



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

TESINA

Diseño de 1200 metros lineales de estructura de pavimento flexible aplicando el Método AASHTO-93 en el barrio Las Porras, municipio de Estelí.

Para optar al título de ingeniero civil

ELABORADO POR:

- **Br. Edwin de Jesús Rodríguez Cano**
- **Br. Emilio Jose Perez Zeledón**

TUTOR:

Ing. Henry Javier Vílchez Pérez

Managua, Abril 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

Decanatura

Managua 18 de abril del 2016

Decano

Dr.Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Facultad Tecnología de la Construcción

Por medio de la presente es de mi agrado comunicarle que los **Brs. Edwin de Jesús Rodríguez Cano y Emilio José Pérez Zeledón** han desarrollado la tesina titulada **“Diseño de 1200 metros lineales de estructura de pavimento flexible aplicando el método AASHTO-93 en el barrio Las Porras, municipio de Estelí”**; la cual he revisado y recomiendo para su presentación ante el tribunal examinador que usted designe.

Se han completado las correcciones y observaciones realizadas, en tal sentido expreso la conformidad del trabajo realizado por tanto el mismo cumple con los requisitos para su presentación y defensa por parte de los sustentantes, se ha desarrollado adecuadamente conforme a los objetivos planteados, tiene coherencia metodológica y establece conclusiones de acuerdo a los resultados obtenidos.

Sin más a que referirme y deseándole éxitos en su gestión se despide,

Msc. Ing. Henry Javier Vílchez Pérez

Docente UNI-RUACS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE COORDINACIÓN DE FORMAS DE CULMINACIÓN
ESTUDIOS

HOJA DE CONCLUSIÓN DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: 1) Br. Edwin de Jesús Rodríguez Cano 2) Br. Emilio José Pérez Zeledón
NOMBRE DEL CURSO: Curso de Titulación de Obras Viales
NOMBRE DE LA TESINA: “Diseño de 1200 metros lineales de estructura de pavimento flexible aplicando el Método AASHTO-93 en el barrio Las Porras, municipio de Estelí”
ESPECIFIQUE AL MENOS DOS AREAS QUE SE ABORDARON EN LA TESINA 1) Estudio de suelo 2) Estudio de Tránsito 3) Diseño de Estructura de Pavimento Flexible 4) Impacto Ambiental
FECHA DE DEFENSA:
VALORACION DEL TUTOR SOBRE LA TESINA:
JURADO CALIFICADOR DE LA TESINA 1) 2) 3)
FIRMA COORDINADOR: _____

FIRMA DEL TUTOR:  _____

CC: Archivo

RESUMEN EJECUTIVO

Para lograr un buen proyecto de construcción de carretera es necesario cumplir con un diseño que abarque las características mínimas requeridas obtenidas mediante la investigación para soportar las cargas durante su vida útil. El peso y el dimensionamiento es un aspecto importante en la toma de decisiones.

En el siguiente documento se realizó el diseño de 1,200 metros de estructura de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 en el barrio las Porras, municipio de Estelí, en donde se realizaron los siguientes estudios:

Estudio de suelo: Establecer las características físico- mecánicas de los suelos de la línea de sondeo así como determinar las características de los materiales de bancos fueron parte del trabajo ejecutado en este estudio.

Se recopiló la información sobre los estudios de suelo existentes del tramo de camino, los cuales fueron facilitados por la alcaldía municipal de Estelí, procediendo luego al análisis de los datos obtenidos.

Los informes de suelos analizados están basados en sondeos sobre la línea existente realizados a una longitud entre cada uno de ellos de 100 metros y a una profundidad máxima de 1.5 metros

De acuerdo a los resultados de laboratorio, a lo largo del camino investigado, predominan, en las capas superficiales, las Gravas arcillosas del tipo A-2-7 encontrándose también en los estratos inferiores las arcillas con grava A-7-5.

En la subrasante predominan las gravas arcillosas del tipo A-2-7, obteniendo de estas muestras un CBR de diseño del 10%.

Se encontraron 2 bancos de materiales que de acuerdo al análisis efectuado a las muestras; el banco n° 1 El Chilamate según AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) se clasifica como A-1-a (0), fragmentos de roca, grava y arena y como SUCS (Unified Soil Classification System) en GP GC, grava mal graduada con arcilla y limo con arena.

De acuerdo al CBR encontrado en el banco (CBR= 60%), no cumple satisfactoriamente con las especificaciones técnicas para el uso de base en una estructura de pavimento según la NIC-2000 (CBR \geq 80%); sin embargo por cuestiones de economía no es viable utilizar otro banco de material, ya que el más banco más próximo con características adecuadas se encuentra a 10 km del sitio del proyecto.

Por las características del tráfico (moderado) y al proponer una capa sub base compensamos las carencias del material a utilizar para la base y garantizamos que la sección soporte adecuadamente las cargas que actúen sobre él en su vida útil.

El segundo banco n° 2 denominado Las Pintadas corresponde según AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) a un material de grava y arena arcillosa o limosa A-2-7(0) y como SUCS (Unified Soil Classification System) como grava mal graduada con arcilla con arena GP GC.

Estudio de tráfico: De gran importancia para el dimensionamiento de estructura de pavimentos, en el que se consideran factores como el volumen de tráfico para determinar las cargas más pesadas por eje esperado en el carril de diseño en estudio.

Se realizaron conteos volumétricos de tráfico por un período de una semana, comprendido entre el 14 al 20 de diciembre del 2015, en la cual encontramos una composición vehicular de 60% de vehículos livianos y un 40% de vehículos pesados.

Para la determinación del tráfico proyectado se procedió al análisis de 3 tipos de tasas de crecimiento: tasa de crecimiento económico (PIB), tasa de crecimiento poblacional y tasa de crecimiento del TPDA; del cual elegimos la tasa de crecimiento económico del 4.8% ya que es más estable, además de encontrar inconsistencias de datos y en algunos casos porcentajes negativos (decrecimiento) en las otras 2 tasas analizadas.

Como resultado del cálculo de tránsito de diseño, partiendo del conteo vehicular que obtuvimos (3,486 vehículos) estos fueron proyectados para un período de 20 años a un tránsito de diseño de **1, 672,107** vpd.

