, Guide for desing of pavement structures 1993. Desing requierements pág. II-7.

2.2.7. Proyección del Tránsito.

El tránsito normal representa la afluencia vehicular sobre una vía la cual va en crecimiento de acuerdo a la situación económica que presente el país.

Este crecimiento es obtenido de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T_n = T_o(1 + i)^n \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

T_n: Cantidad de vehículos para el año estimado (2036).

T_o: Tránsito en el año cero (2021).

i: Tasa de crecimiento anual.

n: Cantidad en años.

Tabla 14: Proyección del Tránsito Normal. Con tasa de 3.14%.

PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO											
Año	Número	VEHÍCULOS DE PASAJEROS					VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		Total
		Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	C2	C 3	V.A	V.C	
2021	0	304	24	27	80	1	27	9	2	6	480
2022	1	314	25	28	83	1	28	9	2	6	495
2023	2	323	26	29	85	1	29	10	2	6	511
2024	3	334	26	30	88	1	30	10	2	7	527
2025	4	344	27	31	91	1	31	10	2	7	543
2026	5	355	28	32	93	1	32	11	2	7	560
2027	6	366	29	33	96	1	33	11	2	7	578
2028	7	377	30	34	99	1	34	11	2	7	596
2029	8	389	31	35	102	1	35	12	3	8	615
2030	9	402	32	36	106	1	36	12	3	8	634
2031	10	414	33	37	109	1	37	12	3	8	654
2032	11	427	34	38	112	1	38	13	3	8	674
2033	12	441	35	39	116	1	39	13	3	9	696
2034	13	454	36	40	120	1	40	13	3	9	717
2035	14	469	37	42	123	2	42	14	3	9	740
2036	15	483	38	43	127	2	43	14	3	10	763

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del tránsito normal como ejemplo para el año 2036 (Motos).

$$T_{2036} = 304(1 + 0.0314)^{15} = 483 \text{ VPD}$$

Según la proyección del Tránsito Promedio Diario Anual TPDA para el año 2036 se obtiene que circularán 763 vehículos diario.

2.2.8. Tránsito de Diseño.

En esta etapa obtendremos el tránsito de diseño de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$TD = T_n * FC * F_c * FD \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

TD: Tránsito de Diseño.

FC: Factor de Crecimiento= 6,808.54

FD: Factor de distribución direccional.

Tn: Tránsito Actual.

Fc: Factor Carril.

$$TD (\text{Carro}) = 24 * 6,808.7 * 1 * 0.5 = 82,304$$

comparar con Tabla 18. Pág. 28, al calcular el tránsito de diseño para los tipos de vehículos carros.

2.2.9.1. Factor de Crecimiento.

Los aspectos tomados en cuenta para el factor de crecimiento son: el periodo de diseño para el cual estará diseñado y la tasa de crecimiento vehicular encontrada, ayudando a conocer de mejor manera el comportamiento vehicular durante este lapso.

Este factor se encuentra de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$FC = 365 * \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right] \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

i: tasa de crecimiento vehicular (3.14%).

n: período de diseño (15 años).

$$FC = 365 * \left[\frac{(1 + 0.0314)^{15} - 1}{0.0314} \right] = 6,858.7$$

2.2.9.2. Factor de Distribución por Carril.

Esto se refiere al caso en que más de un carril son usados en la misma dirección. Para el caso de este proyecto se diseñó para un carril en cada sentido, por lo tanto, corresponde usar el valor 1. Ver tabla 15.

Tabla 15: Factor de distribución por carril.

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

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002. Capítulo 3, Pág.29.

2.2.9.3. Factor de Distribución Direccional.

Esto representa la cantidad de carriles en ambas direcciones, y como es el caso, corresponde usar un valor de 50. Ver tabla 16.

Tabla 16: Factor de Distribución por Dirección.

Número de carriles en ambas direcciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002. Capítulo 3, Pág.29.

El tramo en proyecto está clasificado como colectora rural según indica el TPD_A con proyección al 2036 que su valor es de 763. Ver tabla 17.

Tabla 17: Sistema de clasificación funcional.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA(1)	NOMECLATURA	TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial, SIECA, 3ª Edición, 2011, Pág.33.

2.2.9. Determinación de los Ejes Equivalentes ESAL´S (W18).

2.2.10.1. Estimación de las cargas de diseño.

Dado que el pavimento en diseño debe estar capacitado para soportar cargas vehiculares de distintos tipos, así como vehículos livianos, de transporte y pesados. Es de suma importancia que sus espesores (sub base, base, pavimento) sean diseñados correctamente para que en conjunto puedan soportar todas estas cargas que en ella actuaran. Es por eso la importancia de determinar la carga ejercida por cada uno de los vehículos encontrados en el aforo.

Para la mejor manipulación de estas cargas a la hora de diseñar los espesores se deben concentrar todas estas de forma representativa como un numero de ejes equivalentes a 18 kips o 80 KN.

2.2.10. Cálculo de ESAL´S de Diseño.

El ESASL´S calculado para cada tipo de vehículo, se obtiene del producto de ESAL´S de diseño por el factor ESAL´S, la sumatoria de estos productos representa el ESAL´S de diseño. Ver tabla 18, pág. 28.

Este resultado se obtiene de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$ESAL'S = TD * F(ESAL'S) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

ESAL'S : Ejes equivalentes de 80 kN o 18 Kips.

TD: Tránsito de Diseño.

F(ESAL's): Factor de carga equivalente.

Tabla 18: Cálculo de ESAL'S de Diseño.

Tipo de Vehículo	Vehículo	Peso por Eje (Kip)	Tipo de Eje	Tránsito Actual	Factor de Crecimiento (F.C)	Factor Direccional (F.D)	Factor de Carril (F.C)	Tránsito de Diseño (T.D)	Tránsito de Diseño corregido	Factor ESAL's	ESAL's de Diseño
Vehículos de Pasajeros	Carro	2.2	Simple	24	6,858.70	0.5	1	82,304.36	82,304	0.00038	31
		2.2	Simple	24	6,858.70	0.5	1	82,304.36	82,304	0.00038	31
	Jeep	2.2	Simple	27	6,858.70	0.5	1	92,592.40	92,592	0.00038	35
		2.2	Simple	27	6,858.70	0.5	1	92,592.40	92,592	0.00038	35
	Camioneta	2.2	Simple	80	6,858.70	0.5	1	274,347.86	274,348	0.00038	104
		4.4	Simple	80	6,858.70	0.5	1	274,347.86	274,348	0.0034	933
	Micro Bus	4.4	Simple	1	6,858.70	0.5	1	3,429.35	3,429	0.0034	12
		8.8	Simple	1	6,858.70	0.5	1	3,429.35	3,429	0.3346	1,147
Vehículos de Carga	C2	11	Simple	27	6,858.70	0.5	1	92,592.40	92,592	0.482	44,629
		22	Simple	27	6,858.70	0.5	1	92,592.40	92,592	2.35	217,591
	C3	11	Simple	9	6,858.70	0.5	1	30,864.13	30,864	0.482	14,876
		36.3	Tándem	9	6,858.70	0.5	1	30,864.13	30,864	1.4325	44,213
Equipo Pesado	V.A	9.9	Simple	2	6,858.70	0.5	1	6,858.70	6,859	0.75205	5,158
		14.3	Simple	2	6,858.70	0.5	1	6,858.70	6,859	0.37775	2,591
	V.C	8.8	Simple	6	6,858.70	0.5	1	20,576.09	20,576	0.3346	6,885
		14	Simple	6	6,858.70	0.5	1	20,576.09	20,576	0.338	6,955
ESAL's por carril de tránsito										345,226	

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtiene un ESAL'S correspondiente a 345,226 repeticiones equivalentes a 18,000 libras para cada carril de diseño durante un periodo de 15 años.



CAPÍTULO III. ESTUDIO DE SUELOS



3.1. Trabajo de campo

3.1.1. Introducción.

Ingenierilmente se define como suelo a todo material compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos.

Existe una amplia variedad de tipos de suelos o materiales que lo componen, tales como: mezclas arcillosas, grava, arena, limos, entre otros. Es debido a esto que es de suma importancia realizar un análisis de laboratorio a todos los tipos de suelos que encontramos presente en cualquier obra civil.

3.1.2. Trabajo de campo.

Para realizar un buen estudio y determinar las características físico mecánicas a los materiales existentes en el sitio de proyecto, se realizaron un total de 5 calicatas, cada una realizada a una distancia de 250 metros a través de la vía y a una profundidad de 1.5 metros para los pavimentos articulados según lo indica el Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos (MTI 2008, pág. 6).

3.1.2.1. Sondeos de línea.

Las calicatas realizadas en el sitio con el fin de extraer todos los tipos de estratos diferentes fueron realizadas en la franja de la vía de forma alterna (izquierda, derecha, centro).

Para las muestras obtenidas, tanto en el sitio como en los bancos de materiales fueron identificadas cada una de acuerdo al estrato encontrado a una determinada profundidad y ubicación específica para una mejor representación de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorios.

3.1.3. Trabajos de laboratorio.

De acuerdo a las muestras recogidas en el sitio del proyecto, todas fueron sometidas a pruebas y ensayos según lo indican las normas A.S.T.M y la A.A.S.H.T.O, los tipos de ensaye realizados se muestran en la tabla 19.

Tabla 19: Ensayes de muestras de suelos para cada muestra. Bancos-Sitio.

Tipo de Ensaye	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los Suelos	T-88	D-422
Límite líquido de los Suelos	T-89	D-423
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos	T-90	D-424
Clasificación Highway Research Board, o clasificación AASHTO	M-145	D-3282
Humedad Natural		D-2216
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883

Fuente: Manual para la revisión de Estudios Geotécnicos, 2008. Pág. 8

En las pruebas de análisis realizadas tanto para las muestras del sitio como para los bancos de préstamos se determinó el grado de humedad correspondiente para cada uno, así como la geometría de las partículas que conforman el suelo (granulometría).

Las clasificaciones aplicadas para estos análisis de muestras fueron la AASHTO M-145 y ASTM D-3282.

3.1.4. Resultados de los estudios.

En la **calicata 1** se encontraron 4 estratos diferentes a diferentes profundidades, desde 0 a 0.2 metros se obtiene un material correspondiente a Grava y arena arcillosa o limosa que se clasifica como *SP SC A-2-7 (0)*.

A una profundidad desde 0.2 a 0.7 metros se encontraron suelos correspondientes a fragmentos de roca, grava y arena clasificados como *SP SM A-1-b (0)*.

La siguiente muestra se encontró desde 0.7 a 1.1 metros el cual corresponde a Arena bien graduada con arcilla con clasificación *SV SC A-2-7 (0)*.

Desde 1.1 a 1.5 metros se encontraron muestras correspondientes a Arena mal graduada con arcilla con clasificación *SP SC A-2-7 (0)*.

En la **calicata 2** se encontraron 4 muestras diferentes a cada profundidad respectivamente, desde 0 a 0.25 metros se presentan materiales correspondientes a Arena mal graduada con grava clasificadas como *SP A-1-b (0)*.

Desde 0.25 a 0.6 metros se encuentran muestras correspondientes a Arena mal graduada con clasificación *SP A-1-b (0)*.

Desde 0.6 a 1 metros de profundidad se presentan muestras que corresponden a Arena mal graduada con clasificación *SP A-2-7 (0)*.

Desde 1 a 1.5 metros se encuentran muestras correspondientes a Arena mal graduada con clasificación *SP A-2-7 (0)*.

En la **calicata 3** se encuentran dos tipos de muestras diferentes a distintas profundidades, a una profundidad que va desde 0 a 0.25 metros se presentan materiales que corresponden a Arena mal graduada con clasificación *SP A-1-b (0)*.

A una profundidad desde 0.25 a 1.5 metros se encuentran muestras correspondientes a Arena mal graduada con clasificación *SP A-1-b (0)*.

En la **calicata 4** se encuentran 4 tipos de muestras diferentes, a una profundidad desde 0 a 0.2 metros se presentan suelos correspondientes a Arena mal graduada con grava con clasificacion *SP A-1-b (0)*.

Desde 0.2 a 0.55 metros se encuentran muestras que corresponden a Arena mal graduada con grava clasificado como *SP A-1-a (0)*.

En el siguiente estrato a una profundidad desde 0.55 a 1.1 metros de profundidad se encuentran materiales correspondientes a Arena mal graduada con limo con grava con clasificacion *SP SM A-1-b (0)*.

En el siguiente estrato a una profundidad desde 1.1 a 1.5 metros se encuentran muestras correspondientes a Arena mal graduada con una clasificacion *SP A-1-b (0)*.

En la **calicata 5** se encuentran dos tipos de muestras diferentes, la muestra superficial desde 0 a 0.3 metros presenta un material que corresponde a Arena mal graduada con clasificacion *SP A-2-7 (0)*.

En la muestra inferior desde 0.3 a 1.5 metros de profundidad se presentan muestras que corresponden a Arena bien graduada con limo con clasificacion *SV SM A-1-b (0)*.

A continuacion se muestra el resumen de las muestras obtenidas con la profundidad en que se encuentra cada una de ellas, tanto su tipo de clasificacion como su granulometria.

Estos resultados fueron obtenidos atraves de los estudios realizados por CONSULTRANS en el cual se aplican las normas establecidas para determinar las caracteristicas fisico mecanicas para cada una de las muestras del sitio. Ver tabla 20. Pág. 33.

Tabla 20: Granulometría en muestras de sondeos.

Estudio: Realizado por la empresa CONSULTRANS en el año 2020.

Proyecto: Adoquinado de 1 km en la comunidad el Naranjo

Procedencia: Sondeos de línea

Estación	Profundidad en M	Muestra No.	Porcentaje que pasa por el tamíz					
			N°4	N° 10	N°16	N°40	N°100	N°200
0+000	0 - 0.2	1	87.00	64.87	64.87	36.67	10.77	6.67
	0.2 - 0.7	2	93.37	67.63	67.63	32.03	10.20	6.43
	0.7 - 1.1	3	92.83	68.77	68.77	34.23	13.67	9.37
	1.1 - 1.5	4	93.97	69.90	69.90	33.97	10.07	7.40
0+250	0 - 0.25	1	83.70	52.97	52.97	23.30	7.03	4.87
	0.25 - 0.6	2	85.60	51.13	51.13	20.23	4.40	2.40
	0.6 - 1	3	85.70	49.90	49.90	18.53	4.47	2.17
	1 - 1.5	4	86.37	51.30	51.30	19.37	4.53	2.43
0+500	0 - 0.25	1	89.30	59.57	59.57	23.40	6.07	3.57
	0.25 - 1.5	2	87.63	59.50	59.50	25.23	3.67	2.17
0+750	0 - 0.2	1	79.30	55.93	55.93	28.03	7.87	3.13
	0.2 - 0.55	2	77.73	48.63	48.63	20.63	7.97	6.77
	0.55 - 1.1	3	79.33	68.27	68.27	48.00	25.80	11.43
	1.1 - 1.5	4	94.93	60.90	60.90	22.43	6.40	4.80
1+000	0 - 0.3	1	92.00	67.30	67.30	32.57	7.43	4.83
	0.3 - 1.5	2	91.13	60.27	60.27	22.10	7.17	5.43

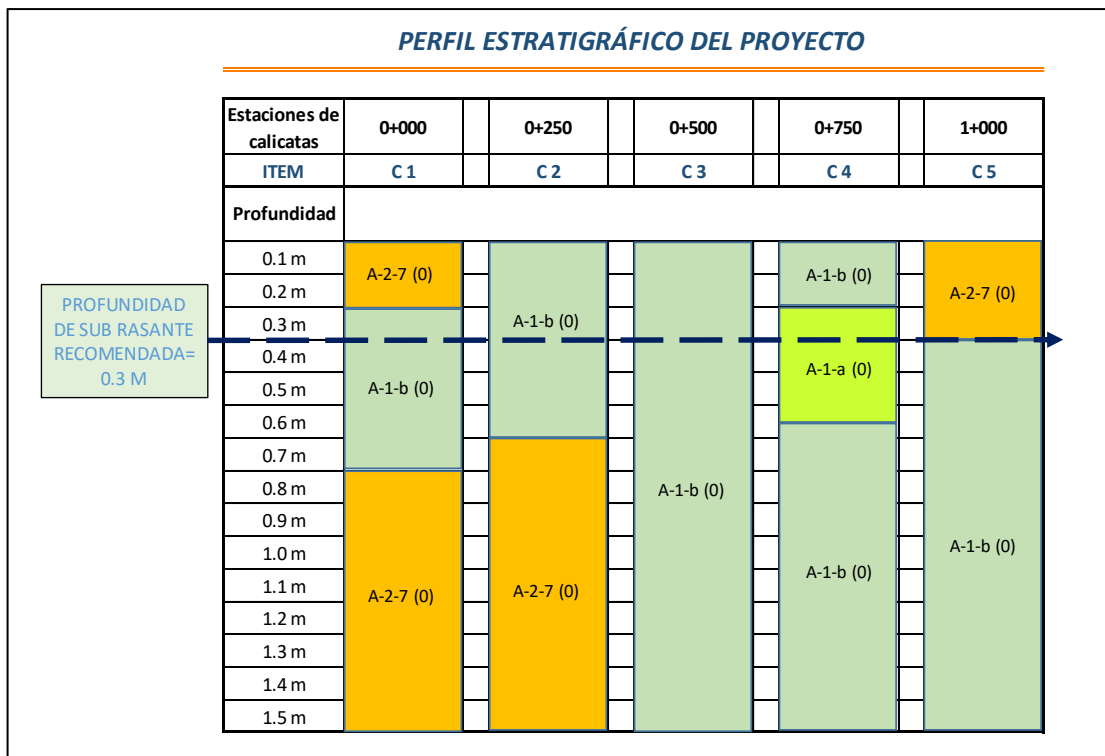
Fuente: Empresa CONSULTRANS en el año 2020.

Tabla 21: Límites de Atterberg y clasificación de suelo.

Sondeo	Muestra	Límite Líquido (LL)	Índice de Plasticidad (IP)	Clasificación		NORMA: AASHTO T 193
				AASHTO	SUCS	CBR AL 95%
C-1	1	33.90	17.23	A-2-7 (0)	SP SC	14
	2	38.39	NP	A-1-b (0)	SP SM	50
	3	59.39	59.39	A-2-7 (0)	SV SC	50
	4	67.28	67.28	A-2-7 (0)	SP SC	14
C-2	1	34.76	NP	A-1-b (0)	SP	50
	2	0.04	NP	A-1-b (0)	SP	50
	3	1.13	1.13	A-2-7 (0)	SP	17
	4	60.14	35.14	A-2-7 (0)	SP	17
C-3	1	48.42	0.05	A-1-b (0)	SP	50
	2	43.31	0.05	A-1-b (0)	SP	30
C-4	1	37.10	NP	A-1-b (0)	SP	30
	2	50.62	0.00	A-1-a (0)	SP SM	45
	3	49.63	NP	A-1-b (0)	SP SM	30
	4	48.31	NP	A-1-b (0)	SP	30
C-5	1	44.87	44.87	A-2-7 (0)	SP	17
	2	0.07	NP	A-1-b (0)	SV SM	30
MUESTRAS TOTALES						16

Fuente: Empresa CONSULTRANS en el año 2020.

Figura 4: Tipos de suelos por estrato.



Fuente: Empresa CONSULTRANS en el año 2020.

Según indica el Manual para la construcción de caminos NIC 2000 en la sección 203, página 107, recomienda cortes de máximo 0.3 metros de profundidad, dado a los resultados obtenidos según los análisis realizados se obtiene que hasta la profundidad de 30 centímetros se podrá remover los suelos de mala graduación como es el caso de la calicata 1 y 5, sin embargo los resultados de las calicatas 2, 3 y 4 son diferentes a las otras dos pero se deberá cortar todo a la misma profundidad debido a la contaminación entre una muestra con otra.

3.1.5. Pruebas de laboratorio

Las muestras obtenidas fueron reagrupadas para realizar las pruebas de laboratorio aplicando los ensayos necesarios para hacer un mejor análisis, así mismo como la determinación de CBR para cada muestra encontrada respectivamente, para esto se utilizaron las normas A.S.T.M y A.A.S.H.T.O. Ver tabla 22.

Tabla 22: Ensayos realizados en laboratorio.

Ensayo	Designación ASTM	Designación AASHTO
Granulometría	D-422	T27 – 88
Límite líquido	D-423	T89 – 90
Límite plástico	D-424	T90 – 97

Fuente: Manual para la revisión de Estudios Geotécnicos, 2008, página 8.

3.1.6. Bancos de materiales.

La otra actividad realizada durante la etapa investigativa de campo consistió en la localización de fuentes de materiales que pudieran ser usados durante la construcción del pavimento. Para este proyecto se localizaron directamente los bancos de materiales: Banco 2 “La Thompson” ubicado en la misma localidad al norte de la ciudad de Estelí, Banco 1 “Herman Serrato” en la comarca Santa Cruz a 10 kilómetros al sur de Estelí, ya que son unos de los más cercanos al sitio del proyecto aparte de ser los bancos que presentan mejores características para el diseño de espesores de pavimento.

3.1.7. Estudio de laboratorio para bancos.

Los ensayos necesarios realizados para para una correcta clasificación y análisis a las muestras de los bancos de materiales son las correspondientes a las normas A.S.T.M de los cuales se muestran enseguida.

3.1.7.1. Banco de préstamo # 1 “Herman Serrato”.

Se localiza a 10 km al sur de Estelí en la comarca Santa Cruz.

El propietario de este banco es el Sr. Herman Serrato. Aproximadamente este banco cuenta con un volumen de 46,200 m³ el cual ha sido usado anteriormente.

El material de este banco corresponde principalmente a arena arcillosa con grava de baja compresibilidad tipo A-1-a (0), con índice de grupo cero, color café oscuro, posee 35% de límite líquido, 5% de índice de plasticidad, sus partículas pasan 100% el tamiz de 2”, 24.90% pasa por la malla No.10, 14.60% pasa por la malla No. 40 y 7.67% pasa por la malla No.200. El PVS máx. es de 1,624 kg/m³, su Humedad Óptima de 19%, su PVSS es de 1,410 kg/m³, el PVSC de 1,537 y su Factor de Abundamiento de 1.40. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 95 Proctor Modificado, es de 80%.

3.1.7.2. Banco de préstamo # 2 “La Thompson”.

Se localiza a 2 kilómetros al norte de la ciudad de Estelí, ubicado en la comunidad La Thompson. El propietario de este banco es el Sr. Domingo Palacios. El volumen aproximado de este banco es de 27,000 m³, este banco ha sido usado.

El material de este banco corresponde principalmente a una arena con limo y grava tipo A-1-a (0) color café claro. No posee límite líquido ni índice de plasticidad, y sus partículas pasan 70% el tamiz de 1 1/2”, 23% el tamiz No.4, y 9% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 1,990 kg/m³, su Humedad Óptima de 13.8%, su PVSS es de 1,378 kg/m³, el PVSC de 1,488 y su Factor de Abundamiento de 1.32. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Proctor Modificado, es de 64, 83.4 y 96%, respectivamente. Este material tiene 48% de Desgaste Los Ángeles y 12% de Intemperismo Acelerado.

Los materiales obtenidos de los Bancos de Préstamo identificados, de acuerdo con las exploraciones realizadas y a los ensayos de laboratorio efectuados por el laboratorio EDICO, presentan de manera resumida las siguientes características físico mecánicas. Ver tabla 23.

Tabla 23: Características de los bancos de préstamo.

No. Del Banco	Tamiz de 1/2"	Tamiz de 3/8"	Tamiz N°4	Tamiz N°10	Tamiz N°40	Tamiz N°200	L.L	I.P	Clasif. AASHTO		CBR al 95 %
									Grupo	IG	
Nº 1	7.43	5.29	15.96	24.9	14.6	7.67	35	5	A-1-a	0	80%
Nº 2	100	70	48	14	7	2	...	NP	A-1-a	0	83.4%
Observaciones: L.L= Límite Líquido, I.P= Índice de plasticidad											

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí – EDICO.

3.1.8. Consideraciones para la elección del banco a utilizar.

3.1.8.1. Consideraciones para la base.

Esta capa es la que soporta la carpeta de rodamiento colocada por debajo de ella, debido a esto se debe utilizar un material de alta resistencia que sea capaz de soportar las cargas vehiculares actuantes, este material debe cumplir con las especificaciones mostradas. Ver tabla 24.

Tabla 24: Especificaciones de materiales empleados en una Base Granular.

Propiedad	Limites	Norma de Prueba
Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
Límite plástico	10% Máx.	AASHTO T-90
C.B.R	80% Min.	AASHTO T-193
Desgaste de los Angeles	50% Máx.	AASHTO T-96
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Próctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000.Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (b)

3.1.8.2. Consideraciones para la Sub Base.

Esta se puede definir como aquella capa que se coloca por debajo de la capa base y está alejada de las cargas que resiste directamente la carpeta de rodamiento, no se requieren materiales de gran resistencia como los de la capa base, por lo que su módulo de elasticidad es menor. Debe de cumplir las especificaciones mostradas. Ver tabla 25.

Tabla 25: Especificaciones de materiales empleados en una Base Granular.

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Limite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite Plástico	10% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	40% Min.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Angeles	50% Máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Próctor modificado	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

3.1.9. Banco de materiales propuesto para la Capa Base.

Entre los dos bancos identificados, el banco de préstamo 2 es quien posee el CBR más alto con un 83.4% al 95% Proctor modificado, este banco para ser usado como Capa Base deberá cumplir con los requerimientos mínimos de la NIC-2000, por lo cual se realizan las debidas comparaciones. Ver tabla 27, pág. 39.

Tabla 26: Requerimientos mínimos para la Capa Base.

PRUEBA	REQUERIMIENTO MÍNIMO NIC-2000	Banco # 2	
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste de los Ángeles	Máx. 50 %	48%	Cumple
Intemperidmo acelerado	Máx. 12 %	12%	Cumple
Índice de Plasticidad	Máx. 10 %	No posee	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Mín. 80%	83.4%	Cumple

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

De acuerdo a los parámetros establecidos en la tabla 20 para la elección de banco de materiales propuesto para la capa base granular, determina que se puede utilizar para dicho fin ya que presenta el siguiente aspecto característico: el ensayo de CBR al 95% próctor modificado es mayor a 80%, este indica que es el porcentaje mínimo permitido para que un suelo pueda ser utilizado como base granular según lo establece Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

En conclusión, se determina que el banco de préstamo “La Thompson” cumple con los requerimientos establecidos, así como desgaste de los ángeles, ensayo de Intemperismo acelerado y con los requisitos de graduación según la sección 1003.10 de la NIC 2000. Ver tabla 27.

Tabla 27: Requisitos de Graduación de Agregador (Banco # 2).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamíz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco No. 2	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30 - 70	23	Cumple
0.075	0 - 15	9	Cumple

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

3.1.10. Banco de materiales propuesto para la capa Sub – Base.

Uno de los parámetros que debe cumplir este material es que su CBR debe ser mayor que de la Sub -Rasante y su espesor varía de acuerdo a las condiciones tomando en cuenta que también debe cumplir con los requerimientos establecidos por la NIC – 2000.

En este caso el banco propuesto para capa Sub – Base es el banco # 1, aunque este posee un CBR más bajo que el banco # 2 presentando un CBR de 80% de próctor modificado al 95%, según establecen las normas de la NIC 2000 indica que para que este banco pueda ser utilizado para fines de capa Sub - Base, este debe cumplir con los parámetros mostrados a continuación. Ver tabla 28.

Tabla 28: Requerimientos mínimos para capa Sub - Base.

PRUEBA	REQUERIMIENTO MÍNIMO NIC-	BANCO # 1	
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste de los Ángeles	Máx. 50%	36%	Cumple
Intemperismo acelerado	Máx. 12%	10%	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	5%	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40% para Sub -Base	80%	Cumple

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

Según se muestra en la tabla 23, el material encontrado en el banco # 1 es un material potente prospecto para ser utilizado como material para sub – base debido a su ensaye de CBR al 95% próctor modificado del banco es mayor al 40% mínimo requerido según indica la Nic 2000, por otra parte, cumple también con el índice de plasticidad máximo requerido por la misma norma siendo este inferior al 10%.

Tabla 29: Requisitos de graduación de agregados (Banco # 1)

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamíz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco No. 1	Valoración
75	100	-	No Cumple
4.75	30 - 70	15.96	No Cumple
0.075	0 - 15	7.67	Cumple

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

3.1.11. Elección de los Bancos a utilizar para Base y Sub – Base.

En conclusión de acuerdo a los datos mostrados anteriormente, se determina que el banco # 2 (La Thompson) cumple con todos los requerimientos para ser utilizado como material para la capa Base granular debido a que este cumple con el CBR próctor modificado al 95 % mínimo permitido establecido en las especificaciones de las normas Nic-2000 sección: 1003.09 (a y b), de igual manera este cumple con los requerimientos de los ensayos de Intemperismo acelerado, graduación, desgaste de los ángeles e índice de plasticidad.

De acuerdo a resultados en base a criterios establecidos por normas competentes se determina que el banco # 1 (Herman Serrato) cumple con requerimientos para poder ser usado como material para capa Sub – Base dado que presenta todas las características óptimas para cumplir con las exigencias mínimas requeridas, así como el CBR mayor al 40% de próctor modificado al 95 %, también cumple con los ensayos de desgaste de los ángeles, índice de plasticidad, graduación e Intemperismo acelerado.

Tabla 30: Banco de material a utilizar para Base / Sub - Base.

BANCO	CAPA	CONDICIÓN
Banco la Thompson	Para Base Granular	Compactado al 95 % Próctor Modificado
Banco Herman Serrato	Para Sub - Base	Compactado al 95 % Próctor Modificado

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, se eligió usar como banco de préstamo # 2 La Thompson para la capa Base granular por presentar un mayor CBR, sin embargo, en comparación al banco # 1 está más largo de la zona de proyecto, pero debido a sus características físico mecánicas se decidió usarlo como Base. Por otra parte, el banco # 1 está más cercano al proyecto y al mismo tiempo cumple con los requerimientos para ser usado como Sub – Base, esto para economizar gastos de transporte y garantizar que este será apto para dicho propósito.

3.1.12. Determinación del CBR de diseño.

Este estudio se encarga de cuantificar la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, conocido como CBR (California Bearing Ratio): Ensayo de Relación de Soporte de California, esto nos facilita determinar la calidad del terreno natural como sub rasante, sub base y base para soportar el pavimento. Las normas tomadas en cuenta para hacer dicho estudio son la ASTM-D1883 y por la AASHTO T-193 las cuales indican que este debe ser realizado bajo condiciones controladas tanto de humedad como de densidad, para este caso las muestras fueron sometidas a saturación durante un lapso de 96 horas anticipadamente.

Para determinar el CBR de diseño se deben seguir los siguientes aspectos:

- Extraer los valores que se encuentran por debajo de la línea sub – rasante los cuales serán aplicados para el diseño del CBR.
- Ordenar los Valores de Menor a Mayor, se determina la frecuencia de cada uno de ellos y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.
- Estos resultados deben mostrarse mediante una gráfica donde se muestren los valores de CBR contra los porcentajes calculados para

obtener la curva, señalando el percentil correspondiente se intercepta con la curva obtenida y se proyecta verticalmente para indicar el valor del CBR de diseño.

3.1.13. Identificación de la Sub – Rasante.

La subrasante es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Debido a que en promedio se realizan cortes de 30 cm antes de aplicar mejoramiento de suelos, se usaron los CBR correspondientes a cada calicata identificados generalmente por debajo de los 30 cm ya que a esta profundidad es donde descansaran todas las cargas correspondientes al tránsito, así como la capa sub base, capa base y capa de adoquín.

Los porcentajes propuestos a utilizar según indica el Instituto de Asfalto para la determinación del CBR de diseño son valores de 60%, 75% y 87.5%, esto depende del ESAL´s de diseño obtenido en el estudio de tránsito.

Debido a que el ESAL´s de diseño tiene un valor de 212,733, entonces se tomara un percentil de diseño equivalente a 75%. Ver tabla 31.

Tabla 31: Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño.

Cargas equivalentes totales (ESAL´s)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL´s	60
Entre 10,000 - 1,000,000 de ESAL´s	75
> de 1,000,000 ESAL´s	87.5

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 7, Pág.29.

A continuación, se muestran los valores mayores o iguales tomados del estudio de suelos del sitio para realizar el debido CBR de diseño. Ver tabla 32. Pág. 44.

Tabla 32: Valores mayores o iguales.

Clasificación AASHTO	CBR	Frecuencia	N° de valores iguales o mayores	% de valores iguales a mayores
A-2-7 (0)	14	1	7	100.00%
A-2-7 (0)	17	1	6	85.71%
A-1-b (0)	30	2	5	71.43%
A-1-a (0)	42	1	3	42.86%
A-1-b (0)	50	2	2	28.57%
		7		

Fuente: Elaboración propia.

Es sumamente importante elegir correctamente el CBR de la sub rasante ya que de este resultado se obtendrá el Módulo de Resiliencia (MR) el cual será utilizado para el diseño de los espesores de las capas que conformarán este diseño de pavimento articulado.

Con la recopilación de los datos ESAL's de diseño= 345,226 calculado mediante el estudio de tránsito, un percentil de 75% según indica la tabla 26, pág. 44, estos datos fueron interceptados con la curva de los valores de CBR para encontrar así el CBR de diseño correspondiente al terreno natural.

El CBR de diseño resultante para la sub rasante es de 26.8 %. Se tomaron los suelos inmediatos por debajo de la sub rasante (30 cm de corte propuesto), por lo tanto solo 7 muestras de las 16 totales cumplen con este criterio. Este valor de CBR obtenido está clasificado como Sub – Rasante muy buena debido a que su CBR se encuentra en un rango entre 20 – 30 según se indica. Ver tabla 33. Pág. 45.

Tabla 33: Clasificación del CBR.

CBR	CLASIFICACIÓN
0 - 5	Sub Rasante Mala
5 - 10	Sub Rasante Regular
10 - 20	Sub Rasante Buena
20 - 30	Sub Rasante Muy buena
30 - 50	Sub Base Buena
50 - 80	Base Buena
80 - 100	Base Muy Buena

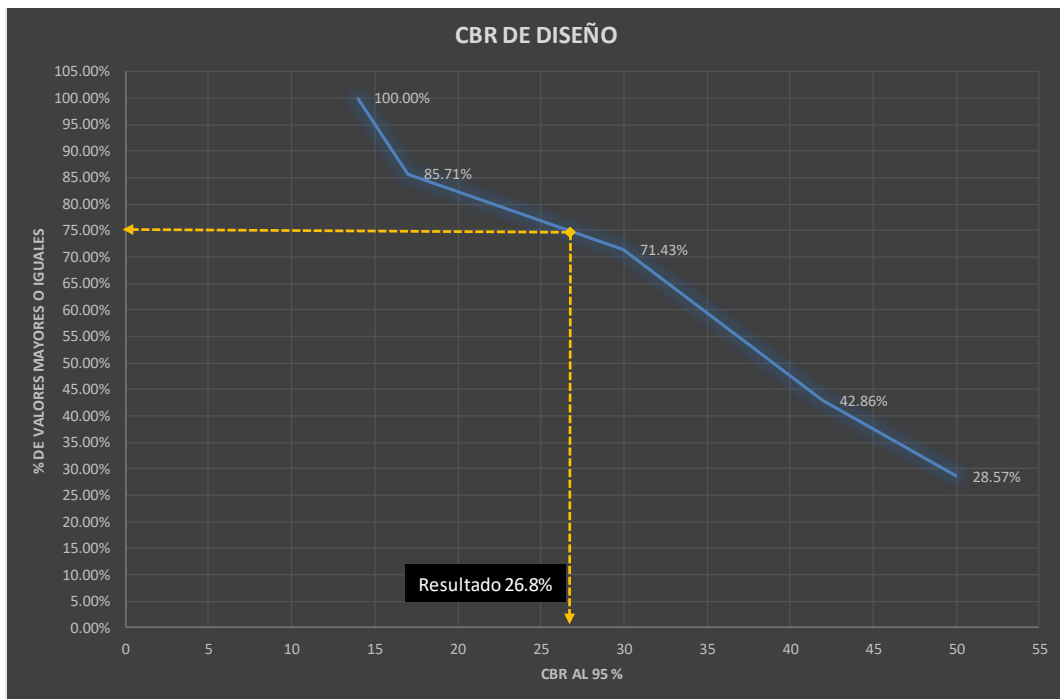
Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Crespo Villalaz 5ta Edición, Pág.113.

Tabla 34: Datos de CBR de muestras

CBR	% de valores iguales a mayores
14	100.00%
17	85.71%
30	71.43%
42	42.86%
50	28.57%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5: Selección del CBR de Diseño.



Fuente: Elaboración propia.

El CBR de diseño obtenido según el método del instituto del asfalto, se obtiene como resultado 26.8 %, CBR representativo para todas las muestras obtenidas en relación a las calicatas realizadas en el terreno de proyecto.

(%)		CBR (95%)
85.71%	=	17
75.00%	=	X
71.43%	=	30
-0.14286	=	13
-0.10714	=	X-17
x=	26.8	



CAPÍTULO IV. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO



4.1. Introducción

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de (geodesia) para áreas mayores. De manera muy simple, puede decirse que para un topógrafo la Tierra es plana (geoméricamente), mientras que para la geodesia no lo es.