Diseño de estructura de pavimento: En base a los estudios de suelo y de tráfico se procede a efectuar el cálculo manual de espesores de pavimento y su correspondiente comprobación mediante el programa WINPas el cual está reflejado en la metodología de la guía de diseño de la AASHTO 93, tomando en cuenta los siguientes criterios:

Grado de Confiabilidad _____ **R= 85%**

Desviación Estándar _____ **So = 0.45**

Capacidad de Servicio Inicial _____ **Po = 4.2**

Capacidad de Servicio Final _____ **Po= 2**

Numero de ejes equivalentes _____ **W18= 1, 381,617**

CBR de diseño _____ **CBR= 10%**

De acuerdo a los criterios tomados en cuenta para el diseño de espesores se obtuvo los siguientes resultados: una carpeta asfáltica de 5.5 pulgadas, una base de 6 pulgadas y una sub base de 6 pulgadas.

Análisis de impacto ambiental: En base a nuestro análisis de impacto ambiental podemos decir que no tienen un valor significativo de alteración, encontrando una mayor relevancia de impactos positivos que negativos.

Los impactos negativos pueden ser fácilmente mitigados aplicando las recomendaciones propuestas en este trabajo.

INDICE

1	CAPÍTULO I.- ASPECTOS GENERALES	1
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	ANTECEDENTES	3
1.3	JUSTIFICACIÓN	5
1.4	OBJETIVOS	7
1.4.1	Objetivo general	7
1.4.2	Objetivos específicos	7
2	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1	MARCO TEÓRICO	9
2.2	El Suelo	9
2.3	El Tránsito	9
2.4	El Pavimento	10
2.5	Pavimentos rígidos	10
2.6	Pavimentos semirrígidos	10
2.7	Pavimentos flexibles	11
2.8	Pavimentos articulados	11
2.9	Base	11
2.10	Sub-Base	12
2.11	Sub-Rasante	12
2.12	Diseño geométrico	12
2.13	Método de diseño AASHTO. 93	12
2.14	Parámetros del método AASHTO 93	13
2.14.1	Determinación de los parámetros de diseño	13
2.14.2	Confiabilidad	13
2.14.3	Desviación estándar	14
2.14.4	Serviciabilidad	14
2.14.5	Valores de Serviciosabilidad	14
2.14.6	Coeficiente de drenaje	14
2.14.7	Coeficientes del paquete estructural	15

2.14.8	Número estructural	15
2.14.9	Módulos de resiliencia	16
2.14.10	Correlación y coeficiente de Pearson	16
2.15	Geotecnia	16
2.16	Sistema unificado	16
2.17	Método del Valor soporte california (C.B.R)	17
2.18	Evaluación de Impacto Ambiental	17
3	CAPÍTULO III.- Estudio de suelo	20
3.1	ESTUDIO DE SUELO	20
3.1.1	Métodos utilizados para la recopilación de la información	20
3.1.2	Trabajo de campo	20
3.2	Trabajos de Laboratorio	21
3.2.1	Análisis de resultado de sondeos en línea.....	22
3.3	Estudio de los bancos de materiales	23
3.3.1	Sondeo de los bancos	24
3.3.2	Resultado del sondeo de los bancos	25
3.3.3	Análisis de los resultados	25
4	CAPÍTULO IV.- ESTUDIO DE TRÁNSITO	27
4.1	Metodología para el estudio de tráfico: En este estudio de tráfico se contemplan tres etapas claramente definidas:	27
4.1.1	Recopilación de datos.....	27
4.1.2	Procesamiento de la información.....	29
4.1.3	Resultado de los análisis de tránsito.....	31
4.1.4	Clasificación vehicular promedio.....	31
4.2	Análisis de la información obtenida	32
4.2.1	Evolución del PIB.....	32
4.2.2	Crecimiento del tráfico desarrollado.....	33
4.2.3	Análisis de tasa de crecimiento utilizada	35
4.2.4	Proyección del tráfico.....	36
4.2.5	Factor de crecimiento (FC)	36
4.2.6	Periodo de diseño	37

4.2.7	Factor de Carril (fc)	37
4.2.8	Factor Distribución (FD).....	37
4.2.9	Tráfico Proyectado.....	38
5	CAPÍTULO V.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO _____	40
5.1	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	40
5.2	Consideraciones del diseño AASHTO-93.....	41
5.2.1	Índice de serviciabilidad inicial (Po)	41
5.2.2	Índice de serviciabilidad final (pt)	41
5.2.3	Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI).....	42
5.2.4	Numero estructural (SN).....	42
5.2.5	Factor de equivalencia (FESAL)	43
5.2.6	Ejes equivalentes (ejes equivalentes o W18)	43
5.2.7	Confiabilidad (R)	44
5.2.8	Desvió estándar (S0)	45
5.2.9	Coeficiente de Drenaje (m)	45
5.2.10	Estabilidad Marshall.....	45
5.2.11	Cálculo del CBR de diseño	47
5.2.12	Módulo de resiliencia	50
5.2.13	Coeficientes estructurales.....	51
5.2.14	Capa Base	52
5.2.15	Capa Sub base	53
5.2.16	Determinación del número estructural SN	54
5.2.17	Ecuación AASHTO 93	55
5.2.18	Determinación de los espesores.....	56
5.2.19	Análisis de los resultados	58
5.3	Cálculo de espesores con método de diseño AASHTO-93.....	59
5.3.1	Variables:.....	59
5.3.2	Espesores con WINPAS	60
6	CAPÍTULO VI.- ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL _____	65
6.1	ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	65
6.1.1	Legislación vigente	65

6.2	Línea base ambiental	66
6.2.1	Clima.....	66
6.2.2	Geología.	67
6.2.3	Hidrología	69
6.2.4	Cuencas Subterráneas	70
6.2.5	Suelos.....	71
6.2.6	Vialidad y Transporte.....	71
6.2.7	Vías de acceso	72
6.2.8	Enérgica Eléctrica.....	72
6.2.9	Telecomunicaciones	73
6.2.10	Agua potable y alcantarillados	74
6.2.11	Educación	74
6.2.12	Salud.....	75
6.3	Relaciones causa-efecto	77
6.4	Conclusión.....	93
7.1	CONCLUSIONES.....	94
7.2	RECOMENDACIONES	97
7.3	BIBLIOGRAFIA	98
	ANEXOS	99