Como resultado de nuestro levantamiento obtuvimos un total de 614 puntos de los cuales determinan que las pendientes en general oscilan entre 0.5%-0.8% a excepción del tramo #3 que cuenta con una pendiente pronunciada de 6.47%. En el levantamiento tomamos en cuenta aceras, esquinas de casa, postes de tendido eléctrico, posos de visita sanitaria PVS, cajas de registro, portones de casa y andenes, todo esto tomado como referencia para indicar las delimitaciones que define el derecho a vía del sitio con un espacio de 6 m hasta el borde de aceras y cajas de registro existentes.

De acuerdo a las pendientes del terreno mostradas, clasifica este terreno de tipo Llano o plano ya que la mayoría de sus pendientes están en un rango de 0.5%-0.8%. De acuerdo con la topografía en nuestro estudio el drenaje pluvial tiene salida a finalizar a un canal de una empresa tabacalera ubicada al norte de dicho proyecto. Ver Tabla 35.

Tabla 35: Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales

Tipo de terreno	Rangos de pendientes (%)
Llano o plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 > G \leq 15$
Montañoso	$15 > G \geq 30$
G = Pendiente	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA) en el cuadro 4.17

4.2. Procedimiento del levantamiento topográfico

Para iniciar con dicho levantamiento topográfico, primeramente, haciendo uso de un GPS marca "Garmin modelo Etrex 30" se procedió a recepcionar las coordenadas UTM WGS 84 en la zona 16 para el PI.1 punto inicial del levantamiento colocando una ficha que representa el primer estacionamiento del equipo Estación Total y así registrar dichas coordenadas las cuales serán referencia para el resto de los puntos.

Para iniciar el levantamiento se toma el punto de inicio del proyecto, posteriormente se localiza el centro de la calle tomando como referencia postes de tendido eléctrico y ubicando el centro, tanto de sur a norte como de este a oeste.

En este punto encontrado plantamos el equipo, para lo cual:

- Se ubica la ficha del PI referenciándose con esquina de casa buscando el centro de la calle.
- Instalamos la estación sobre el trípode y la plomada laser apuntando hacia el punto de la ficha, de igual forma debe estar nivelado respecto al nivel esférico.
- Se crea un trabajo y se asigna un nombre para el proyecto dentro del equipo el cual quedará registrado digitalmente.
- Usando el GPS se recepcionaron las coordenadas para luego ser señalado en la ficha y este ser usado como referencia, luego se graba el punto en el GPS y para luego introducir esta coordenada en la estación total, se elabora el archivo en la estación, y ya insertada las coordenadas se toma la altura del instrumento con cinta métrica desde el punto de la ficha hasta la referencia de la estación total, estos dos datos se deben ingresar al instrumento después de haberlo nivelado y orientado al norte franco, se ingresa al equipo la altura del instrumento, las coordenadas y elevación obtenidas mediante el GPS.
- Seguidamente ubicamos un punto fijo para utilizarlo como BM 1 y así mismo iniciamos el levantamiento con el BM1 banco de nivel o de

memoria ubicando el bastón prisma en la marca puesta indicada como BM1.

- Nos enrasamos en la punta del bastón para verificar la plomada del bastón subiendo el lente del aparato para ubicar el prisma, realizamos el levantamiento de dicho punto hasta que el aparato lo tenga registrado procedemos a guardarlo en el equipo y asignarle un nombre para ese punto.
- Los enrasos de la punta del bastón prisma se hacen en el BM y en los puntos de cambio para mejor precisión.
- Después proceder a levantar la infraestructura existente como esquina de casa, poste de casa u otra referencia que sea fija, es importante que, durante el levantamiento de los puntos en una pared, esquina de casa, portón, medidor, caja de registro, poste de luz, entre otros, estos deben marcarse con aerosol con un código que identifica que representa dicho punto.
- Al definir los puntos de intersección de la calle se procede a marcar estaciones cada 20 metros sobre la línea central, rotulando las estaciones de paredes de casa, cercos o cunetas.
- Este procedimiento lo utilizamos hasta terminar los metros establecidos en el proyecto, en cada estación todo este proceso es repetitivo con la única diferencia que para cada cambio se realiza un levantamiento de vista atrás, el cual debe ser el punto donde estábamos ubicados anteriormente.
- Plantando el equipo en la segunda estación, de igual forma que en el punto anterior, con la única diferencia que a partir de este no se usa la ubicación norte, sino el levantamiento de vista atrás, trabajamos con la plantada uno o vista a otras que es la plantada inicial para verificar la orientación azimut inverso y seguimos grabando los puntos de infraestructura existentes. Este proceso se vuelve repetitivo para cada uno de los puntos de cambio.
- Una vez terminado el levantamiento se inserta memoria USB al equipo para extraer el levantamiento en un tipo de archivo CSV para luego procesarlo en el software Civil 3D versión 2021, este graficará la

geometría de acuerdo con los puntos levantados y así mismo indicará los volúmenes de corte y relleno, pendientes, y geometría en planta.

Como ejemplo se muestran así las coordenadas: Ver tabla 36, pág. 51.

Tabla 36: Coordenadas UTM por código.

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
1	1,440,623.454	573,812.925	801.288	GPS
2	1,440,688.851	573,817.592	800.467	BC
3	1,440,572.428	573,811.849	804.136	LD
4	1,440,569.838	573,806.840	804.138	BM 1
5	1,440,565.884	573,796.751	804.002	LI
6	1,440,571.346	573,800.340	803.697	ARB
7	1,440,571.809	573,805.182	803.858	ACE
8	1,440,572.809	573,807.233	803.744	POST
9	1,440,575.416	573,808.649	802.852	LC
10	1,440,577.727	573,811.155	802.456	LD

Fuente: Elaboración propia.

Ver Levantamiento Topográfico en Anexos, Tabla 58, Anexos pág. XV.



CAPÍTULO V. DISEÑO
DE ESPESORES DE
PAVIMENTO
ARTICULADO



5.1. Metodología para el diseño de pavimento articulado (AASHTO-93).

Para aplicar esta metodología es requerido recopilar todas las propiedades de los materiales a utilizarse para la construcción de las capas que conformarán las capas del pavimento, de igual manera el flujo vehicular que el pavimento deberá soportar durante el periodo de diseño.

En este proceso de debe considerar los criterios mostrados a continuación:

1. Determinar el número de Ejes Equivalentes (ESAL's)
2. Obtener las Variables de diseño:
 - Factores Equivalente de Carga
 - Peso por ejes
 - Serviciabilidad
 - Confiabilidad deseada
 - Desviación Estándar
 - Módulo de Resiliencia
3. Establecer las Propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales (a_i).
4. Calcular los espesores del pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

5.1.1. Serviciabilidad

En concepto la Serviciabilidad se refiere al nivel de servicio que este diseño será capaz de brindar al flujo vehicular que circulará por la misma con el objetivo de brindar todas las comodidades necesarias para poder circular a través de ella.

5.1.1.1. Índice de Serviciabilidad inicial (Po).

Este se refiere al estado de calidad que tendrá que este diseño brindará una vez se esté ejecutando la obra. De acuerdo a lo que indica la norma AASHTO-93 sugiere que se debe usar un valor de 4.2 correspondiente al tipo de pavimento que se está diseñando en este caso para pavimento flexible.

5.1.1.2. Serviciabilidad final (Pt).

Este representa el valor admitido por los usuarios de la carretera durante su vida útil antes de que esta deba ser rehabilitada, reconstruida o pavimentada, este valor es variante respecto a la clasificación funcional de la misma. Para este tipo de diseño la cual comprende vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se sugiere usar un valor dentro del rango 1.8 – 2.

Para este caso se ha decidido usar un valor de 2, esto es a causa de la duración por la que estará diseñado ya que se usó una duración de 10 años, esta es la duración menor establecida y a causa de esto habrá una mayor pérdida de Serviciabilidad.

5.1.1.3. Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).

Este resultado es la diferencia existente entre Serviciabilidad inicial y final, entre menor sea esta diferencia Δ PSI, mayor será la capacidad de soportar la carga del pavimento antes de llegar a fallar. Esto se calcula de la siguiente manera: Ver ecuación 9, pág. 54.

$$\Delta PSI = P_t - P_o$$

Ecuación 9

Donde:

ΔPSI = Pérdida de Serviciabilidad.

P_t = índice de Serviciabilidad final.

P_o = Pérdida de Serviciabilidad inicial.

En este caso el resultado obtenido es: $\Delta PSI = 4.2 - 2 = 2.2$

5.1.1.4. Confiabilidad (R).

Esto depende de la clasificación funcional del camino para obtener el nivel de confiabilidad, para este caso se tomó una confiabilidad de 80% por estar clasificada como colectora rural.

Tabla 37: Niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO.

TIPO DE CAMINO	CONFIABILIDAD RECOMENDADA	
	Zona urbana	Zona rural
Rurales interestatales y autopistas	85 - 99.9	85 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO, 1993.

5.1.1.5. Desviación estándar.

Este parámetro está directamente ligado al nivel de confiabilidad elegido para la vía. Corresponde a la función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio. La guía de la AASHTO-1993 recomienda adoptar valores de S_o comprendidos dentro de los siguientes intervalos: Ver tabla 38.

Tabla 38: Nivel de confiabilidad recomendada por AASHTO.

DESVIACION ESTANDAR (S_o)		
Condición	Pavimento rígido	Pavimento flexible
Construcción nueva	0.35	0.45
Sobre capas	0.39	0.49

Fuente: AASHTO, 1993.

5.1.1.6. Módulo de resiliencia de la sub rasante (MR).

La base para la caracterización de los materiales de subrasante en este método es el módulo resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por lo tanto, se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR.

Cuando $CBR > 10\%$

$$M_R = 4,326 LN (CBR) + 241$$

Ecuación 10

$$M_R = 4,326 LN (26.8\% * 100) + 241 = 14,467 PSI$$

Tomando el CBR encontrado correspondiente a la sub rasante de 26.8% y aplicando la ecuación 10, obtenemos un módulo de resiliencia de 14,467 PSI.

5.1.1.7. Coeficiente de drenaje.

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento.

En este caso se considera un coeficiente de drenaje de $m_i = 1.00$, esto es a causa de las pendientes del terreno natural obtenidas mediante la topografía. Con el objetivo de garantizar un drenaje clasificado como bueno. Ver tabla 39.

Tabla 39: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (mx).

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

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, SIECA 2002, Capítulo 6, Pág.4.

5.1.1.8. Coeficientes de capas estructurales.

Existen distintos factores estructurales que se refieren a las características y propiedades de los materiales que estarán formando parte de las capas del pavimento. De acuerdo a AASHTO, esta indica un coeficiente a_i para cada capa del pavimento lo cual es requerido para realizar el cálculo de los espesores de pavimento flexible.

Cada uno de estos coeficientes representa una medida de capacidad relativa de cada material para su funcionamiento al formar parte de la estructura de pavimento, la representación de estos coeficientes son los siguientes:

a 1: Para la carpeta de rodamiento.

a 2: Para la base.

a 3: Para la sub base.

5.1.1.9. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento a1.

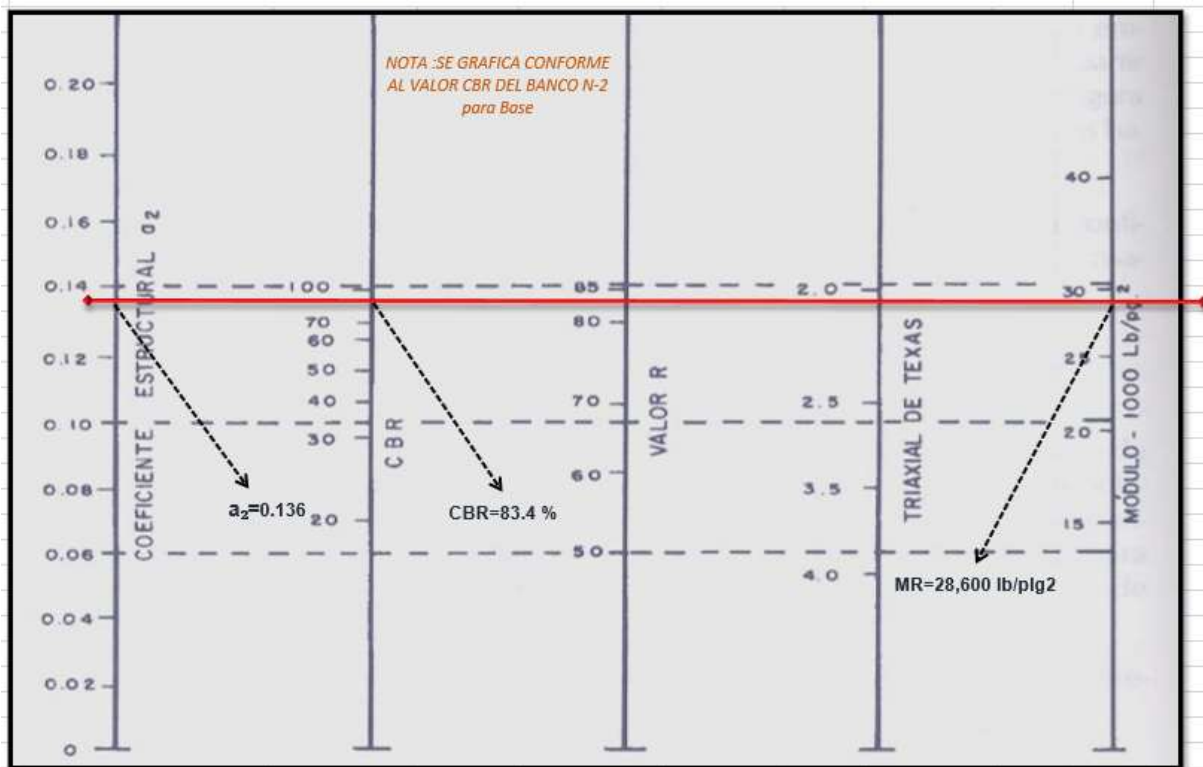
El coeficiente estructural para el diseño de espesores con adoquín ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en el capítulo 7, página 107, cuyo valor es de $a_1=0.45$.

5.1.1.10. Coeficiente estructural para base a2.

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

De acuerdo con la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_2 = 0.136$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de $M_r = 28,600$ psi. Ver figura 6, Pág. 58.

Figura 6: Coeficiente estructural a_2 , para base granular no tratada.

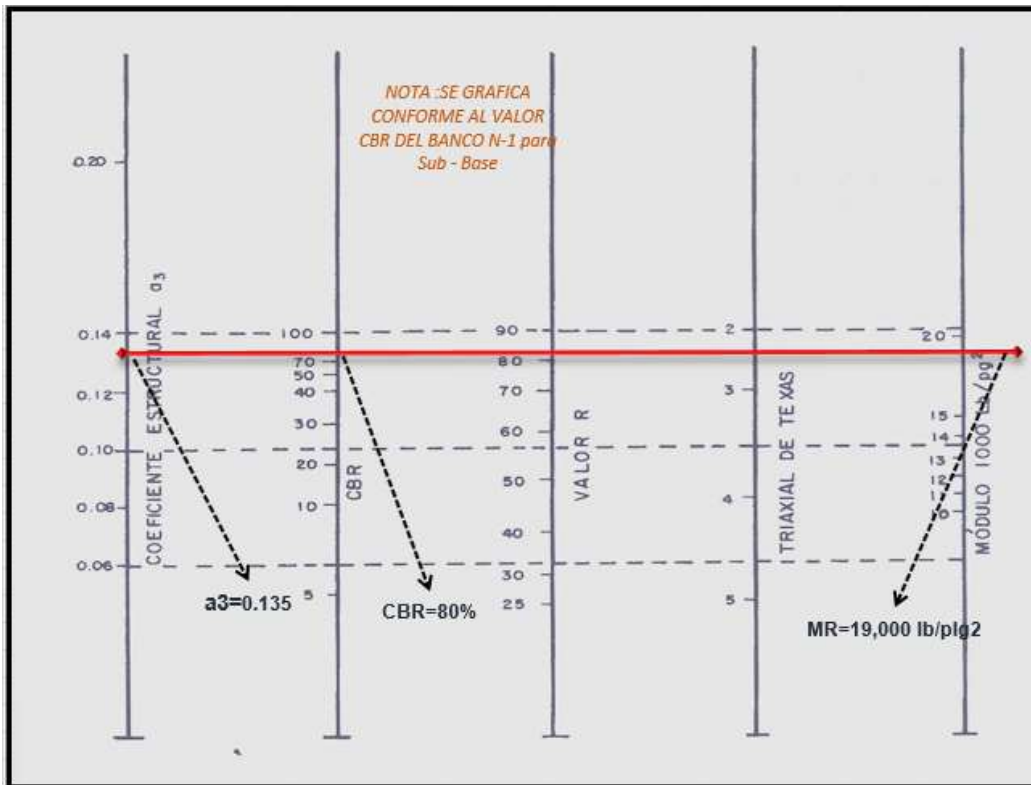


Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

5.1.1.11. Coeficiente estructural para sub base a_3 .

El valor de CBR usado para el cálculo de la Sub-Base es igual a 80% que corresponde al Banco N°1, de acuerdo con la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_3 = 0.135$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de $M_r = 19,000$ PSI. Ver figura 7, Pág. 59.

Figura 7: Coeficiente estructural a3, para sub base granular.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 3-35.

5.1.1.12. Números estructurales aportados y determinación de espesores.

Para el cálculo de los números estructurales se usará la ecuación dada por la AASHTO ROAD TEST. Esta es aplicable para el cálculo de espesores de pavimentos flexibles. Se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}
 SN &= SN_1 + SN_2 + SN_3 = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 && \text{Ecuación} \\
 &= a_1 m_1 + a_2 m_2 + a_3 m_3 && 11
 \end{aligned}$$

Donde:

SN: Número estructural.

a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales o de capas.

D_1, D_2, D_3 : Espesores de las capas en pulgada para la carpeta asfáltica, base y subbase.

m_1, m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje de las capas.

El número estructural está basado en que las capas granulares tratadas, deben estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes. El procedimiento para el cálculo de espesores consiste primero en calcular el SN sobre la Sub-Rasante, después se calculan los SN necesarios sobre las capas de Sub – Base y Base.