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.- Puntos de control -----	28
Ilustración 2.- Clasificación Vehicular -----	32
Ilustración 3.- Cálculo de número estructural con ecuación AASHTO 93. -----	42
Ilustración 4.- Criterio del instituto de asfalto para el diseño Marshall-----	46
Ilustración 5.- Selección del CBR de diseño.-----	50
Ilustración 6.- Nomograma para estimar el Coeficiente Estructural a1 para la Carpeta Asfáltica (Diseño de Pavimento Flexible AASTHO – 93, Design Requirements) -----	52
Ilustración 7.- Nomograma para estimar el Coeficiente Estructural a2 para la Base (Diseño de Pavimento Flexible AASTHO – 93, Design Requirements)----	53
Ilustración 8.- Nomograma para estimar el Coeficiente Estructural a3 para la Sub-Base (Diseño de Pavimento Flexible AASTHO – 93, Design Requirements) -----	54
Ilustración 9.- Nomograma para estimar el numero estructural de diseño SN (Diseño de Pavimento Flexible AASTHO – 93, Design Requirements) -----	55
Ilustración 10.- Ventana de inicio de programa WinPAS-----	60
Ilustración 11.- Selección del tipo de pavimento -----	61
Ilustración 12.- Valores de diseño para pavimento flexible-----	61
Ilustración 13.- Determinación de los espesores. -----	62
Ilustración 14.- Sección transversal propuesta. -----	63
Ilustración 15.- Impactos ambientales negativos.-----	84
Ilustración 16.- Impactos ambientales positivos. -----	88

Índice de tablas

Tabla 1.- Grado de Confiabilidad que representan las vías _____	13
Tabla 2.- Granulometría de la base estabilizada. _____	17
Tabla 3.- Granulometría de los bancos de materiales _____	25
Tabla 4.- Límites Aterberg, CBR y clasificación de materiales de los bancos _____	25
Tabla 5.- Aforo vehicular punto de control 1 _____	28
Tabla 6.- Aforo vehicular punto de control 2 _____	29
Tabla 7.- Resultado de sumatoria de los de los aforos vehiculares diarios _____	29
Tabla 8.- Tabla de control de la estación de mayor cobertura n° 300 _____	30
Tabla 9.- Factores de ajuste de la estación 4902 A: La Aceituna- Estelí _____	30
Tabla 10.- Resultado del tránsito promedio aplicando los factores de ajuste. _____	31
Tabla 11.- Evolución anual del PIB _____	32
Tabla 12.- Crecimiento poblacional Nicaragua _____	33
Tabla 13.- Crecimiento poblacional Estelí _____	33
Tabla 14.- Crecimiento del tráfico desarrollado, tramo La Aceituna- Estelí. _____	34
Tabla 15.- Periodo de análisis sugerido por la guía AASHTO, 1993 _____	37
Tabla 16.- Factor de carril _____	37
Tabla 17.- Tráfico proyectado _____	38
Tabla 18.- Cálculo de interpolación FESAL _____	43
Tabla 19.- Cálculo de ejes equivalentes _____	44
Tabla 20.- Porcentajes de confiabilidad. _____	44
Tabla 21.- Capacidad del drenaje para remover la humedad. _____	45
Tabla 22.- Límite para selección de CBR de diseño _____	47
Tabla 23.- Selección del CBR de diseño. _____	48
Tabla 24.- Clasificación del suelo para estructuras de pavimentos _____	50
Tabla 25.- Espesores de las capas. _____	62
Tabla 26.- Atributos a tomar en cuenta en la elaboración de Impacto ambiental _____	80
Tabla 27.- Matriz M001 para la valoración de impactos negativos _____	81
Tabla 28.- Matriz de importancia de impactos negativos _____	83
Tabla 29.- Impactos ambientales negativos _____	84
Tabla 30.- Matriz M001 para la valoración de impactos positivos _____	85
Tabla 31.- Matriz M002 para la valoración de impactos positivos _____	86
Tabla 32.- Matriz M003 de importancia de impactos positivos _____	87
Tabla 33.- Impactos ambientales positivos _____	88
Tabla 34.- Acciones impactantes del proyecto _____	89

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1 CAPÍTULO I.- ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Para lograr un buen proyecto de construcción de carretera es necesario cumplir con un diseño que abarque las características mínimas requeridas obtenidas mediante la investigación para soportar las cargas durante su vida útil. El peso y el dimensionamiento es un aspecto importante en la toma de decisiones.

Las normas que rigen la construcción de carreteras en Nicaragua es el NIC-2000, en donde se establecen las especificaciones.

La ciudad de Estelí cuenta con una extensión territorial de 795.7 km² ubicada en la zona norte del país a 2 horas de la capital Managua, su elevación promedio es de 843.97 msnm, con precipitaciones de 138.9 mm y temperaturas que oscilan entre los 25 a 16 grados Celsius (INETER, 2013).

Sus principales actividades económicas están basadas en la agricultura y la ganadería, siendo el cultivo y procesamiento de tabaco la mayor fuente de generación de empleo (INIFOM, 2013).

Actualmente la infraestructura vial del municipio se encuentra mayormente conformada por obras de tipo pavimento flexible. Las calles de la mayoría de los barrios de Estelí se encuentran en mal estado e incluso las que cuentan con pavimento estos presentan un alto deterioro y carecen de mantenimiento por parte de las autoridades municipales, además de ser obras que datan de hace más de 20 años. La Alcaldía cuenta con un presupuesto limitado y es muy difícil lograr una atención igualitaria a las necesidades de cada sector.

El Barrio Las Porras está ubicado en la zona suroeste de la ciudad siendo parte del distrito III. El barrio tiene acceso hacia las principales calles del municipio, además de contar con servicios de agua, luz, internet y servicios públicos como centros de salud, escuelas primaria y secundaria.

Durante la época lluviosa las corrientes de agua provocan encharcamientos y grietas en la superficie del suelo natural. Al ser este un barrio periférico de la ciudad, necesita un mejoramiento sustancial de sus vías para incentivar el desarrollo socioeconómico y que vaya de la mano del progreso del resto de la ciudad.

En respuesta a las necesidades de la población nos hemos propuesto realizar un diseño de 1,200 metros de pavimento flexible auxiliándonos de los métodos para el diseño de pavimentos de la **AASHTO 93**. Se incluirá además los estudios de suelo para la determinación de las propiedades de los mismos, así como los estudios de Conteo Vehicular, Diseño de estructura de pavimento e Impacto Ambiental.

1.2 ANTECEDENTES

La ubicación actual de la ciudad de Estelí, conocido anteriormente como Valle de Michigüiste, tiene sus orígenes durante el traslado de la ciudad del valle San Antonio de Pavia provocado por las condiciones incómodas e insalubres del lugar además del ataque de aborígenes durante inicios del siglo XIX.

La ciudad está actualmente organizada en 3 distritos comprendidos por 72 barrios y siete comunidades ubicadas en el perímetro urbano.

Estelí cuenta con el 79.5% de la población ubicada en zona urbana (INIDE 2015). Actualmente existe un comportamiento de incremento de urbanización en la ciudad, esto provocado por el crecimiento poblacional de los últimos años y la migración de población desde otras ciudades y zonas rurales motivados por la oferta de empleo en el sector de la industria del tabaco. Esto lo podemos comprobar con el aumento de la demanda de lotes de terreno en diferentes sectores del municipio.

La red vial de la ciudad de Estelí está conformada por 115.6 km. lineales de calles y avenidas. De estas el 51.1% están en buen estado y un 48.9 % en regular y mal estado. Del total de la red vial urbana 12 km. son de pavimento, 15 km. de adoquín y 86.6 km. de tierra.

El barrio Las Porras fue fundado en 1999 en respuesta a las afectaciones sufridas por familias ubicadas a orillas del río Estelí, durante el paso devastador del huracán Mitch. Más de 100 familias fueron afectadas por inundaciones y deslizamientos de tierra, perdiendo totalmente sus casas y pertenencias personales.

A inicios del año de 1999 la Alcaldía de Estelí en coordinación con la cooperación de organismos extranjeros financiaron y ejecutaron un proyecto de construcción de casas modelo en beneficio de las personas afectadas por el huracán.

Para los siguientes 15 años hubo un incremento considerable de población en el barrio, así como la actividad comercial y el tránsito vehicular.

Durante el año 2008 se realizaron trabajos de revestimiento con macadán en las calles del barrio Las Porras, siendo este el único registro de mejoramiento existente relacionado con obras viales. Desde dicha fecha no existe intervención alguna de la Alcaldía en trabajos de mejoramiento de calles en el sector.

Actualmente la vía se encuentra en muy malas condiciones, con presencia de baches, grietas y vados en pésimo estado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Para lograr un desarrollo socioeconómico sostenible en toda ciudad es importante contar con una red vial en buenas condiciones, por tanto es de carácter prioritario dar mantenimiento a las vías de la ciudad así como impulsar la construcción de nuevas calles y caminos.

Debido al deterioro en que se encuentra las calles del barrio La Porras, surge la formulación para la rehabilitación de las calles ya que actualmente se encuentran en mal estado provocando socavación, inundaciones en tiempo de lluvia e irregularidad vehicular y peatonal.

La falta de mantenimiento ha generado que las corrientes en tiempo de invierno socaven la carpeta de rodamiento, ocasionando dificultad para la circulación de los vehículos livianos y pesados. El mal estado del camino dificulta, la calidad del servicio de transporte público, la producción, comercialización y movilización de los beneficiarios (Ver imagen en Anexo 1)

Debido al mal estado y la importancia del sector por ser altamente rentable en actividades económicas como el cultivo del tabaco y granos básicos, se clasifica el proyecto como prioridad además, surge como una demanda de la población y productores en la consulta al presupuesto 2014 de la alcaldía municipal de Estelí.

Dicho tramo es de vital importancia para el municipio y los comerciantes debido a que este sitio se caracteriza por ser un alto productor de tabaco y el rubro de la agricultura. Por lo tanto es de trascendental importancia la rehabilitación de esta vía, logrando de esta manera el desarrollo económico del municipio así como del área de influencia.

Por esta razón nos hemos planteado obtener una estructura de pavimento asfáltico que responda eficientemente antes las condiciones climáticas, volumen de tráfico, comodidad y ahorro de tiempo.

El nuevo diseño acrecentará el comercio de la zona, estableciendo comunicación entre los barrios periféricos y la zona céntrica de la ciudad de Estelí, dando de esta manera respuesta a la demanda de 8,248 habitantes.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar 1200 metros lineales de estructura de pavimento flexible aplicando el Método AASHTO-93 en el barrio Las Porras, municipio de Estelí, departamento de Estelí.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el estudio de suelo en el tramo de camino para determinar las propiedades físico- mecánicas del material a utilizarse en la base y sub base.
- Realizar el estudio de tránsito para determinar las cargas que actúan en el tramo de carretera mediante un aforo vehicular.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento que soportara las cargas de diseño usando el software de las AASHTO 93.
- Evaluar el impacto ambiental causado en la zona del proyecto y tomar acciones para reducirlo al mínimo.

MARCO TEÓRICO

2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO TEÓRICO

Una carretera en mal estado trae consigo muchas consecuencias negativas que afectan a los usuarios de la vía, por ejemplo no brinda la debida seguridad, siendo vulnerable a provocar accidentes, daños mecánicos a los medios de transportes, aumentan los niveles de tiempo en llegar a un destino y aumenta en los costos de transporte (Kramer, 2014).

Estas razones son suficientes para garantizar una estructura de pavimento que preste las mejores condiciones a sus usuarios. Para llevar a cabo un diseño de estructura de pavimento se debe tomar en cuenta los siguientes conceptos:

2.2 El Suelo

En la Ingeniería de Pavimentos se considera como una roca a un agregado natural de granos minerales, unidos por grandes y permanentes fuerzas de cohesión. Por otra parte, se considera que un suelo es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden separarse por medios mecánicos comunes. Cabe mencionar que en la práctica no existe una diferencia tan simple entre roca y suelo, pues, las rocas más rígidas y fuertes pueden debilitarse al sufrir el proceso de meteorización, y algunos suelos muy endurecidos pueden presentar resistencias comparables a las de la roca meteorizada.

2.3 El Tránsito

Es uno de los factores más importantes para el dimensionamiento de pavimentos, en el que se considera las cargas más pesadas por eje esperadas en el carril de diseño en estudio, lo que determinará la estructura de pavimento de la carretera durante el período de diseño. La repetición de cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales para el cálculo.