5.1.1.13. Determinación de números estructurales.

El primer parámetro tomado en cuenta para el cálculo del número estructural SN1 es el espesor de la capa de rodamiento, para este caso es de adoquín y este tiene un espesor de 4 pulgadas obteniendo así un coeficiente estructural a_1 según indica es de 0.45. a continuación se muestra el cálculo del mismo:

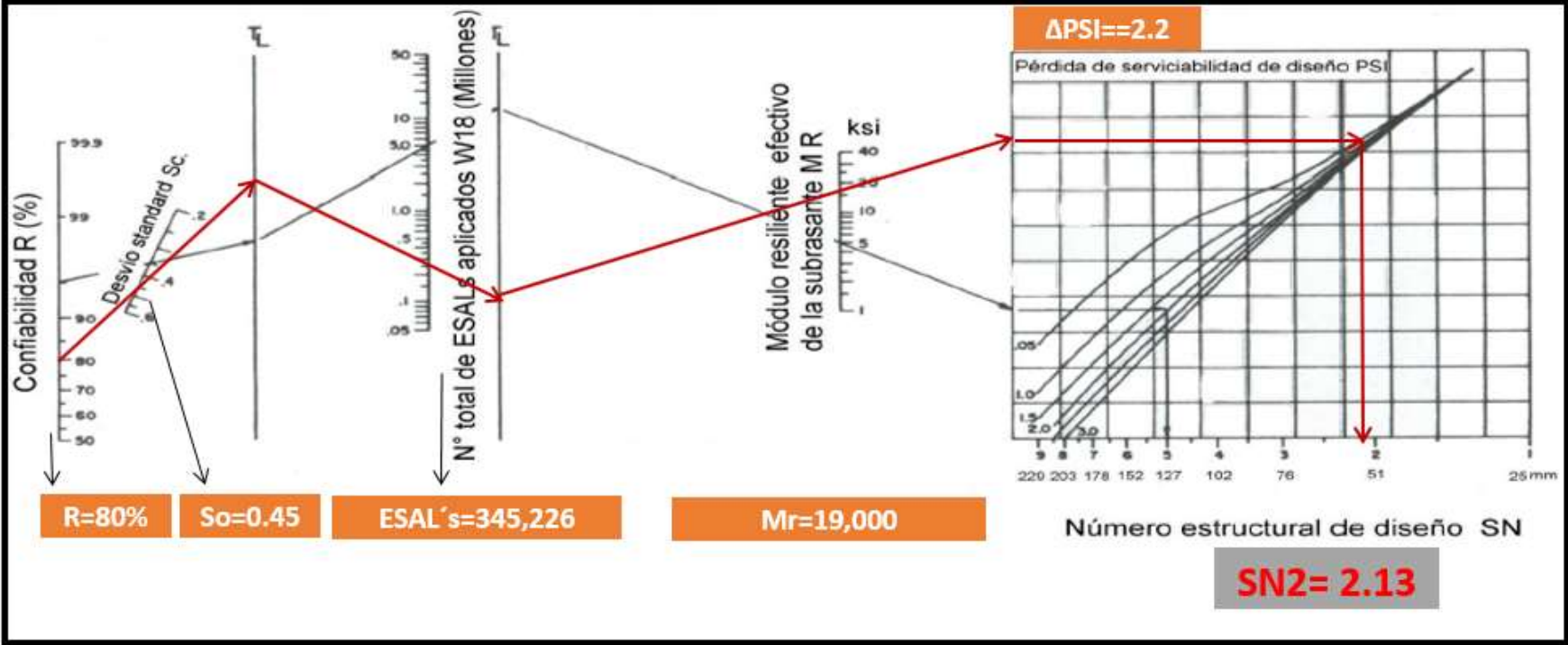
$$SN_1 = a_1 * D_1$$

Ecuación 12

$$SN_1 = 0.45 * 4 = 1.8 \text{ pulgadas.}$$

Para determinar el SN2 y SN3, se aplica el Ábaco orientado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993). Ver figuras 8 - 9. Pág. 61 - 62.

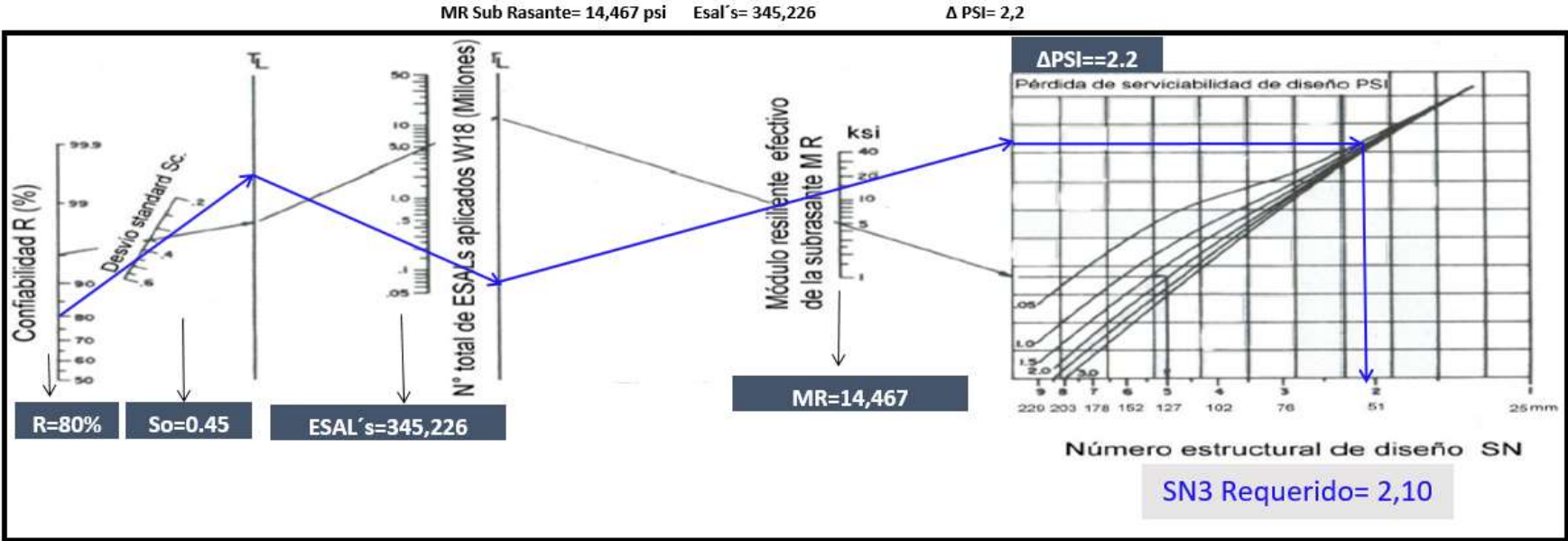
Figura 8: Obtención del Número estructural SN2.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 145.

A partir del uso del ábaco y el Módulo de Resiliencia (MR) se obtiene que SN2 = 2.13.

Figura 9: Obtención del Número estructural SN3.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 145.

A partir del uso del ábaco y el Módulo de Resiliencia (MR) se obtiene que SN3 Requerido = 2.10.

5.1.2. Cálculo de espesores de pavimento.

5.1.2.1. Cálculo del espesor de la base.

Dado que el valor de SN1 ya es conocido, entonces el coeficiente estructural será calculado de la siguiente manera:

$$D_2 = (SN_2 - SN_1)/(a_2 * m_2) \quad \text{Ecuación 13}$$

$$D_2 = \frac{(2.13 - 1.8)}{(0.136 * 1)} = 2.43 \text{ pulg.}$$

Según el resultado obtenido de la ecuación 13, obtenemos un espesor para la capa base granular (D2) =2.43 pulg. Significa que con este espesor será capaz de soportar las cargas verticales actuando sobre la misma, sin embargo, de acuerdo con la tabla 33 que muestra los espesores mínimos de acuerdo al ESAL's de diseño de 345,226 el cual indica que para este caso el espesor mínimo debe ser de 4 pulg. Por lo tanto, se deberá hacer la debida corrección en base al espesor mínimo sugerido por AASHTO-93.

Tabla 40: Espesores mínimos sugeridos por capa.

ESPESORES MÍNIMOS CONSIDERADOS PARA BASE GRANULAR		
Número de ESAL's	Espesor mínimo (Pulg.)	
	Pavimento	Base granular
Menos de 50,000	1	4
50,000-150,000	2	4
150,000-500,000	2.6	4
500,000-2,000,000	3	6
2,000,000-7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 147.

Debido a que fue necesario tomar el espesor mínimo sugerido por AASHTO, es también necesario corregir el cálculo de SN2 usando el nuevo espesor obtenido, por lo tanto, se demuestra que:

$$SN_2 = (a_2 * D_2 * m_2) \quad \text{Ecuación 14}$$

$$SN_2 = 0.136 * 4 * 1 = 0.544$$

El número estructural resultante SN2 obtenido a partir de la ecuación 14 se obtiene un valor de 0.544.

5.1.2.2. Cálculo del espesor de la sub base.

Tomando en cuenta que es conocido el valor de SN1, entonces el valor del coeficiente estructural de la sub base se obtiene de la siguiente manera:

$$D_3 = SN_3 - (SN_2 + SN_1)/(a_3 * m_3) \quad \text{Ecuación 15}$$

$$D_3 = 2.1 - \frac{(2.13 + 1.8)}{(0.135 * 1)} = -13.6 \text{ pulg.}$$

Según indica AASHTO 93 orienta que, si el número resultante correspondiente al espesor de la sub base es negativo, entonces esta capa no es necesaria, por lo tanto, este diseño solo debe contar con una capa base granular únicamente.

Comprobando los resultados obtenidos se comprueban en base a la condición:

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN \text{ Requerido}$$

Ecuación 16

$$1.8 + 0.544 + 0 = 2.344 \geq 2.1 \therefore \text{Se cumple la condición}$$

5.1.2.3. Resumen de espesores finales del diseño.

De acuerdo a los resultados según indican los cálculos, se determina que la carpeta de rodamiento tendrá un espesor de 4 pulgadas debido a que es

adoquín y la base granular tendrá un espesor de 4 pulgadas tomando en cuenta que no será necesario utilizar una capa sub base, cabe señalar que este diseño cuenta con una capa de arena con un espesor de 2 pulgadas el cual es donde descansa la carpeta de rodamiento. Ver tabla 41.

Tabla 41: Resumen de espesores del diseño.

<i>Material</i>	<i>Espesores</i>	
Adoquín	4 Pulg.	10.16 Cm
Arena	2 Pulg.	5.08 Cm
Base	4 Pulg.	10.16 Cm
Sub base	0 Pulg.	0.00 Cm
ESPESOR TOTAL	10 Pulg.	25.40 Cm

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra gráficamente la estructura del diseño con sus espesores totales. Ver figura 10.

Figura 10: Estructura final del pavimento.



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.4. Comprobaciones asistido por Software WINPAS

Los resultados obtenidos anteriormente se han recopilado para realizar las correspondientes comprobaciones aplicando (Pavement Analysis Software 1.04) **WINPAS**, este programa está diseñado en base de los criterios establecidos por la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO facilitándonos así el diseño de los espesores y comprobaciones de cálculos.

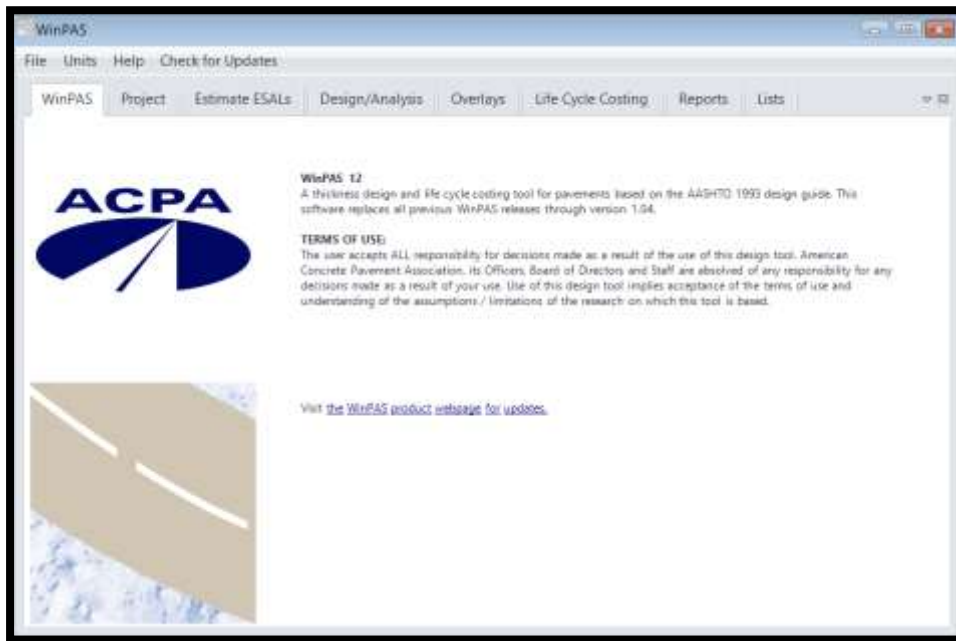
Se muestra a continuación la recopilación de datos necesarios para realizar las debidas comprobaciones:

Tabla 42: Datos de entrada para WINPAS.

DATOS REQUERIDOS	
Tasa de crecimiento (i)=	3.14%
Serviciabilidad Inicial (Po)=	4.20
Serviciabilidad Final (Pt)=	2.00
Δ PSI= Po - Pt	2.20
Periodo de Diseño (n)=	15 años
CBR - Base= (Banco # 2)	83.4%
CBR Sub - Base= (Banco # 1)	80%
CBR Sub - Rasante=	26.8%
Confiabilidad (R)=	80%
Desviación Estandar (So)=	0.45
Coeficiente de Drenaje (m)=	1
ESAL's de diseño=	345,226
Módulo de Resiliencia=	14,467 PSI

Fuente: Elaboración propia.

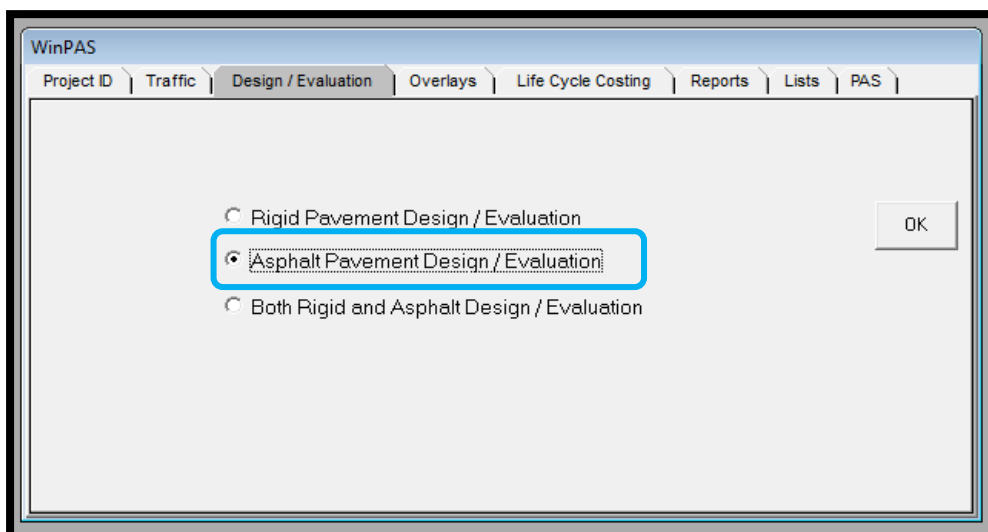
Figura 11: Software de diseño de Pavimento WINPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

El primer paso es seleccionar la pestaña de diseño/evaluaciones, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, donde en este caso se tendrá que elegir la opción 2 de diseño/evaluaciones de pavimento asfáltico.

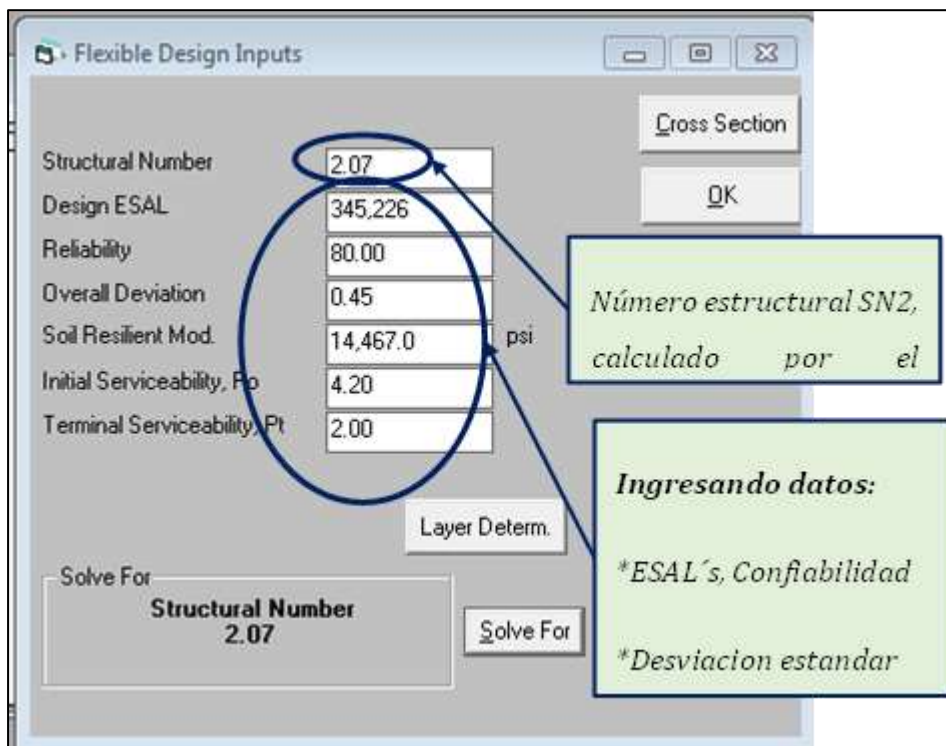
Figura 12: Selección del tipo de pavimento a diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Luego se abrirá otra ventana que es donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño. No se debe escribir el número estructural, ya que este lo calcula el programa después de haber digitado el resto de los datos, dando click en la pestaña resolver (Solve for).

Figura 13: Introducción de datos WINPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Después de haber dado click en la pestaña *resolver* (Solve for). Según el software WinPAS se requiere un **SN=2.07**.

Se procede a introducir los coeficientes estructurales (a_1 , y a_2), los coeficientes de drenaje (m_1 y m_2), y por último los espesores (D_1 y D_2). Se puede observar que, al proponer los espesores calculados manualmente, estos cumplen:

Figura 14: Introducción de Layers de Diseño.