2.4 El Pavimento

Es una capa o conjuntos de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la Sub-Rasante y la superficie de rodamiento o rasante. El pavimento tiene como funciones proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito y del clima, así como transmitir en forma adecuada a la Sub-Rasante los esfuerzos generados por las cargas de tránsito.

Tradicionalmente los pavimentos se han clasificado en dos grandes grupos: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Esta clasificación como cualquier otra es perteneciente de limitaciones ya que en este caso no es fácil precisar entre lo rígido y lo flexible.

2.5 Pavimentos rígidos

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona más amplia (Fonseca, 2002).

2.6 Pavimentos semirrígidos

Aunque este tipo de pavimento guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos materiales se hace con la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas de pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancia tales que encarecerían notablemente los costos para la construcción (Fonseca, 2002).

2.7 Pavimentos flexibles

Consisten de una superficie de desgaste o carpeta relativamente delgada construida sobre capas (base y sub-base) apoyándose ambos sobre la sub-rasante compactada de manera que la sub-base, base y superficie de desgaste o carpeta son las componentes estructurales de este tipo de pavimentos (Fonseca, 2002).

2.8 Pavimentos articulados

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada por bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí, esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a la vez se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento (Kramer, 2014).

Para poder comenzar a hablar de un proyecto de pavimentos articulado es necesario entender y distinguir las principales características que determinarán nuestro diseño de espesor de carpeta. Una de las características primordiales que afectarán el tramo carretero, son las cargas que efectuarán presión sobre ella.

2.9 Base

Es un elemento fundamental desde el punto de vista estructural, su función consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas inferiores los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base, en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca por la carpeta como también impedir la ascensión capilar. Desde el punto de vista económico la base permite reducir el espesor de la carpeta que es la más costosa.

2.10 Sub-Base

Se considera como la parte integral de la estructura de pavimento flexible, sus funciones son similares a las de la base, sin embargo debido a que está protegida por la base y la carpeta su calidad puede ser inferior a la de la base, lo cual constituye una buena alternativa desde el punto de vista económico. Otra función consiste en servir de transición entre el material de base generalmente granular más o menos grueso y la propia sub rasante, generalmente formada por materiales finos. La sub base es más fina que la base, actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la sub rasante.

2.11 Sub-Rasante

Se refiere a la capa de suelo situada debajo del pavimento, es la que soporta toda la estructura. El material de esta capa además de ser natural puede incluir material de banco como aditivos para lograr su estabilización.

2.12 Diseño geométrico

Se entiende por diseño geométrico de una carretera al proceso de correlacionar sus elementos físicos tales como los de alineamientos, pendientes, distancias de visibilidad, peralte, ancho de carril con las características de operación, facilidades de frenado, aceleración y condiciones de seguridad. (Rojas, 2011).

2.13 Método de diseño AASHTO. 93

Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos este introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario.

2.14 Parámetros del método AASHTO 93

2.14.1 Determinación de los parámetros de diseño

La capacidad estructural y funcional está en dependencia de las consideraciones de las diferentes variables involucradas en el modelo de la ecuación del Road Test, la mala consideración de todos estos parámetros conllevaría a una mala serviciabilidad de la estructura de pavimento o terminará en un sobre dimensionamiento que se traduce a un diseño más caro y no aplicables a las necesidades y condiciones de la zona en estudio (Kramer, 2014).

2.14.2 Confiabilidad

Las estadísticas tienen su aplicación en este modelo matemático tratando de obtener una tendencia de funcionalidad de las predicciones que se tomen, la selección del nivel apropiado para el diseño de un pavimento radica en el uso esperado de ese pavimento. Los pavimentos sobre estimados como los pocos dimensionados refleja graves resultados que son manifestados en las estructuras de pavimentos y el grado de funcionalidad que presentan las vías al entrar a servicio como se puede apreciar en la tabla N°1.

Tabla 1.- Grado de Confiabilidad que representan las vías

TIPOS DE CAMINOS	Confiabilidad Recomendada	
	Zona Urbanas	Zonas Rurales
Rurales interestatales y autopista	85-100	80-100
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: SIECA 2000

2.14.3 Desviación estándar

Estadísticamente la definición de la desviación estándar se entiende como medida del grado en que los puntajes se apartan de la media. Se define como la raíz cuadrada de la varianza, aplicada en este modelo se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo (Kramer, 2014).

2.14.4 Serviciabilidad

La serviciabilidad se define como el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el deslizamiento natural y normal de un vehículo: mejor dicho, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, y un pavimento en total deterioro o con índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se asigna en base a esto y al criterio del proyectista.

2.14.5 Valores de Serviciabilidad

Índice de serviciabilidad inicial;

$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos o articulados.

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles.

Índice de serviciabilidad final;

$P_t = 2.5$ o más para caminos importantes.

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor.

2.14.6 Coeficiente de drenaje

La humedad tiene una gran influencia sobre las propiedades de los materiales que constituyen el paquete estructural y sobre el comportamiento de los pavimentos en general.

La presencia del agua en las carreteras, es el principal fenómeno que afecta a base y sub base, las problemáticas inminentes en que se traduce la no consideración de la capacidad de evacuación de los fluidos por su superficie, son la migración de partículas de suelo creando problemas de erosión, ablandamiento de la sub rasante cuando esta se satura y permanece saturada durante un periodo prolongados (Kramer, 2014).

2.14.7 Coeficientes del paquete estructural

Con anterioridad se mencionaba unos de los miembros de los coeficientes estructurales como es el de drenaje, los faltantes coeficientes estructurales están referido a los que representan los miembros de la carpeta de rodamiento, base, sub-bases, estos coeficiente son denominados simbólicamente como **a1**, **a2**, **a3**, respectivamente, estos valores involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que se dispondrán a formar parte del paquete estructural.

Donde:

a1= Coeficiente de asfalto. **a2**= coeficiente de Base. **a3**= coeficiente de la sub-base.

2.14.8 Número estructural

El diseño con este modelo está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural **SN**”, para el pavimento articulado que pueda soportar el nivel de carga solicitado, la determinación de este valor también se puede encontrar haciendo uso de ábacos o de fórmula, la única diferencia radica en la precisión, la utilización del nomograma es más rápido pero con poca precisión por los errores al trazar la líneas con lápiz. (Kramer, 2014).