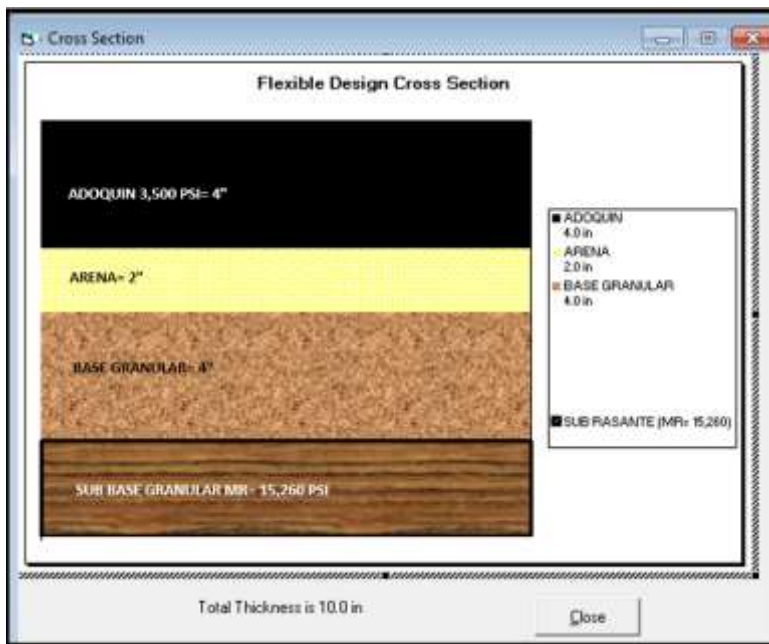
Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 14 indica que la sumatoria de los números estructurales son mayor al SN requerido, por lo tanto, este diseño cumple con los requerimientos establecidos según criterio de la norma AASHTO.

$2.36 \geq 2.07 \therefore$ Cumple con los requerimientos.

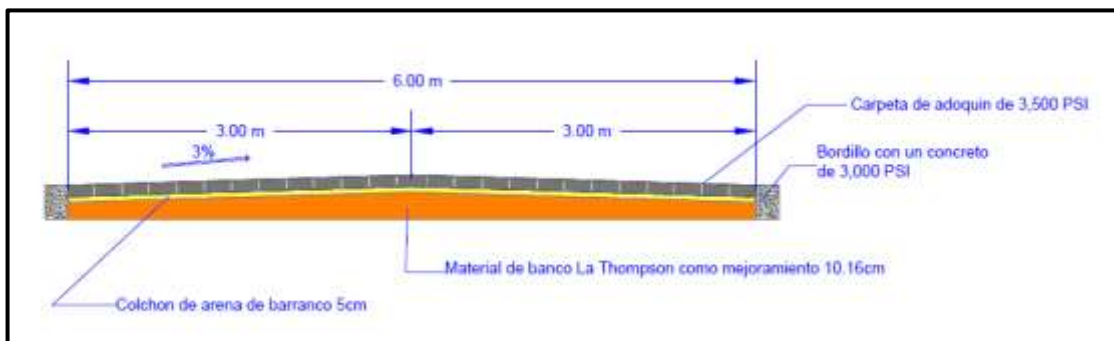
A continuación, se muestra el diseño comprobado con WINPAS. Ver figura 15, pág. 70.

Figura 15: Espesores de Diseño.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Figura 16: Detalle típico de pavimento



Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO VI. COSTO Y PRESUPUESTO



6.1. Estimación de la obra

Con el fin de obtener la estimación de costo y presupuesto más aproximado fue tomado en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Costos directos (Materiales, mano de obra, herramientas y equipos)
- ✓ Costos indirectos (Gastos administrativos, impuestos y utilidades)

Para obtener los costos unitarios fue necesario el uso del catálogo de etapas y sub etapas para proyectos de rodamiento y el Fondo de Inversión Social de Emergencia (Nuevo FISE)

6.1.1. Costos directos.

Materiales: Se consultó la guía de costos y el catálogo de precios proporcionados por la alcaldía municipal.

Mano de Obras: Se determinó como un porcentaje de costo Unitarios de la actividad (material + equipos).

Maquinarias y Equipos: Se obtuvo a partir de la guía de costos del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) mencionada anteriormente, de acuerdo con la unidad de medida reflejada.

6.1.2. Costos indirectos.

Para la determinación de los costos indirectos se aplicaron factores del total de costos directos de la obra. Estos incluyen:

- A. Gastos administrativos
 - ✓ Alquileres y depreciaciones
 - ✓ Obligaciones y seguros
 - ✓ Materiales de consumo
 - ✓ Capacitación
 - ✓ Cargas impositivas: IGV, IR, IM
- B. Cargos adicionales
 - ✓ Gastos Administrativos, 15%
 - ✓ Imprevistos, 10%

- ✓ Impuestos y fianzas, 10%
- ✓ Utilidades, 15%
- ✓ Impuesto Municipal 1%

6.2. Metodología del proceso para determinar los costos.

El método utilizado para realizar el Take-Off del diseño de esta obra se detalla a continuación:

- a) Cálculo de la cantidad de obra según los planos y las especificaciones técnicas del diseño.
- b) Cantidad de materiales, mano de obra y equipos en el proyecto.
- c) Una vez calculada las cantidades de obras y analizados las cantidades, mano de obra y equipos que intervienen en cada etapa del proyecto, se calcula el costo unitario por etapas y sub etapas de actividades de obra tomando como base las guías de costos y presupuesto del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE).
- d) Costo total directo que es la cantidad por el costo unitario de cada uno de los componentes: materiales, mano de obras y equipos.
- e) Cálculo del costo total de cada etapa que es la suma de costo total directo de materiales, mano de obra y equipos.
- f) Los costos indirectos: impuestos, imprevisto, administración resultan de la aplicación de un porcentaje al total de los costos como se indicó anteriormente.
- g) Al final se suma costos directos y los indirectos y se obtiene el costo total del proyecto. Ver anexos. Tabla 62. Pág. XLIII.



Conclusiones y recomendaciones



Conclusiones.

- ✓ En relación al estudio de tránsito presenta que el flujo vehicular más predominante corresponde a los vehículos con clasificación liviana, mostrando un porcentaje de 90.37% el cual para ser proyectado se utilizó la Estación de Mayor Cobertura (EMC 1802 San Marcos - Masatepe) la cual nos permite obtener una tasa de crecimiento del 3.14%.
- ✓ De acuerdo a la tasa de crecimiento obtenida y obteniendo un Factor de Crecimiento $FC = 6,858.70$ se pudo calcular el tránsito de diseño con una cantidad de 1,207,128 vehículos y posteriormente encontrar el número de repeticiones por ejes equivalentes (ESAL's) con un valor de 345,226 para un periodo de diseño de 15 años.
- ✓ Referente al estudio de suelos se presentan un total de 5 sondeos conocidos como calicatas con profundidad de 1.5 m respectivamente, en este estudio por debajo de la sub rasante los suelos identificados predominantes son los de clasificación A-1-b (0) identificado como fragmentos de roca, grava y arena clasificados como *SP SM*, suelos de tipo A-1-a (0) con clasificación A-1-a (0) clasificado como Arena mal graduada con grava clasificado como *SP* y el suelo de tipo A-2-7 (0) identificado como Arena mal graduada con clasificación *SP*. En el cálculo del CBR de la sub rasante resultante fue de 26.8% tomando en cuenta un percentil de diseño de 75%.
- ✓ De los dos bancos de materiales consultados fue seleccionado únicamente el banco 2 evaluado y clasificado para la capa base ya que cuenta con un CBR del 83% apto para ser usado como capa base.
- ✓ En el levantamiento topográfico se pueden identificar los tipos de pendientes de acuerdo a la geometría natural del terreno donde las pendientes más pronunciadas tienen una inclinación de 9.63% y las pendientes menos pronunciadas con un 5.34%.
- ✓ En los resultados obtenidos de diseño de espesores de capas total es de 10 pulgadas equivalente a 25.40 cm (Base granular 4" = 10.16 cm, Capa de arena 2" = 5.08 cm, Adoquín 4" = 10.16 cm) cumpliendo así con los parámetros establecidos según la norma AASHTO-93 calculado

manualmente y luego comprobado asistido por el Software WinPas 12 el cual comprueba que el total de SN \geq SN requerido.

- ✓ Para el cálculo de costos y presupuestos, se recopilaron los datos obtenidos del diseño de espesores de pavimento, así como de la topografía, así mismo haciendo uso del manual de etapas y sub etapas del fondo de inversión social de emergencias (NUEVO FISE), determinando de esta manera un costo total de la obra con un valor de C\$ 5,618,605.38 equivalentes a \$ 158,047.97.

Recomendaciones.

- ✓ Implantar las debidas medidas que regulen el acceso a vehículos para lo cual está diseñado el pavimento articulado con el fin de evitar que por este circulen vehículos que excedan límites de cargas permitidas dentro del diseño y no provoque fallas tempranas en la estructura de pavimento antes del periodo de diseño de 15 años.
- ✓ Verificar que los materiales utilizados han pasado por pruebas de control y calidad para evitar que esto provoque fallas en el diseño y que estas no correspondan a un mal diseño según lo indica el Manual Centroamericano Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales (SIECA).
- ✓ Evitar obtener los materiales que sean provenientes de fábricas no certificadas para garantizar que estos cumplen con todas las pruebas de calidad bajo estricto rigor con el fin de garantizar la resistencia esperada en cada uno de ellos.
- ✓ Para aplicar la capa de arena, primero se deberá rectificar que esta no presente un exceso de limo o de arcilla ya que esto provocaría fallas y no podría soportar la capa de adoquín que sobre esta descansará.
- ✓ Realizar estrictamente un análisis de compactación para evitar que este se muestre muy rígido lo cual provocaría deterioro repentino en la carpeta de rodamiento, o que este se presente muy flexible lo cual provocaría hundimientos en la carpeta de rodamiento.

Bibliografía

- AASHTO-93. (2006). *Diseño de pavimentos (AASHTO-93)*. La Paz: Escuela de caminos de montaña de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan.
- Fonseca, A. (2001). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*.
- INIDE. (2019). *Anuario Estadístico 2018*. Managua: INIDE.
- MTI. (1980). *Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes NIC 2000*. Managua: MTI.
- MTI. (2000). *Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes Nic 2000*.
- MTI. (2019). *Anuario de Aforos de Tráfico Año 2018*. Managua: MTI.
- Nicaragua, B. C. (2018). *Anuario de Estadísticas Macroeconómicas 2018*. Managua: Banco Central de Nicaragua.
- Padilla, M. C. (s.f.). *Formulación y evaluación de proyectos*.
- SIECA. (2004). *Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales*. México.
- SIECA. (2010). *Manual centroamericano para diseño de pavimentos* .
- www.cihefe.es. (Lunes de Febrero de 2015). *www.cihefe.es*. Obtenido de <https://www.cihefe.es/cuadernosdefutbol/2015/09/genesis-del-futbol-en-nicaragua-1909-1928/>



Anexos



Tabla 43: Aforo vehicular del día 1.

AFORO VEHICULAR DE VIABILIDAD EL NARANJO-SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO						DIRECCIÓN: DOBLE SENTIDO		EST: 0+00		
						FECHA:	MIÉRCOLES 01 DE SEPT. DEL 2021			
HORAS	Motocicletas	VEHÍCULOS DE PASAJEROS				VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		TOTAL
		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6:00 am - 6:30 am	8	1	2	1	0	1	1	0	0	14
6:30 am - 7:00 am	10	1	0	2	0	2	0	0	1	16
7:00 am - 7:30 am	4	0	1	1	0	1	0	1	0	8
7:30 am - 8:00 am	13	2	1	3	0	1	1	0	2	23
8:00 am - 8:30 am	12	1	0	2	0	2	1	0	0	18
8:30 am - 9:00 am	10	0	0	2	2	2	0	0	0	16
9:00 am - 9:30 am	12	0	0	1	0	1	0	0	0	14
9:30 am - 10:00 am	15	2	1	1	0	0	0	0	0	19
10:00 am - 10:30 am	10	0	0	2	0	0	2	0	0	14
10:30 am - 11:00 am	7	1	2	0	0	1	0	0	0	11
11:00 am - 11:30 am	8	0	0	2	0	0	0	0	0	10
11:30 am - 12:00 pm	15	0	0	1	0	0	0	0	0	16
12:00 pm - 12:30 pm	19	3	3	0	0	0	1	0	1	27
12:30 pm - 1:00 pm	7	2	0	4	0	2	1	0	0	16
1:00 pm - 1:30 pm	10	1	0	3	0	1	0	0	0	15
1:30 pm - 2:00 pm	9	0	1	3	0	1	0	0	0	14
2:00 pm - 2:30 pm	12	0	1	1	0	3	1	0	0	18
2:30 pm - 3:00 pm	16	1	0	2	0	1	0	0	0	20
3:00 pm - 3:30 pm	19	0	0	0	0	1	1	1	0	22
3:30 pm - 4:00 pm	20	2	0	2	0	2	0	0	2	28
4:00 pm - 4:30 pm	15	0	1	3	0	1	0	0	0	20
4:30 pm - 5:00 pm	16	1	0	2	0	1	1	0	0	21
5:00 pm - 5:30 pm	11	0	0	4	0	0	0	0	0	15
5:30 pm - 6:00 pm	18	1	0	0	0	2	1	0	0	22
TOTAL	296	19	13	42	2	26	11	2	6	417

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: Aforo vehicular del día 2.

AFORO VEHICULAR DE VIABILIDAD EL NARANJO-SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO						DIRECCIÓN: DOBLE SENTIDO		EST: 0+00		
						FECHA:	JUEVES 02 DE SEPT. DEL 2021			
HORAS	Motocicletas	VEHÍCULOS DE PASAJEROS				VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		TOTAL
		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6:00 am - 6:30 am	9	2	1	3	0	1	0	0	0	16
6:30 am - 7:00 am	11	2	2	1	0	2	1	0	1	20
7:00 am - 7:30 am	8	1	2	1	0	1	0	1	0	14
7:30 am - 8:00 am	8	1	2	2	0	1	1	0	1	16
8:00 am - 8:30 am	7	2	2	0	0	2	0	0	0	13
8:30 am - 9:00 am	12	1	2	3	2	2	0	0	1	23
9:00 am - 9:30 am	11	1	2	4	0	1	0	0	0	19
9:30 am - 10:00 am	11	1	2	2	0	0	0	0	0	16
10:00 am - 10:30 am	10	1	3	2	0	0	2	0	0	18
10:30 am - 11:00 am	5	2	5	3	0	1	0	0	0	16
11:00 am - 11:30 am	8	1	1	1	0	0	0	0	0	11
11:30 am - 12:00 pm	6	3	1	5	0	0	0	0	0	15
12:00 pm - 12:30 pm	9	2	1	1	0	0	1	0	0	14
12:30 pm - 1:00 pm	8	2	1	5	0	2	1	1	0	20
1:00 pm - 1:30 pm	16	1	1	2	0	1	0	0	0	21
1:30 pm - 2:00 pm	10	1	3	4	0	1	0	0	0	19
2:00 pm - 2:30 pm	14	1	4	3	0	3	1	0	1	27
2:30 pm - 3:00 pm	10	1	3	1	0	1	0	0	0	16
3:00 pm - 3:30 pm	9	3	6	3	0	1	2	0	0	24
3:30 pm - 4:00 pm	7	2	3	4	0	2	0	0	0	18
4:00 pm - 4:30 pm	10	2	1	2	0	1	0	0	1	17
4:30 pm - 5:00 pm	15	3	3	2	0	1	1	0	0	25
5:00 pm - 5:30 pm	15	3	5	0	0	0	0	0	0	23
5:30 pm - 6:00 pm	6	2	1	4	0	2	1	0	0	16
TOTAL	235	41	57	58	2	26	11	2	5	437

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Aforo vehicular del día 3.

AFORO VEHICULAR DE VIABILIDAD EL NARANJO-SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO						DIRECCIÓN: DOBLE SENTIDO		EST: 0+00		
						FECHA:	VIERNES 03 DE SEPT. DEL 2021			
HORAS	Motocicletas	VEHÍCULOS DE PASAJEROS				VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		TOTAL
		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6:00 am - 6:30 am	9	0	1	4	0	1	0	1	0	16
6:30 am - 7:00 am	15	2	0	3	0	2	0	0	0	22
7:00 am - 7:30 am	3	0	1	3	0	1	0	0	0	8
7:30 am - 8:00 am	14	1	0	1	0	1	1	0	1	19
8:00 am - 8:30 am	12	0	1	5	0	2	2	0	0	22
8:30 am - 9:00 am	13	0	0	4	2	2	0	0	0	21
9:00 am - 9:30 am	15	1	1	3	0	1	0	0	1	22
9:30 am - 10:00 am	44	0	2	5	0	0	0	0	0	51
10:00 am - 10:30 am	7	0	1	3	0	0	2	0	0	13
10:30 am - 11:00 am	10	1	3	5	0	1	0	0	0	20
11:00 am - 11:30 am	11	0	2	3	0	0	0	0	0	16
11:30 am - 12:00 pm	18	0	1	5	0	0	0	0	0	24
12:00 pm - 12:30 pm	14	2	0	4	0	0	1	0	0	21
12:30 pm - 1:00 pm	11	2	1	3	0	2	1	0	0	20
1:00 pm - 1:30 pm	8	0	2	4	0	1	0	0	0	15
1:30 pm - 2:00 pm	15	0	1	6	0	1	1	0	1	25
2:00 pm - 2:30 pm	6	0	3	3	0	3	0	0	0	15
2:30 pm - 3:00 pm	14	0	2	6	0	1	0	0	0	23
3:00 pm - 3:30 pm	16	1	2	9	0	1	1	1	0	31
3:30 pm - 4:00 pm	19	1	1	5	0	2	0	0	1	29
4:00 pm - 4:30 pm	15	2	1	3	0	1	0	0	0	22
4:30 pm - 5:00 pm	13	4	2	7	0	1	1	0	0	28
5:00 pm - 5:30 pm	14	0	4	8	0	0	0	0	0	26
5:30 pm - 6:00 pm	20	1	4	17	0	2	1	0	0	45
TOTAL	336	18	36	119	2	26	11	2	4	554

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Aforo vehicular del día 4.

AFORO VEHICULAR DE VIABILIDAD EL NARANJO-SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO						DIRECCIÓN: DOBLE SENTIDO		EST: 0+00		
						FECHA:	SÁBADO 04 DE SEPT. DEL 2021			
HORAS	Motocicletas	VEHÍCULOS DE PASAJEROS				VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		TOTAL
		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6:00 am - 6:30 am	7	1	0	2	0	1	0	1	0	12
6:30 am - 7:00 am	8	1	1	1	0	2	0	0	0	13
7:00 am - 7:30 am	15	0	1	0	0	1	2	0	0	19
7:30 am - 8:00 am	7	0	1	1	0	1	0	0	1	11
8:00 am - 8:30 am	8	1	1	5	0	2	0	0	0	17
8:30 am - 9:00 am	12	0	1	2	0	0	0	0	0	15
9:00 am - 9:30 am	9	0	1	3	0	0	0	0	2	15
9:30 am - 10:00 am	14	0	1	1	0	1	0	0	0	17
10:00 am - 10:30 am	9	0	2	2	0	0	1	0	0	14
10:30 am - 11:00 am	4	1	4	2	0	0	0	0	0	11
11:00 am - 11:30 am	6	0	0	3	0	2	0	0	0	11
11:30 am - 12:00 pm	5	2	0	4	0	0	0	0	0	11
12:00 pm - 12:30 pm	8	1	0	2	0	0	0	0	0	11
12:30 pm - 1:00 pm	7	1	0	1	0	1	0	0	0	10
1:00 pm - 1:30 pm	15	0	0	3	0	0	0	0	1	19
1:30 pm - 2:00 pm	10	0	2	5	0	0	0	0	0	17
2:00 pm - 2:30 pm	11	0	3	4	0	1	0	0	0	19
2:30 pm - 3:00 pm	10	0	2	4	0	1	1	0	2	20
3:00 pm - 3:30 pm	10	2	5	3	0	1	1	0	0	22
3:30 pm - 4:00 pm	7	1	2	4	0	2	0	0	0	16
4:00 pm - 4:30 pm	8	1	0	2	0	1	0	1	0	13
4:30 pm - 5:00 pm	17	2	2	5	0	1	1	0	0	28
5:00 pm - 5:30 pm	16	2	4	1	0	0	0	0	0	23
5:30 pm - 6:00 pm	8	1	0	3	0	0	1	0	0	13
TOTAL	231	17	33	63	0	18	7	2	6	377

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Aforo vehicular del día 5.