2.14.9 Módulos de resiliencia

El módulo de resiliencia tiene como definición, que es el esfuerzo desviador repetido aplicando en compresión triaxial entre la deformación axial recuperable, es por eso que el concepto de módulo de resiliencia está ligado invariablemente a un proceso de carga repetida, de acuerdo a los estudios llevados a cabo sobre módulo de resiliencia, este parámetro no es una propiedad constante de los materiales, sino que depende de muchos factores.

En este método se deben usar los valores medios resultantes de los ensayos de laboratorio, ya que esta debe tomarse en cuenta de la confiabilidad (R) (Kramer, 2014).

2.14.10 Correlación y coeficiente de Pearson

Este es el índice numérico más común para medir una correlación, el coeficiente de Pearson también llamado coeficiente de correlación del producto momento se representa con el símbolo "R" y proporciona una medida numérica de la correlación entre dos variables.

2.15 Geotecnia

Se puede definir Geotecnia al conjunto de técnicas tanto de campo, como de laboratorio que permiten conocer el terreno para utilizarlo adecuadamente como elemento de construcción, bien directamente como material o como soporte de una estructura determinada.

2.16 Sistema unificado

Está basado en el análisis granulométrico y los límites de Atterberg. El tamaño de las partículas determina la naturaleza de las fuerzas que gobiernan el comportamiento de los suelos.

2.17 Método del Valor soporte california (C.B.R)

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente de 0.1 a 0.2 pulgadas de grado de penetración, expresada en porciento de su respectivo valor estándar.

Este mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte que no es constante para un suelo dado, sino que se aplica al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

Tabla 2.- Granulometría de la base estabilizada.

Tamiz	ASTM % Pasa en peso
2"	100
1 1/2"	70 -100
1"	55 – 85
3/4"	45 – 75
3/8"	35 – 65
N° 4	25 – 55
N° 10	15 – 45
N° 40	5 – 25
N° 200	0 – 8

Fuente: Guía_AASHTO-93

2.18 Evaluación de Impacto Ambiental

De acuerdo con MARENA (2010), define evaluación de impacto ambiental como el planteamiento de alternativas para identificar los efectos a los que estará sometido el medio ambiente tanto positivo como negativo y las conclusiones se usan como herramientas para la planeación y toma de decisiones. Dejar la corrección de las afecciones ambientales para después de ejecutado el proyecto, puede ofrecer, en el caso de que ello sea posible, dificultades muy grandes o resultar económicamente inviable.

Además de todo lo expuesto se hace necesario establecer que, de forma habitual, se realiza una clasificación del impacto ambiental en base al tiempo que dura su efecto en un lugar determinado. Así, tomando ese criterio se pueden establecer cuatro tipos diferentes de impacto:

- Persistente. En este grupo se encuentran los que tienen una influencia a lo que sería largo plazo.
- Temporal. Como su propio nombre indica, es la clase de impacto ambiental que realmente no crea unas consecuencias grandes, lo que supone, por tanto, que el medio se pueda recuperar de manera relativamente rápida.
- Reversible. A consecuencia del mencionado impacto, el medio se puede recuperar de los daños sufridos, en un tiempo más o menos corto, pero puede ocurrir que quizás no llegue a estar del todo como se encontraba anteriormente a que tuvieran lugar los hechos.
- Irreversible. En este caso, como su nombre indica, es aquel impacto ambiental que tiene tanta trascendencia y gravedad que impide por completo que un escenario pueda recuperarse de los daños que él ha causado.

Para poder dictaminar tanto el tipo de impacto que es como para poder llevar a cabo las medidas oportunas, en base a aquel, es importante y fundamental el proceder a acometer su evaluación.

ESTUDIO DE SUELO

3 CAPÍTULO III.- Estudio de suelo

3.1 ESTUDIO DE SUELO

3.1.1 Métodos utilizados para la recopilación de la información

Este estudio se desarrollará con la finalidad de establecer las características físico mecánicas de los suelos de fundación existente en eje proyectado, así como los tipos de materiales por su sector los que se emplearán como parámetros para el dimensionamiento del pavimento.

Por lo que el objetivo fue conocer el comportamiento futuro del terreno de cimentación del tramo en estudio, al ser sometido a las cargas impuestas por el pavimento y el tráfico, el cual está ubicado en el departamento de Estelí que forma parte de la red vial de caminos a mejorar en la zona norte del país (Estelí.). Dicho tramo de vía actualmente es un camino de todo tiempo con una capa de rodamiento de base no tratada (Material de revestimiento).

La metodología ejecutada comprende básicamente una investigación de campo a lo largo del tramo proyectado mediante sondeos manuales, con la obtención de muestras representativas en cantidades suficientes, las que fueron sometidas a los ensayos de laboratorio y finalmente con los datos obtenidos en ambas fases se realizaron las labores de gabinete para consignar luego en forma gráfica y escrita los resultados del estudio.

Con la finalidad de garantizar un proyecto de calidad se deberá realizar una recopilación correcta de información sobre estudios de suelo existentes en el tramo de camino, los cuales se solicitaran a la alcaldía municipal de Estelí para su debido análisis.

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizaran las siguientes actividades:

3.1.2 Trabajo de campo

En este caso comprende toda la información recopilada y obtenida en el terreno, mediante el estudio general primario del proyecto tales como:

- Muestreo y sondeos de las capas de suelo sobre el rodamiento existente.
- Muestreo y sondeos de los bancos de préstamos, potenciales.

Con el objetivo de determinar las características físicas mecánicas de los materiales del terreno se llevaron a cabo investigaciones mediante la ejecución de sondeos manuales con una profundidad de 1.5 m, máxima a una distancia de 100 m uno del otro. Las calicatas iniciaron en la estación 0+000 de la carretera que conduce a la montañita (Inicio del Tramo en Estudio) hasta llegar a la estación 1+200 (Fin del Tramo en estudio).

Se determinaron muestras representativas del suelo natural para determinar la capacidad soporte mediante el ensayo de California Bearing Ratio (CBR), así como los ensayos de clasificación y otros que permitan predecir el comportamiento del terreno natural para condiciones de humedad y densidad a esperarse en la obra.

Se tomaron muestras representativas de los diferentes estratos que conforman cada calicata, en cantidad suficiente para efectos de realizar los ensayos de granulometría, humedad natural y constantes físicas para determinar la clasificación unificada **SUCS** y **AASHTO**.

3.2 Trabajos de Laboratorio

Los ensayos de Laboratorio que se efectuaron a las muestras obtenidas del campo están referidas en normas ASTM o su equivalencia de las Normas Técnicas Nicaragüense (Nic 2000), según los requerimientos del terreno natural que se permiten resumirse en la siguiente manera:

- **Contenido de Humedad Natural** (AASHTO T-265)
- **Análisis Granulométrico.** (ASTM-D422 o AASHTO T-88)
- **Limite Líquido.** (ASTM-D423 o AASHTO T-89)
- **Limite Plástico e Índice de Plasticidad.** (ASTM-D424 o AASHTO T-90)
- **Clasificación HRB.** (ASTM-D3282 o AASHTO T-145)

3.2.1 Análisis de resultado de sondeos en línea

De acuerdo a los resultados de laboratorio, a lo largo del camino investigado, predominan, en las capas superficiales, las Gravas arcillosas del tipo A-2-7 encontrándose también en los estratos inferiores las arcillas con grava A-7-5.

El índice de Grupo (IG) de los suelos predominantes es de 0 a 3 para los A-2-6 y A-2-7; de "0" para los A-1-b y A-2-4; de 2 para los A-6 y de 2 a 20 para los A-7-5 y A-7-6, lo que es indicativo de una calidad que puede catalogarse como regular a malo para cimentación de terraplenes o estructuras de pavimento.

Los informes de suelos analizados están basados en sondeos sobre la línea existente realizados a una longitud entre cada uno de ellos de 100 metros y a una profundidad máxima de 1.5 metros, a las muestras obtenidas se le practicaron las pruebas correspondientes tales como: Granulometría, Límites de Atterberg, índice de plasticidad, capacidad de soporte del suelo entre otros.

A la vez estos se evalúan en un "índice de grupo", el cual se calcula con la siguiente formula empírica:

$$IG=(F-35)/0.2+0.005(W_L-40)]+0.01(F-15)(IP-10)$$

Donde:

F= Porcentaje que pasa por el tamiz de abertura de 0.08 mm, expresado en números enteros.

W_L = Limite líquido.

IP= Limite plástico.

IP= Índice de plasticidad

Este índice de grupo se informa en números enteros y si es negativo su valor será a cero.

El grupo en que se clasifique, incluyendo el índice de grupo, será utilizado para determinar la calidad relativa de suelos para terraplenes, material de sub-rasante, sub-base y base.

Aplicando las recomendaciones de la AASTHO se determinarán las unidades de diseño del CBR usando los percentiles recomendados por la guía, a partir de éste se calculará el Módulo de Resiliencia (Mr) por las correlaciones propuestas por el método.

Para la evaluación de los suelos se tomará en cuenta las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC – 2000 con las adaptaciones necesarias para el proyecto.

3.3 Estudio de los bancos de materiales

Con la finalidad de ubicar volúmenes disponibles de materiales con características geotécnicas adecuados en relación con el uso a dar, la facilidad de acceso, los procedimientos de explotación y la distancia de transporte, se efectuó el reconocimiento y estudio de los diversos tipos de materiales existentes en la zona. La calidad de los materiales para usos diversos ha sido verificada mediante los siguientes ensayos:

Tabla 3: Ensayos realizados a los bancos

Ensayos de los bancos de materiales	Códigos
Contenido de humedad natural	AASHTO T-265
Análisis Granulométrico	ASTM-D422 o AASHTO T-88
Limite Liquido	ASTM-D422 o AASHTO T-89
Limite plástico e índice de plasticidad	ASTM-D422 o AASHTO T-90
Peso volumétrico y varillado	ASTM C-29 o AASHTO T-19
CBR	ASTM D-1883 o AASHTO T-193
Proctor	ASTM D- 698 o AASHTO T- 99

3.3.1 Sondeo de los bancos

Se identificaron las fuentes de materiales más adecuadas y cercanas a áreas del proyecto; habiéndose escogido el banco de material más cercano al lugar del proyecto, el cual fue apropiadamente examinado y analizado a fin de proporcionar la información suficiente sobre las fuentes y calidad de los diversos materiales que se propone utilizar en el desarrollo de la obra.

En el banco de préstamo de material seleccionado se efectuaron Sondeos manuales (SM), de 1.00 m de largo x 1.00 m de ancho x 1.00 m de profundidad y se tomó una muestra de material por cada uno de los SM realizados en el terreno.

En el Banco de préstamo #1, el Chilamate, se efectuó un sondeo manual, con profundidad de 1.00 m, en este banco se halló un volumen aproximado de 37,000 m³ de material suelto que puede ser aprovechado como base para la estructura del pavimento.

El material de este banco corresponde, según AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) se clasifican como A-1-a (0) fragmentos de roca, grava y arena y SUCS (Unified Soil Classification System), en GP GC, Grava mal graduada con arcilla y limo con arena.

En el Banco #2 Las Pintadas, se efectuó un sondeo manual. En este banco se encontró un volumen aproximado de 25,000 m³ de material suelto que puede ser aprovechado como sub base para la estructura del pavimento. El material de este banco corresponde, según AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) Grava y arena arcillosa o limosa y SUCS (Unified Soil Classification System), esta clasificación pertenece a Grava mal graduada con arcilla con arena. A-2-7(0) o GP GC.

3.3.2 Resultado del sondeo de los bancos

En estos cuadros se presentan el resultado de los ensayos de suelos realizados a los diferentes bancos en estudio.

Tabla 3.- Granulometría de los bancos de materiales

Nombre del banco	Distancia	2"	% que pasa malla			
			No. 4	No. 10	No.40	No. 200
Chilamate	2 km	100	45	32	17	10
Las Pintadas	1 km	100	30	26	15	11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.- Limites Aterberg, CBR y clasificación de materiales de los bancos

Nombre del banco	Distancia	LL	LP	CBR a compact.	
				95	100
Chilamate	2 km	16	12	55	60
Las Pintadas	1 km	43	12	31	42

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Análisis de los resultados

De acuerdo al CBR encontrado en el banco n° 1 El Chilamate (CBR= 60%), no cumple satisfactoriamente con las especificaciones técnicas para el uso de base en una estructura de pavimento según la NIC-2000 (CBR \geq 80%); sin embargo por cuestiones de economía no es viable utilizar otro banco de material, ya que el más banco más próximo con características adecuadas se encuentra a 10 km del sitio del proyecto.