AFORO VEHICULAR DE VIABILIDAD EL NARANJO-SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO						DIRECCIÓN: DOBLE SENTIDO		EST: 0+00		
						FECHA:	DOMINGO 05 DE SEPT. DEL 2021			
HORAS	Motocicletas	VEHÍCULOS DE PASAJEROS				VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		TOTAL
		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2.5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6:00 am - 6:30 am	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
6:30 am - 7:00 am	4	0	0	1	0	0	0	1	0	6
7:00 am - 7:30 am	5	0	0	1	0	1	2	0	0	9
7:30 am - 8:00 am	4	0	0	1	0	0	0	0	2	7
8:00 am - 8:30 am	7	0	0	1	0	0	0	0	0	8
8:30 am - 9:00 am	7	0	0	2	0	0	0	0	0	9
9:00 am - 9:30 am	11	0	0	2	0	0	2	0	0	15
9:30 am - 10:00 am	8	0	0	3	0	1	0	0	0	12
10:00 am - 10:30 am	8	1	0	1	0	0	0	0	0	10
10:30 am - 11:00 am	6	1	1	2	0	1	0	0	0	11
11:00 am - 11:30 am	8	2	0	2	0	0	0	0	0	12
11:30 am - 12:00 pm	11	0	2	1	0	1	1	0	0	16
12:00 pm - 12:30 pm	14	0	0	2	0	0	0	1	0	17
12:30 pm - 1:00 pm	8	0	0	3	0	0	0	0	0	11
1:00 pm - 1:30 pm	4	1	1	3	0	0	0	0	0	9
1:30 pm - 2:00 pm	7	2	0	2	0	0	1	0	0	12
2:00 pm - 2:30 pm	9	1	0	1	0	0	0	0	0	11
2:30 pm - 3:00 pm	8	1	0	2	0	0	0	0	1	12
3:00 pm - 3:30 pm	5	0	3	1	0	0	0	0	0	9
3:30 pm - 4:00 pm	6	0	0	3	0	0	1	0	0	10
4:00 pm - 4:30 pm	7	0	1	1	0	1	0	0	0	10
4:30 pm - 5:00 pm	4	0	0	1	0	1	0	0	1	7
5:00 pm - 5:30 pm	6	1	0	0	0	0	0	0	0	7
5:30 pm - 6:00 pm	4	0	1	2	0	0	0	0	0	7
TOTAL	161	10	9	38	0	7	7	2	4	238

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48: Aforo vehicular del día 6.

AFORO VEHICULAR DE VIABILIDAD EL NARANJO-SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO						DIRECCIÓN: DOBLE SENTIDO		EST: 0+00		
						FECHA:	LUNES 06 DE SEPT. DEL 2021			
HORAS	Motocicletas	VEHÍCULOS DE PASAJEROS				VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		TOTAL
		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6:00 am - 6:30 am	6	0	0	1	0	1	0	0	0	8
6:30 am - 7:00 am	11	2	2	3	0	2	0	0	0	20
7:00 am - 7:30 am	0	1	1	0	0	1	0	0	1	4
7:30 am - 8:00 am	12	2	0	1	0	1	1	0	0	17
8:00 am - 8:30 am	9	1	0	4	0	2	0	0	1	17
8:30 am - 9:00 am	10	0	1	4	2	2	1	0	0	20
9:00 am - 9:30 am	13	0	0	2	0	1	0	1	0	17
9:30 am - 10:00 am	9	1	0	5	0	0	0	0	1	16
10:00 am - 10:30 am	4	0	0	3	0	0	2	0	0	9
10:30 am - 11:00 am	7	0	1	1	0	1	0	0	0	10
11:00 am - 11:30 am	8	0	0	4	0	0	0	0	0	12
11:30 am - 12:00 pm	17	2	0	3	0	0	0	0	0	22
12:00 pm - 12:30 pm	15	1	2	5	0	0	1	0	0	24
12:30 pm - 1:00 pm	8	0	0	1	0	2	1	0	0	12
1:00 pm - 1:30 pm	5	0	0	2	0	1	0	0	0	8
1:30 pm - 2:00 pm	12	1	0	4	0	1	1	0	0	19
2:00 pm - 2:30 pm	3	0	0	3	0	3	0	0	1	10
2:30 pm - 3:00 pm	11	0	1	3	0	1	0	0	0	16
3:00 pm - 3:30 pm	16	2	0	5	0	1	1	0	0	25
3:30 pm - 4:00 pm	14	0	0	6	0	2	0	0	1	23
4:00 pm - 4:30 pm	15	1	0	3	0	1	0	0	1	21
4:30 pm - 5:00 pm	10	0	1	5	0	1	1	0	0	18
5:00 pm - 5:30 pm	11	0	0	7	0	0	0	0	0	18
5:30 pm - 6:00 pm	17	1	0	4	0	2	1	1	0	26
TOTAL	243	15	9	79	2	26	10	2	6	392

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Aforo vehicular del día 7.

AFORO VEHICULAR DE VIABILIDAD EL NARANJO-SABANA LARGA Y EL QUEBRACHO						DIRECCIÓN: DOBLE SENTIDO		EST: 0+00		
						FECHA:	MARTES 07 DE SEPT. DEL 2021			
HORAS	Motocicletas	VEHÍCULOS DE PASAJEROS				VEHÍCULOS DE CARGA		EQUIPO PESADO		TOTAL
		Autos	Jeep	Camioneta	MnBus 15-30 S	C2 5 + Ton	C 3	V.A	V.C	
6:00 am - 6:30 am	9	1	2	2	0	1	0	1	0	16
6:30 am - 7:00 am	12	2	0	1	0	2	0	0	0	17
7:00 am - 7:30 am	4	0	1	2	0	1	0	0	2	10
7:30 am - 8:00 am	14	2	1	2	0	1	1	0	0	21
8:00 am - 8:30 am	13	1	1	3	0	2	0	0	1	21
8:30 am - 9:00 am	12	0	0	4	2	2	1	0	0	21
9:00 am - 9:30 am	14	1	1	4	0	1	0	0	0	21
9:30 am - 10:00 am	14	1	2	2	0	0	0	1	0	20
10:00 am - 10:30 am	9	0	1	4	0	0	2	0	1	17
10:30 am - 11:00 am	9	1	3	3	0	1	0	0	1	18
11:00 am - 11:30 am	10	0	1	3	0	0	0	0	0	14
11:30 am - 12:00 pm	16	0	1	3	0	0	0	0	0	20
12:00 pm - 12:30 pm	19	3	2	5	0	0	1	0	0	30
12:30 pm - 1:00 pm	9	2	1	4	0	2	1	0	1	20
1:00 pm - 1:30 pm	9	1	1	4	0	1	0	0	0	16
1:30 pm - 2:00 pm	12	0	1	3	0	1	2	0	2	21
2:00 pm - 2:30 pm	9	0	2	3	0	3	0	0	0	17
2:30 pm - 3:00 pm	15	1	1	1	0	1	0	0	1	20
3:00 pm - 3:30 pm	17	1	1	4	0	1	1	0	0	25
3:30 pm - 4:00 pm	14	2	1	5	0	2	0	0	0	24
4:00 pm - 4:30 pm	13	1	1	6	0	1	0	0	2	24
4:30 pm - 5:00 pm	10	3	1	5	0	1	1	0	0	21
5:00 pm - 5:30 pm	13	0	2	7	0	0	0	0	0	22
5:30 pm - 6:00 pm	13	1	2	7	0	2	1	0	0	26
TOTAL	289	24	30	87	2	26	11	2	11	482

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50: Tráfico Promedio Diario Anual Histórico (EMC-1802).

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2020	206	112	13	166	4	8	24	40	22	52		40					2	689
2019	217	92	20	157	11	3	34	45	44	5		10					3	641
2017	126	159	27	137	10	7	31	39	63	3		19						621
2014	122	153	63	213	4	3	30	101	96	7		11					1	804
2011	56	77	45	144		3	27	42	51	1	4	6					1	457
2009	63	124	66	155	2	10	38	75	49	4		6						591
2006	17	101	49	183	4	9	24	62	61	7		7					1	525
2004	10	74	37	156	6	6	23	38	62	8		8					1	429
2002	19	52	27	118	4	10	20	40	46	3	1	3					1	343
2000	19	37	37	128	9	4	20	29	36	13	0	6			0		3	344
1998	6	43	50	114	9		16	25	47	2		8						320
1997	13	44	44	114	1	3	13	14	36	19		5				1		307
2020	206	112	13	166	4	8	24	40	22	52		40					2	689

Fuente: Anuario de Aforo de Tráfico (2020). Pág. 152.

Tabla 51: Tráfico Promedio Diario Anual Histórico (ECD-307).

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA						
43	NIC-3	307	ECD	El Tule - Condega (Inter Nic-1)	2019	317	11	12	108	3		32	23	11	4								1	522					
					2016	28	2		20			19	6	10	1											4	90		
					2011	83	4	8	68			25	10	12	2													212	
					2009	82	1	11	40			23	9	9														176	
					2005	18	2	9	81			23	11	13						2								158	
					2001	32	3	24	77			19	5	20	4					1				1		3	188		
					1999	13		10	67			19	2	14	3									5		1	133		
					1996	19	10	10	59			2	7	6	14	1								1		2	131		
					EMC:1802																								
					Tasa Crecimiento: 6,74%					2020	338	12	13	115	3		34	25	12	4								1	557
						Liv.		478		Pasaj.		37		Pesado								42							
						86%		7%		7%																			

Fuente: Anuario de Aforo de Tráfico (2020). Pág. 267.

Tabla 52: Indicadores Macro Económicos.

Conceptos - Concepto	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019 ¹	2020 ²
Producto Interno Bruto - Gross domestic product	118,037.7	124,870.3	128,159.5	124,907.7	130,416.3	138,054.2	147,661.4	154,906.8	162,351.3	170,131.6	177,894.9	186,133.0	176,673.3	173,264.3	169,638.2
Consumo Final¹ - Consumption expenditures¹	114,708.7	119,180.7	123,828.8	128,948.0	129,893.8	135,186.7	139,812.0	144,282.3	150,791.7	158,741.7	166,454.9	172,680.1	168,477.8	163,707.7	163,668.3
Consumo del Gobierno - Government consumption	19,022.3	17,888.8	19,393.2	19,846.2	20,074.1	20,804.9	21,651.6	22,221.1	24,190.6	25,538.6	27,498.3	28,074.6	27,628.0	27,791.2	28,583.6
Del cual - Of which:															
Consumo colectivo - Collective consumption	11,044.9	10,408.6	11,507.3	11,477.2	12,209.8	12,773.1	13,196.9	13,764.1	14,625.0	15,357.2	16,942.4	16,833.1	15,888.5	15,912.3	16,837.0
Consumo individual - Individual consumption	4,957.4	7,480.3	7,829.8	8,245.8	7,884.3	8,138.5	8,244.8	8,238.7	9,615.6	10,259.3	11,233.8	11,498.6	11,380.2	11,677.9	11,871.9
Consumo industrial de hogares e IPI/PIH - Industrial consumption of households and IPI/PIH	66,884.3	101,291.8	104,332.4	106,120.7	109,536.0	112,409.3	116,966.2	121,486.7	126,610.3	133,236.8	140,048.3	144,830.5	138,055.0	135,949.4	134,797.1
Inversión bruta - Gross capital formation	33,074.8	39,847.8	43,900.4	29,828.0	33,028.7	42,886.8	45,085.5	46,630.5	46,426.8	50,262.9	55,106.9	59,821.7	44,823.9	31,397.3	36,188.9
Inversión fija - Fixed investment	28,840.2	32,588.9	35,380.8	28,490.8	30,675.4	38,998.9	42,220.1	44,472.2	43,948.9	47,703.9	51,703.9	54,521.1	43,823.8	22,318.0	30,840.5
Construcción - Construction	17,189.6	17,143.0	17,179.2	12,943.2	11,579.8	13,299.2	12,348.2	13,168.9	13,200.0	14,113.1	15,077.0	15,251.7	21,224.2	13,615.5	15,833.6
Maquinaría y equipo - Machinery and equipment	8,772.1	11,360.9	13,279.8	10,372.8	13,396.7	16,598.2	20,485.1	18,267.3	21,174.9	24,389.9	25,938.0	25,258.8	16,647.7	13,178.5	15,718.7
Otras inversiones - Other gross capital formation	2,965.6	3,866.1	4,356.4	5,153.0	4,663.7	5,801.8	4,966.7	7,777.2	6,608.2	5,885.4	4,227.5	3,886.6	3,247.6	4,764.4	5,162.5
Variedad de existencias - Changes in inventories	4,634.8	7,058.2	8,199.2	3,282.8	4,383.1	7,479.3	3,589.4	3,068.6	1,772.5	5,601.3	4,923.6	4,889.4	2,264.5	248.1	560.7
Inversión pública - Public gross capital formation	4,895.5	5,207.7	6,028.0	6,722.8	6,077.1	6,571.6	7,263.2	6,438.8	6,207.8	12,488.8	13,532.7	15,715.0	13,827.0	11,898.6	14,417.9
Inversión fija - Fixed investment	4,895.5	5,207.7	6,028.0	6,722.8	6,077.1	6,571.6	7,263.2	6,438.8	6,207.8	12,488.8	13,532.7	15,715.0	13,827.0	11,898.6	14,417.9
Construcción - Construction	4,343.9	4,722.1	5,004.4	5,396.9	4,712.2	5,089.2	5,377.1	5,821.8	6,217.9	8,768.9	9,885.1	11,282.1	8,949.2	7,968.2	10,096.8
Maquinaría y equipo - Machinery and equipment	547.8	876.0	1,047.2	1,481.2	1,358.0	2,376.2	2,488.9	3,426.7	4,044.2	4,761.1	4,821.6	3,828.2	4,997.9	5,217.3	5,209.7
Otras inversiones - Other gross capital formation	4.2	8.8	8.7	3.0	8.2	1.8	8.8	8.6	1.9	10.8	1.9	3.1	1.7	1.6	1.7
Inversión privada - Private gross capital formation	28,679.2	34,339.8	37,972.0	23,746.7	30,736.7	36,022.9	37,992.6	37,979.2	36,933.3	40,368.8	45,092.8	43,543.0	30,447.6	19,339.8	21,418.1
Inversión fija - Fixed investment	24,044.7	27,281.8	29,358.8	19,605.1	22,815.4	28,372.4	34,906.0	35,961.4	36,594.3	40,887.1	45,487.7	39,232.4	28,843.1	20,051.0	20,897.8
Construcción - Construction	12,855.7	12,621.0	12,188.3	7,465.7	6,799.3	9,162.8	12,300.0	13,434.2	13,238.1	15,323.8	15,933.9	15,905.9	11,250.5	5,739.9	5,735.1
Maquinaría y equipo - Machinery and equipment	8,224.6	10,994.9	12,936.0	8,908.5	11,824.5	14,246.0	17,969.8	15,214.0	17,889.9	20,607.7	21,502.2	20,319.2	12,490.7	10,720.0	11,117.6
Otras inversiones - Other gross capital formation	2,964.4	3,075.7	4,345.6	3,449.7	4,655.8	5,837.4	5,490.1	7,768.0	6,604.4	5,646.1	4,223.7	5,951.9	5,244.3	4,764.4	5,159.3
Variedad de existencias - Changes in inventories	4,634.5	7,058.2	8,199.2	3,282.8	4,391.1	7,479.3	3,569.4	3,068.6	1,772.5	5,601.3	4,923.6	4,690.4	2,264.5	249.3	560.7
Exportaciones de bienes y servicios - Exports of goods and services	37,188.8	40,721.2	44,027.8	44,096.2	51,366.0	55,476.6	61,302.8	64,721.8	68,905.8	68,227.8	71,883.9	70,881.9	77,321.0	81,629.0	74,880.9
Exportaciones de bienes y servicios - Exports of goods and services	66,890.3	74,689.1	82,281.9	74,768.0	83,768.1	93,424.3	98,704.9	102,110.3	108,287.9	117,801.8	123,888.3	126,748.3	107,611.9	103,499.0	104,490.1

Fuente: Anuario Macro Económico BCN. Pág. 12.

Tabla 53: Consumo de Hidro Carburos.

Capítulo I: Sector real - Chapter I: Real sector

Cuadro - Table I-26
Consumo de hidrocarburos^U - Oil derivatives consumption^U
(miles de barriles - thousand barrels)

Conceptos - Concepts	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 ^U	2019 ^U	2020 ^U
Gas licuado - Liquefied petroleum gas	672.1	714.7	707.5	747.4	875.4	792.6	940.2	1,056.3	1,094.4	1,232.9	1,349.4	1,438.9	1,430.0	1,429.7	1,534.2
Gasolina - Gasoline	1,622.9	1,715.9	1,705.9	1,820.1	1,860.8	1,914.0	2,055.1	2,132.2	2,272.5	2,501.6	2,846.0	2,968.9	2,791.0	2,929.4	2,900.6
Kero/turbo - Kero/turbo	201.5	240.0	216.0	191.8	180.0	187.4	208.6	201.9	214.9	244.9	243.5	272.3	294.0	185.5	100.7
Diesel - Diesel	3,079.7	3,505.7	3,152.9	3,115.1	3,282.3	3,474.0	3,560.7	3,655.9	3,853.6	4,232.1	4,441.5	4,627.5	4,279.3	4,337.7	4,309.5
Fuel oil - Fuel oil	3,646.6	3,437.7	3,437.3	3,812.1	3,297.0	3,894.5	3,442.7	3,037.7	3,078.6	3,501.2	3,411.6	2,954.0	2,051.6	2,036.0	1,981.9
Asfalto - Asphalt	78.4	118.3	111.4	69.9	82.4	114.0	104.9	69.5	64.4	115.5	131.3	95.4	113.3	141.1	81.2

Fuente: Anuario Macro Económico BCN. Pág. 34.

Tabla 54: Diagrama de cargas permisibles vehículos livianos.

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

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (2018).

Tabla 55: Diagrama de cargas permisibles vehículos pesados.




TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Maximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.
a: Eje sencillo / anta sencilla
b: Eje sencillo / anta doble

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (2018).

Tabla 56: Factores equivalentes de cargas, ejes simples.


Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_s = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(kN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0) 	6.0 (152.4)
2.2	2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
	4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002
4.4	6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009
	8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031
8.8, 9.9	10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.079
11	12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174
	14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338
14.3	16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603
	18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57
	22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	 2.35
	24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.46
	26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77
	28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52
	30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7
	32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5
	34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9
	36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0
	38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0
	40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0
	42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2
	44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7
	46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7
	48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3
	50	222.5	113	108	97	86	81
						81	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Tabla 57: Factores equivalentes de cargas, ejes dobles.

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0) 	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Tabla 58: Levantamiento topográfico.

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
1	1,440,623.454	573,812.925	801.288	GPS
2	1,440,688.851	573,817.592	800.467	BC
3	1,440,572.428	573,811.849	804.136	LD
4	1,440,569.838	573,806.840	804.138	BM 1
5	1,440,565.884	573,796.751	804.002	LI
6	1,440,571.346	573,800.340	803.697	ARB
7	1,440,571.809	573,805.182	803.858	ACE
8	1,440,572.809	573,807.233	803.744	POST
9	1,440,575.416	573,808.649	802.852	LC
10	1,440,577.727	573,811.155	802.456	LD
11	1,440,579.877	573,814.529	802.232	POST
12	1,440,578.487	573,803.331	802.649	ARB
13	1,440,585.171	573,804.491	802.088	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
14	1,440,585.188	573,807.184	802.212	PC
15	1,440,584.968	573,810.706	802.013	LD
16	1,440,590.889	573,814.206	801.842	ARB
17	1,440,592.119	573,812.407	801.714	POST
18	1,440,593.903	573,811.529	801.676	LD
19	1,440,594.244	573,808.510	801.903	LC
20	1,440,594.617	573,804.660	801.76	LI
21	1,440,594.115	573,814.240	802.26	EC
22	1,440,607.544	573,815.089	802.274	EC
23	1,440,601.136	573,813.119	802.03	POST
24	1,440,602.532	573,812.048	801.494	LD
25	1,440,602.853	573,809.055	801.732	LC
26	1,440,603.187	573,805.473	801.498	LI
27	1,440,628.006	573,807.470	800.863	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
28	1,440,627.901	573,809.057	801.184	LC
29	1,440,627.659	573,811.389	801.285	LC
30	1,440,627.416	573,813.461	801.182	LD
31	1,440,627.691	573,814.269	801.008	LD
32	1,440,653.596	573,816.010	800.707	LD
33	1,440,653.719	573,814.896	800.937	LD
34	1,440,653.914	573,812.610	800.987	LC
35	1,440,654.079	573,810.451	800.813	LI
36	1,440,654.213	573,809.181	800.6	LI
37	1,440,671.266	573,810.585	800.457	LI
38	1,440,671.137	573,811.704	800.561	LI
39	1,440,671.029	573,814.031	800.67	LC
40	1,440,670.918	573,816.048	800.633	LD
41	1,440,670.876	573,816.921	800.493	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
42	1,440,688.851	573,817.592	800.448	PC
43	1,440,623.458	573,812.880	801.276	LD
44	1,440,681.252	573,817.402	800.339	LD
45	1,440,682.829	573,812.360	800.121	LI
46	1,440,682.535	573,807.653	800.009	POST
47	1,440,684.891	573,798.279	799.518	EC
48	1,440,690.720	573,803.375	800.276	ACE
49	1,440,691.793	573,811.444	800.636	LI
50	1,440,699.474	573,814.227	800.819	LI
51	1,440,698.575	573,815.231	800.892	LI
52	1,440,697.722	573,817.145	800.903	LC
53	1,440,696.458	573,818.394	800.81	LD
54	1,440,697.107	573,819.458	800.697	LD
55	1,440,691.386	573,819.532	800.709	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
56	1,440,690.297	573,821.099	800.911	POST
57	1,440,688.515	573,826.648	801.228	ACE
58	1,440,687.949	573,829.388	801.391	POST
59	1,440,684.789	573,829.903	801.427	ARB
60	1,440,685.566	573,820.504	800.739	LD
61	1,440,777.188	573,821.520	803.257	PC 1
62	1,440,776.403	573,820.593	802.69	LD
63	1,440,776.063	573,817.774	802.828	LC
64	1,440,775.754	573,815.148	802.706	LI
65	1,440,769.995	573,815.690	802.818	LI
66	1,440,770.085	573,818.045	802.935	LC
67	1,440,770.138	573,821.215	802.862	LD
68	1,440,763.769	573,821.495	802.79	LD
69	1,440,763.630	573,818.451	803.004	LC

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
70	1,440,763.350	573,815.822	802.948	LI
71	1,440,758.221	573,815.979	802.859	LI
72	1,440,758.070	573,818.749	802.944	LC
73	1,440,757.929	573,821.352	802.729	LD
74	1,440,751.710	573,821.333	802.558	LD
75	1,440,751.680	573,820.444	802.742	LD
76	1,440,751.703	573,818.620	802.833	LC
77	1,440,751.700	573,815.996	802.788	LI
78	1,440,745.526	573,816.025	802.643	LI
79	1,440,745.265	573,818.443	802.692	LC
80	1,440,744.936	573,820.473	802.551	LD
81	1,440,744.879	573,821.354	802.438	LD
82	1,440,738.159	573,820.746	802.256	ACE
83	1,440,738.174	573,819.930	802.435	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
84	1,440,738.165	573,818.048	802.509	LC
85	1,440,738.218	573,816.204	802.446	LI
86	1,440,731.387	573,815.677	802.126	LI
87	1,440,731.121	573,817.900	802.242	LC
88	1,440,730.993	573,820.447	802.133	LD
89	1,440,724.329	573,820.310	801.906	LD
90	1,440,724.259	573,817.556	801.958	LC
91	1,440,724.658	573,815.306	801.877	LI
92	1,440,718.407	573,815.060	801.658	LI
93	1,440,718.194	573,817.647	801.754	LC
94	1,440,718.058	573,820.470	801.739	LD
95	1,440,712.025	573,820.665	801.448	LD
96	1,440,712.068	573,817.763	801.477	LC
97	1,440,712.119	573,815.069	801.335	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
98	1,440,765.354	573,819.915	802.992	LC
99	1,440,783.534	573,819.814	802.684	LD
100	1,440,782.781	573,816.502	802.736	LC
101	1,440,782.315	573,813.326	802.568	LI
102	1,440,787.725	573,812.080	802.464	LI
103	1,440,788.596	573,814.739	802.652	LC
104	1,440,789.385	573,818.615	802.603	LD
105	1,440,797.546	573,815.990	802.469	LD
106	1,440,796.649	573,813.053	802.511	PC 2
107	1,440,795.670	573,809.805	802.384	LI
108	1,440,812.320	573,803.176	802.325	LI
109	1,440,813.182	573,806.350	802.361	LC
110	1,440,814.325	573,809.341	802.276	LD
111	1,440,832.493	573,802.215	802.075	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
112	1,440,831.307	573,799.268	802.241	LC
113	1,440,830.299	573,796.596	802.046	LI
114	1,440,845.156	573,790.927	801.994	LI
115	1,440,845.981	573,793.214	802.211	LC
116	1,440,847.102	573,796.445	802.052	LD
117	1,440,864.914	573,789.343	802.049	LD
118	1,440,863.745	573,786.544	802.141	LC
119	1,440,884.383	573,777.949	802.212	PC 3
120	1,440,893.701	573,770.878	802.149	LD
121	1,440,874.897	573,778.129	802.058	LI
122	1,440,876.325	573,780.724	802.149	LC
123	1,440,877.734	573,783.422	802.008	LD
124	1,440,885.748	573,779.307	802.065	LD
125	1,440,885.057	573,777.558	802.198	LC

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
126	1,440,884.082	573,775.887	802.22	LI
127	1,440,882.693	573,773.604	801.996	ACE
128	1,440,889.392	573,769.364	802.037	LI
129	1,440,890.370	573,771.621	802.186	LI
130	1,440,891.516	573,773.197	802.143	LC
131	1,440,891.934	573,774.093	801.937	LD
132	1,440,892.508	573,775.211	802.074	LD
133	1,440,897.438	573,769.995	801.966	LD
134	1,440,896.412	573,768.826	802.163	LC
135	1,440,895.171	573,767.448	802.173	LI
136	1,440,894.180	573,766.362	802.111	LI
137	1,440,893.391	573,764.871	801.957	ARB
138	1,440,899.817	573,758.606	801.926	BM 2
139	1,440,900.847	573,762.208	802.251	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
140	1,440,901.828	573,763.769	802.234	LC
141	1,440,903.021	573,764.222	802.01	LD
142	1,440,908.636	573,757.976	802.186	LD
143	1,440,906.437	573,758.774	802.319	LD
144	1,440,905.045	573,758.060	802.356	LC
145	1,440,904.400	573,753.356	802.163	LI
146	1,440,922.039	573,734.575	802.613	LI
147	1,440,923.763	573,737.007	802.749	LC
148	1,440,925.999	573,740.007	802.641	LD
149	1,440,938.038	573,725.904	802.952	LD
150	1,440,938.038	573,725.904	802.959	PC 4
151	1,440,919.933	573,736.610	802.535	LI
152	1,440,922.033	573,738.851	802.727	LC
153	1,440,924.349	573,741.353	802.654	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
154	1,440,930.127	573,737.139	802.762	LD
155	1,440,928.479	573,734.555	802.827	LC
156	1,440,926.144	573,731.255	802.749	LI
157	1,440,931.027	573,727.756	802.969	LI
158	1,440,932.503	573,730.955	802.914	LC
159	1,440,934.553	573,734.369	802.796	LD
160	1,440,940.738	573,732.084	802.928	LD
161	1,440,939.168	573,728.493	803.019	LC
162	1,440,935.142	573,722.776	803.026	GC
163	1,440,924.610	573,718.295	802.697	GC
164	1,440,925.632	573,715.311	803.012	GC
165	1,440,935.646	573,717.879	803.512	GC
166	1,440,940.631	573,718.533	803.458	BM 3
167	1,440,947.986	573,722.530	802.986	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
168	1,440,949.742	573,724.074	803.234	LC
169	1,440,949.512	573,726.265	803.189	LD
170	1,440,950.901	573,729.866	803.129	POS
171	1,440,964.762	573,723.323	803.585	LI
172	1,440,964.508	573,726.075	803.653	LC
173	1,440,964.207	573,729.769	803.418	LD
174	1,440,981.224	573,730.419	804.104	LD
175	1,440,981.464	573,727.283	804.238	LC
176	1,440,981.775	573,724.030	804.16	LI
177	1,441,099.563	573,724.811	810.298	PC 5
178	1,440,995.613	573,724.579	804.851	LI
179	1,440,995.546	573,727.298	804.886	LC
180	1,440,995.296	573,730.625	804.727	LD
181	1,441,009.072	573,730.657	805.308	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
182	1,441,009.033	573,727.971	805.446	LC
183	1,441,009.081	573,724.945	805.486	LI
184	1,441,020.756	573,724.918	805.85	LI
185	1,441,020.785	573,727.330	805.807	LC
186	1,441,020.564	573,730.739	805.61	LD
187	1,441,034.698	573,730.617	806.276	LD
188	1,441,034.542	573,727.976	806.383	LC
189	1,441,034.593	573,725.160	806.391	LI
190	1,441,045.861	573,725.148	806.963	LI
191	1,441,045.879	573,727.665	807.027	LC
192	1,441,045.928	573,730.819	806.904	LD
193	1,441,057.487	573,730.742	807.515	LD
194	1,441,057.436	573,727.830	807.692	LC
195	1,441,057.368	573,724.758	807.585	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
196	1,441,099.563	573,724.811	810.276	PC 6
197	1,441,056.098	573,726.345	807.578	LI
198	1,441,055.883	573,728.112	807.586	LC
199	1,441,056.000	573,730.964	807.43	LD
200	1,441,070.786	573,730.102	808.295	LD
201	1,441,070.869	573,727.134	808.476	LC
202	1,441,070.744	573,723.672	808.416	LI
203	1,441,087.252	573,721.463	809.506	LI
204	1,441,087.751	573,724.661	809.659	LC
205	1,441,088.548	573,728.220	809.517	LD
206	1,441,097.616	573,727.201	810.183	LD
207	1,441,096.641	573,723.905	810.196	LC
208	1,441,096.235	573,719.453	810.36	LI
209	1,441,105.923	573,717.892	810.797	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
210	1,441,107.658	573,721.241	810.714	LC
211	1,441,107.103	573,724.821	810.479	LD
212	1,441,126.408	573,709.269	811.65	LI
213	1,441,127.677	573,712.219	811.843	LC
214	1,441,129.330	573,715.026	811.82	LD
215	1,441,145.436	573,706.574	812.726	LD
216	1,441,144.192	573,704.205	812.835	LC
217	1,441,142.950	573,701.572	812.703	LI
218	1,441,158.169	573,694.292	813.832	LI
219	1,441,158.922	573,696.649	813.799	LC
220	1,441,159.993	573,699.756	813.658	LD
221	1,441,174.736	573,693.475	814.808	LD
222	1,441,173.259	573,690.884	814.953	LC
223	1,441,172.394	573,688.125	814.835	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
224	1,441,187.111	573,682.121	816.096	LI
225	1,441,188.028	573,684.557	816.227	LC
226	1,441,189.295	573,687.178	816.118	LD
227	1,441,213.881	573,672.400	818.385	PC 7
228	1,441,225.482	573,667.795	819.062	ARB
229	1,441,206.974	573,673.824	817.947	LI
230	1,441,208.112	573,676.522	818.005	LC
231	1,441,209.394	573,679.215	817.972	LD
232	1,441,220.452	573,674.782	818.62	LD
233	1,441,219.457	573,672.038	818.748	LC
234	1,441,218.395	573,669.019	818.671	LI
235	1,441,230.906	573,663.946	819.158	LI
236	1,441,232.069	573,666.661	819.298	LC
237	1,441,233.183	573,669.709	819.198	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
238	1,441,245.157	573,665.246	819.105	LD
239	1,441,244.156	573,662.129	819.156	LC
240	1,441,243.152	573,659.254	819.053	LI
241	1,441,253.233	573,656.292	818.56	LI
242	1,441,253.777	573,659.133	818.686	LC
243	1,441,254.589	573,662.878	818.56	LD
244	1,441,241.033	573,661.726	819.229	PC 8
245	1,441,241.033	573,661.726	819.201	LD
246	1,441,290.862	573,657.558	817.977	LC
247	1,441,290.862	573,657.558	817.99	LI
248	1,441,260.494	573,655.656	818.146	LI
249	1,441,261.292	573,658.324	818.296	LC
250	1,441,261.768	573,661.443	818.199	LD
251	1,441,271.681	573,660.250	818.027	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
252	1,441,271.429	573,656.779	818.065	LC
253	1,441,270.955	573,652.807	817.854	LI
254	1,441,266.184	573,653.985	817.832	LI
255	1,441,268.291	573,651.564	817.629	GC
256	1,441,268.974	573,648.927	817.437	BM 4
257	1,441,268.856	573,646.639	817.406	GC
258	1,441,265.038	573,642.270	817.35	GC
259	1,441,270.586	573,637.711	817.092	GC
260	1,441,276.242	573,642.640	817.379	GC
261	1,441,282.862	573,647.758	817.748	GC
262	1,441,288.786	573,651.024	817.813	GC
263	1,441,288.933	573,655.328	818.027	LC
264	1,441,288.884	573,659.137	817.928	LD
265	1,441,299.988	573,659.387	817.952	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
266	1,441,300.011	573,656.145	818.123	LC
267	1,441,300.159	573,652.564	817.942	LI
268	1,441,300.200	573,652.574	817.942	LI
269	1,441,311.354	573,654.266	818.056	LI
270	1,441,311.113	573,656.885	818.113	PC 9
271	1,441,310.903	573,660.260	818.019	LD
272	1,441,323.591	573,660.512	818.104	LD
273	1,441,323.437	573,657.258	818.237	LC
274	1,441,323.497	573,654.150	818.138	LI
275	1,441,335.836	573,654.441	818.458	LI
276	1,441,335.626	573,657.010	818.493	LC
277	1,441,335.663	573,660.097	818.428	LD
278	1,441,360.824	573,658.395	819.776	LD
279	1,441,360.662	573,655.662	819.796	LC

280	1,441,360.527	573,652.956	819.727	LI
281	1,441,377.093	573,652.242	820.571	LI
282	1,441,376.830	573,654.862	820.675	LC
283	1,441,376.649	573,658.116	820.594	LD
284	1,441,390.928	573,658.252	820.924	LD
285	1,441,390.840	573,655.363	821.07	LC
286	1,441,390.774	573,652.131	821.002	LI
287	1,441,505.691	573,650.996	823.76	LI
288	1,441,413.693	573,652.854	821.351	VE
289	1,441,413.605	573,655.527	821.457	VE
290	1,441,413.584	573,658.538	821.448	VE
291	1,441,432.557	573,658.328	821.87	LI
292	1,441,432.387	573,655.347	821.9	LC
293	1,441,432.408	573,652.451	821.936	LD
294	1,441,425.861	573,653.835	821.733	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
295	1,441,450.239	573,651.555	823.918	LI
296	1,441,450.098	573,654.284	823.948	LC
297	1,441,450.204	573,657.256	823.958	LD
298	1,441,505.691	573,650.996	823.77	PC 10
299	1,441,477.536	573,650.456	823.047	LI
300	1,441,477.671	573,653.478	823.123	LC
301	1,441,477.770	573,656.514	823.067	LD
302	1,441,497.706	573,655.799	823.555	LD
303	1,441,497.812	573,653.233	823.643	LC
304	1,441,497.897	573,649.835	823.714	LI
305	1,441,513.500	573,655.618	823.664	LD
306	1,441,513.581	573,652.514	823.722	LC
307	1,441,513.797	573,649.309	823.737	LI
308	1,441,530.002	573,650.138	823.407	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
309	1,441,529.390	573,652.837	823.465	LC
310	1,441,529.023	573,655.997	823.526	LD
311	1,441,604.954	573,660.043	822.648	LD
312	1,441,604.954	573,660.043	822.639	LC
313	1,441,539.429	573,657.318	823.231	LD
314	1,441,540.111	573,654.810	823.214	LC
315	1,441,540.720	573,651.560	823.082	LI
316	1,441,552.041	573,653.167	822.86	LI
317	1,441,551.594	573,656.065	822.984	LC
318	1,441,551.101	573,658.940	822.891	LD
319	1,441,565.941	573,661.777	822.649	LD
320	1,441,566.707	573,658.998	822.714	LC
321	1,441,567.602	573,655.450	822.611	LI
322	1,441,577.598	573,656.882	822.538	LI

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
323	1,441,577.034	573,660.495	822.657	LC
324	1,441,576.282	573,663.725	822.553	LD
325	1,441,583.867	573,665.992	822.34	ARB
326	1,441,585.402	573,666.762	822.179	EC
327	1,441,587.374	573,667.309	822.372	POST
328	1,441,588.590	573,663.380	822.424	LC
329	1,441,585.976	573,662.786	822.191	LC
330	1,441,583.522	573,662.338	822.402	PC 11
331	1,441,584.683	573,658.811	822.393	LI
332	1,441,586.653	573,659.167	822.29	LI
333	1,441,589.785	573,660.027	822.457	LI
334	1,441,597.560	573,659.010	822.619	ARB
335	1,441,598.813	573,662.763	822.856	LI
336	1,441,597.875	573,667.141	822.714	LD

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
337	1,441,596.067	573,670.828	822.625	ACE
338	1,441,604.101	573,673.093	822.537	POST
339	1,441,605.310	573,671.660	822.424	ARB
340	1,441,608.462	573,674.917	822.551	ARB
341	1,441,610.389	573,670.364	822.554	LD
342	1,441,607.893	573,668.748	822.388	LD
343	1,441,605.789	573,666.703	822.629	LC
344	1,441,608.798	573,664.548	822.708	LI
345	1,441,610.707	573,666.791	822.383	LC
346	1,441,612.892	573,669.353	822.569	LD
347	1,441,614.462	573,667.085	822.488	LC
348	1,441,613.244	573,665.984	822.394	LC
349	1,441,610.402	573,663.323	822.754	LI
350	1,441,610.059	573,661.061	822.804	ARB

Número	Coord. UTM X	Coord. UTM Y	Elev. (msnm)	Código
351	1,441,609.352	573,658.012	822.68	ARB
352	1,441,617.934	573,656.090	822.696	POST
353	1,441,629.243	573,652.990	822.516	ARB
354	1,441,623.615	573,657.652	822.793	ACE
355	1,441,627.000	573,661.532	822.795	BM 5
356	1,441,617.492	573,664.294	822.627	LI
357	1,441,615.844	573,665.751	822.574	LI
358	1,441,625.763	573,671.617	822.698	LC
359	1,441,634.228	573,677.116	822.831	LC
360	1,441,632.144	573,680.590	822.899	LD
361	1,441,630.155	573,684.252	822.836	LD
362	1,441,621.353	573,680.357	822.732	ARB
363	1,441,622.912	573,676.953	822.817	LD
364	1,441,567.601	573,654.956	822.722	LC

365	1,441,617.630	573,666.676	822.567	PC 12
-----	---------------	-------------	---------	-------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Leyenda de códigos

ABREVIATURA	LEYENDA
VE	VADO EXISTENTE
BC	BORDE CARRETERA
LD	LINEA DERECHA
LI	LINEA IZQUIERDA
ARB	ARBOL
ACE	ACERA
POST	POSTE
LC	LINEA CENTRAL
PC	PUNTO CAMBIO
EC	ESQUINA CASA
GC	GANCHO CAMINO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Dosificación para el concreto.

PARA 1 M ³ DE CONCRETO					
Tipo de concreto	Resistencia PSI	Cemento kg	Arena m3	Grava m3	Agua L
1:2:2	3500	420	0.67	0.67	220
1:2:3	3000	350	0.56	0.84	180
1:2:4	2500	300	0.48	0.96	170
1:3:4	2000	260	0.63	0.84	170
1:3:6	1500	210	0.50	1.00	160
Desperdicio		5%	20%	10%	30%

Fuente: Manual del Maestro de Obra, página 32, año 2009).

Tabla 61: Áreas a trabajar.

ÁREA TOTAL A ADOQUINAR		
Ancho del carril	Longitud total	Área total
6 m	1,000 m	6,000 m ²
ÁREA TOTAL A LIMPIAR		
Ancho del carril	Longitud total	Área total
7.2 m	1,001 m	7,209 m ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62: Presupuesto estimado del diseño.

Etapa	Sub Etapa	Descripción	U/m	Cantidad	Costo Unit	Materiales	Mano de Obra	Transporte	Maquinaria	Subcontrato	Total
250		Preliminares				8,075.00	69,332.08	161.50	0.00	0.00	77,568.58
	01	Limpieza para adoquinado	m ²	7,208.64	C\$ 2.50		18,021.60				18,021.60
	02	Trazo para adoquinado	m ²	7,208.64	C\$ 7.00		50,460.48				50,460.48
	03	Instalar rotulo del proyecto	c/u	1.00	C\$ 850.00		850.00				850.00
		Pino 2" x 2" x 5 vrs	Pzas	5.00	C\$ 125.00	625.00		12.50			637.50
		Rotulo de 1.22 x 2.44 m (Est metalica & zinc liso)	c/u	1.00	C\$ 7,450.00	7,450.00		149.00			7,599.00
260		Maquinaria y Equipo	m³			0.00	0.00	0.00	208,423.26	0.00	208,423.26
	01	Corte y/o Excavación con Equipo	m ³	228.82	C\$ 178.00				40,729.96		40,729.96
	02	Relleno y Compactación con Equipo	m ³	160.72	C\$ 195.00				31,340.40		31,340.40
	03	Botar material sobrante de Excavación a 2 Km	m ³	228.82	C\$ 185.00				42,331.70		42,331.70
	04	Explotación de banco con tractor	m ³	160.72	C\$ 195.00				31,340.40		31,340.40
	05	Acarreo de material selecto a 16 km	m ³	160.72	C\$ 390.00				62,680.80		62,680.80
270		Rodamiento con Adoquín	m²	6,000.00		2,804,926.19	432,000.00	714,284.92	0.00	0.00	3,951,211.11
		Adoquín tipo tráfico Santa Cruz 3500 PSI 10 x 22 x 24 cm Biselado	c/u	114,000.00	C\$ 21.30	2,428,200.00		684,000.00			3,112,200.00
		Medio adoquín tipo tráfico Santa Cruz 3500 PSI 1/2 x 10 x 22 cm Biselado	c/u	5,000.00	C\$ 10.20	51,000.00		30,000.00			81,000.00
		Arena natural para base (Colchón) ASTM - 33 Angular	m ³	300.00	C\$ 750.00	225,000.00					225,000.00
		Arena natural para caliche Motastepe	m ³	94.00	C\$ 920.00	86,480.00					86,480.00
		Pino para cerchas transversales 1" x 6" x 4 vrs	Pzas	84.00	C\$ 145.00	12,180.00		243.60			12,423.60
		Pino para cerchas transversales 1" x 2" x 5 vrs	Pzas	24.00	C\$ 76.00	1,824.00		36.48			1,860.48
		Clavos corrientes de 2 1/2"	Lbs	7.81	C\$ 31.00	242.19		4.84			247.03
	01	Pegado de adoquín	m ²	6,000.00	C\$ 55.00		330,000.00				330,000.00
	02	Caliche de adoquín	m ²	6,000.00	C\$ 17.00		102,000.00				102,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Presupuesto estimado del diseño (Continuación)

280(5)	Viga de remate longitudinal (Bordillo)	m	2,000.00			663,985.92	146,400.00	9,954.00	0.00	0.00	820,339.92
	Cemento PORTLAND Holcim ASTM C-150 Tipo 1	Sacos	1,260.00	C\$ 395.00		497,700.00		9,954.00			507,654.00
	Arena natural ASTM C-33 angular.	m³	96.48	C\$ 750.00		72,360.00					72,360.00
	Piedrin 1/2"	m³	88.44	C\$ 1,050.00		92,862.00					92,862.00
	Agua potable	m³	34.32	C\$ 31.00		1,063.92					1,063.92
01	Concreto mezclado a mano de 3000 psi 1: 2: 2 1/2	m³	120.00	C\$ 1,220.00			146,400.00				146,400.00
280(16)	Viga transversal	m	126.00			20,915.56	153,720.00	313.55	0.00	0.00	174,949.11
	Cemento PORTLAND Holcim ASTM C-150 Tipo 1	Sacos	39.69	C\$ 395.00		15,677.55		313.55			15,991.10
	Arena natural ASTM C-33 angular.	m³	3.04	C\$ 750.00		2,279.34					2,279.34
	Piedrin 1/2"	m³	2.79	C\$ 1,050.00		2,925.15					2,925.15
	Agua potable	m³	1.08	C\$ 31.00		33.51					33.51
01	Viga transversal Concreto simple 3000 psi 0.50 x 0.15 m	m	126.00	C\$ 1,220.00			153,720.00				153,720.00
290(11)	Compactación de adoquinado					0.00	0.00	0.00	96,000.00	0.00	96,000.00
01	Compactación con compactadora 5 Pasadas	m²	6,000.00	C\$ 16.00					96,000.00		96,000.00
300	Limpieza y entrega					0.00	13,500.00	0.00	0.00	0.00	13,500.00
01	Limpieza final	Gbl	1.00	C\$ 13,500.00			13,500.00				13,500.00
Totales C\$						C\$ 3,497,902.66	C\$ 814,952.08	C\$ 724,713.97	C\$ 304,423.26	C\$ -	C\$ 5,341,991.98
	Costo Directo		C\$ 5,341,991.98								
	Iva 15% (Mano de obra, Transporte, Maquinaria, sub contrato)		C\$ 276,613.40			532,946.12					
	Total General C\$		C\$ 5,618,605.38			6,575,721.84					
	Total General \$		\$ 158,047.97			198,063.91					

35.55 C\$ / \$

Tasa de cambio del dolar

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Resumen de volúmenes de corte y relleno.

Estación	Área de relleno m ²	Área de corte m ²	Volumen de relleno m ³	Volumen de corte m ³	Volumen acumulativo de relleno m ³	Volumen acumulativo de corte m ³
0+000.00	0.37	0	0	0	0	0
0+010.00	0.05	0.2	2.07	0.98	2.07	0.98
0+020.00	0.25	0.21	1.51	2.03	3.58	3.01
0+030.00	0.24	0.02	2.47	1.13	6.05	4.14
0+040.00	0	2.47	1.2	12.43	7.26	16.57
0+050.00	0	0.48	0.03	14.76	7.28	31.33
0+060.00	0	0.03	0.02	2.55	7.3	33.88
0+070.00	0	0.16	0	0.93	7.3	34.81
0+080.00	0	0.13	0	1.44	7.3	36.24
0+090.00	0.08	0.08	0.42	1.05	7.72	37.29
0+100.00	0.21	0	1.47	0.4	9.19	37.69
0+110.00	0.5	0	3.58	0	12.77	37.69
0+120.00	0.18	0.05	3.43	0.24	16.2	37.94
0+130.00	0.66	0	4.23	0.24	20.43	38.18
0+140.00	0.05	0.04	3.57	0.18	24	38.36
0+150.00	0	1.64	0.25	8.38	24.25	46.74
0+160.00	0.08	0	0.4	8.2	24.66	54.94

Estación	Área de relleno m ²	Área de corte m ²	Volumen de relleno m ³	Volumen de corte m ³	Volumen acumulativo de relleno m ³	Volumen acumulativo de corte m ³
0+170.00	1.03	0	5.57	0	30.23	54.94
0+180.00	0.13	0	5.8	0	36.03	54.94
0+190.00	0	0.94	0.64	4.7	36.66	59.65
0+200.00	0.21	0	1.06	4.7	37.72	64.35
0+210.00	0.05	0.05	1.31	0.24	39.03	64.59
0+220.00	0.01	0.08	0.31	0.66	39.34	65.25
0+230.00	0.02	0.07	0.16	0.77	39.5	66.02
0+240.00	0	0.11	0.11	0.88	39.61	66.91
0+250.00	0.62	0	3.09	0.53	42.7	67.44
0+260.00	0.02	0.04	3.17	0.21	45.87	67.65
0+270.00	0.03	0.05	0.21	0.44	46.08	68.09
0+280.00	0.05	0	0.4	0.23	46.48	68.32
0+290.00	0	0.67	0.26	3.34	46.75	71.66
0+300.00	0	0.11	0	3.87	46.75	75.53
0+310.00	0	0.32	0	2.12	46.75	77.65
0+320.00	0	0.1	0.02	2.1	46.76	79.75
0+330.00	0.07	0.17	0.34	1.34	47.11	81.09

Estación	Área de relleno m ²	Área de corte m ²	Volumen de relleno m ³	Volumen de corte m ³	Volumen acumulativo de relleno m ³	Volumen acumulativo de corte m ³
0+340.00	0.02	0.12	0.41	1.44	47.52	82.53
0+350.00	0.39	0.01	2.04	0.67	49.56	83.2
0+360.00	0.45	0.02	4.19	0.14	53.75	83.34
0+370.00	0.14	0.18	2.95	0.97	56.7	84.31
0+380.00	0.03	0.15	0.88	1.64	57.58	85.95
0+390.00	1.33	0.01	6.79	0.83	64.37	86.78
0+400.00	0.43	0.06	8.76	0.35	73.13	87.12
0+410.00	0.57	0	4.99	0.28	78.11	87.41
0+420.00	0.12	0	3.48	0	81.59	87.41
0+430.00	0.23	0.03	1.78	0.14	83.37	87.54
0+440.00	0	0.33	1.16	1.77	84.54	89.31
0+450.00	0	0.29	0	3.09	84.54	92.4
0+460.00	0	0.3	0	2.97	84.54	95.37
0+470.00	0.01	0.2	0.04	2.52	84.58	97.88
0+480.00	0.05	0.08	0.29	1.42	84.87	99.31
0+490.00	0	0.27	0.25	1.74	85.12	101.05
0+500.00	0.01	0.18	0.07	2.21	85.19	103.26

Estación	Área de relleno m ²	Área de corte m ²	Volumen de relleno m ³	Volumen de corte m ³	Volumen acumulativo de relleno m ³	Volumen acumulativo de corte m ³
0+510.00	0.03	0.24	0.2	2.09	85.39	105.35
0+520.00	0.03	0.12	0.29	1.82	85.68	107.17
0+530.00	0.16	0.19	0.96	1.55	86.64	108.72
0+540.00	0.5	0.06	3.29	1.25	89.93	109.97
0+550.00	0.22	0.01	3.6	0.37	93.53	110.34
0+560.00	0	0.15	1.11	0.81	94.64	111.15
0+570.00	0	0.45	0	3.02	94.64	114.18
0+580.00	0	0.23	0	3.39	94.64	117.56
0+590.00	0	0.17	0	1.99	94.64	119.55
0+600.00	0.06	0.08	0.31	1.25	94.95	120.8
0+610.00	0.02	0.36	0.43	2.17	95.38	122.97
0+620.00	0.2	0.26	1.12	3.08	96.5	126.05
0+630.00	0.28	0.11	2.37	1.87	98.88	127.92
0+640.00	0.15	0.15	2.11	1.3	100.98	129.21
0+650.00	0.06	0.08	1.05	1.11	102.03	130.32
0+660.00	0	0.11	0.32	0.95	102.35	131.27
0+670.00	0	0.24	0	1.79	102.35	133.07

Estación	Área de relleno m ²	Área de corte m ²	Volumen de relleno m ³	Volumen de corte m ³	Volumen acumulativo de relleno m ³	Volumen acumulativo de corte m ³
0+680.00	0.01	0.16	0.07	2	102.42	135.07
0+690.00	0.08	0.25	0.48	2.02	102.9	137.09
0+700.00	0.14	0.1	1.08	1.73	103.98	138.82
0+710.00	0.2	0.05	1.7	0.74	105.68	139.56
0+720.00	0.02	0.08	1.12	0.68	106.81	140.24
0+730.00	0.16	0.01	0.91	0.48	107.71	140.72
0+740.00	0.23	0.03	1.97	0.19	109.68	140.91
0+750.00	0.21	0.22	2.21	1.23	111.89	142.14
0+760.00	0.11	0.43	1.58	3.25	113.47	145.39
0+770.00	0.02	0.46	0.62	4.45	114.09	149.84
0+780.00	0.08	0.21	0.47	3.35	114.56	153.19
0+790.00	0.04	0.28	0.57	2.46	115.13	155.65
0+800.00	0.03	0.09	0.31	1.87	115.44	157.51
0+810.00	0	0.27	0.13	1.79	115.57	159.3
0+820.00	0	0.42	0	3.42	115.57	162.73
0+830.00	0	0.35	0	3.85	115.57	166.58
0+840.00	0	0.19	0.02	2.7	115.59	169.28

Estación	Área de relleno m ²	Área de corte m ²	Volumen de relleno m ³	Volumen de corte m ³	Volumen acumulativo de relleno m ³	Volumen acumulativo de corte m ³
0+850.00	0.03	0.04	0.19	1.14	115.78	170.42
0+860.00	0.01	0.04	0.24	0.39	116.02	170.81
0+870.00	0.02	0.25	0.16	1.43	116.18	172.24
0+880.00	0.09	0.18	0.54	2.11	116.72	174.35
0+890.00	0.5	0.17	2.97	1.71	119.68	176.06
0+900.00	0.13	0.14	3.13	1.51	122.82	177.57
0+910.00	0.5	0.03	3.11	0.85	125.93	178.43
0+920.00	0.07	0.24	2.84	1.39	128.77	179.81
0+930.00	0.15	0.11	1.12	1.74	129.88	181.55
0+940.00	0	0.2	0.76	1.52	130.64	183.08
0+950.00	0.16	0.03	0.8	1.13	131.44	184.21
0+960.00	0.07	0.08	1.16	0.54	132.6	184.75
0+970.00	0	0.39	0.36	2.33	132.96	187.08
0+980.00	0.03	0.24	0.15	3.11	133.1	190.19
0+990.00	0.28	0.07	1.54	1.53	134.65	191.72
1+000.00	0.64	0	4.59	0.35	139.24	192.06
1+010.00	0.29	0.08	4.65	0.42	143.89	192.49

Estación	Área de relleno m ²	Área de corte m ²	Volumen de relleno m ³	Volumen de corte m ³	Volumen acumulativo de relleno m ³	Volumen acumulativo de corte m ³
1+020.00	0	0.36	1.46	2.22	145.35	194.7
1+030.00	0	0.36	0.01	3.6	145.37	198.31
1+040.00	0	0.46	0	4.09	145.37	202.4
1+050.00	0.1	0.84	0.48	6.45	145.85	208.85
1+060.00	0.67	0.33	3.84	5.83	149.69	214.69
1+070.00	0.36	0.2	5.15	2.66	154.84	217.35
1+080.00	0	0.26	1.8	2.31	156.63	219.66
1+090.00	0	1	0.01	6.33	156.64	225.99
1+095.64	1.44	0	4.07	2.83	160.72	228.82

Fuente: Elaboración propia.