Por las características del tráfico (moderado) y al proponer una capa sub base (del cual se extraerá el material del banco n° 2 Las Pintadas) compensamos las carencias del material a utilizar para la base y garantizamos que la sección soporte adecuadamente las cargas que actúen sobre él en su vida útil.

ESTUDIO DE TRÁNSITO

4 CAPÍTULO IV.- ESTUDIO DE TRÁNSITO

El estudio de tránsito tiene como objetivo, determinar los volúmenes de tráfico y sus composiciones, desde el año de inicio de operación de la vía hasta el año de extensión del proyecto y la determinación de la capacidad así como los niveles de servicio de la carretera a diseñar durante su vida útil, así como la cuantificación del tráfico promedio diario, semanal y anual; factores de ajuste estacional por tipo de vehículo, el número promedio de los ejes equivalentes para el cálculo de los espesores de pavimento.

Para tal efecto se tomaron en cuenta los datos de campo, conteo de tráfico suministrado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura, para proceder a efectuar el diseño de espesores de pavimentos de acuerdo al tránsito proyectado a 20 años. El TPDA nos facilitó los suficientes datos para calcular los ejes equivalentes del tramo en estudio.

4.1 Metodología para el estudio de tráfico: En este estudio de tráfico se contemplan tres etapas claramente definidas:

4.1.1 Recopilación de datos

Se realizaron por medio de Conteos Volumétricos que consisten en medir el volumen de tráfico que transita en una carretera o en segmentos específicos de carretera durante un período de tiempo determinado. La recolección de datos se realizó durante de una semana siendo el período comprendido entre el 14 al 20 de Diciembre del 2015.

Se realizó la ubicación de las estaciones de control a fin de ejecutar los conteos de volumen de tráfico vehicular con la finalidad de determinar el volumen vehicular en un punto específico de la vía. Las estaciones de Conteo Vehicular se ubicaron en lugares estratégicos y seguros que permitan captar el tráfico del tramo en estudio, los conteos se ubicaron en dos puntos uno al inicio de la vía con la intersección más próxima, la entrada principal al camino (Punto de control

1: El panteoncito, entrada a la carretera hacia la montaña, estación 0+000) y el otro cerca de la salida (Punto de control 2: estación 1+200).

La información fue tomada diferenciando la composición vehicular. La medición se realizó en un periodo de 7 días durante 12 horas de 6:00 am a 6:00 pm.

Ilustración 1.- Puntos de control



Fuente: Google maps 2016

Leyenda: Punto de control 1  Punto de control 2 

Tabla 5.- Aforo vehicular punto de control 1

Tramo Carretero: El Panteoncito, entrada a la carretera hacia la montaña.		Fecha de conteo: Lunes 14 de Diciembre del 2015.										
Punto de control 1		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos			Pesados de pasajeros		Pesados de carga			TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB ≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	10	7	2	3	0	3	2	1	0	1	29
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	8	3	1	4	0	1	1	0	0	2	20
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	4	3	2	5	0	0	0	0	1	0	15
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	4	4	2	2	0	0	0	0	0	0	12
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	3	5	3	2	1	0	3	2	0	0	19
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	7	3	1	6	0	2	1	1	0	0	21
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	12	11	4	10	0	1	4	3	0	0	45
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	6	4	1	4	0	0	0	0	2	0	17
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	4	6	0	1	2	0	0	0	0	1	14
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	2	3	0	6	0	1	0	3	0	0	15
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	7	8	2	7	0	2	2	2	0	0	30
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	9	13	1	4	0	3	4	2	1	1	38
TOTAL		76	70	19	54	3	13	17	14	4	5	275

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.- Aforo vehicular punto de control 2

Tramo Carretero: Estación final 1+200.		Fecha de conteo: Lunes 14 de Diciembre del 2015.										
Punto de control 2		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga			TOTAL	
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	9	6	1	3	0	2	2	1	0	1	25
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	8	4	0	4	0	2	1	0	0	2	21
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	4	3	3	5	0	0	0	0	0	0	15
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	4	4	2	5	0	0	0	0	0	0	15
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	2	5	2	2	1	0	3	2	0	0	17
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	7	3	1	2	0	1	1	1	0	0	16
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	11	12	4	8	0	2	4	2	0	0	43
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	6	4	1	6	0	0	0	0	2	0	19
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	4	4	1	0	2	0	0	0	0	1	12
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	1	4	0	4	0	1	0	0	0	0	10
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	7	9	1	7	0	2	2	2	0	0	30
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	7	11	2	4	0	2	4	4	1	1	36
TOTAL		70	69	18	50	3	12	17	12	3	5	259

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Procesamiento de la información

Tabla 7.- Resultado de sumatoria de los de los aforos vehiculares diarios

Día	Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	Micro bus≤ 15	Bus	C2	C3	T2-S3	Vehículo Agrícola	TOTAL DIA
Lunes 14 de diciembre 2015	146	139	37	104	6	25	34	26	7	10	
Martes 15 de diciembre 2015	127	116	30	98	2	27	25	24	3	7	
Miércoles 16 de diciembre 2015	157	133	43	111	4	29	34	24	8	12	
Jueves 17 de diciembre 2015	168	134	36	120	0	31	38	32	2	15	
Viernes 18 de diciembre 2015	168	150	42	111	7	31	36	26	10	15	
Sábado 19 de diciembre 2015	135	116	28	67	1	26	21	19	7	10	
Domingo 19 de diciembre 2015	106	110	24	57	0	14	11	12	0	2	
TOTAL	1007	898	240	668	20	183	199	163	37	71	3486

Fuente: Elaboración propia

Dado que el flujo vehicular se realizó en una muestra de un período de una semana se requirió estimar el comportamiento anual del tránsito, para obtener el **TPDA** es necesario usar factores de ajustes diarios y de temporada que permitan expandir el volumen de las calles (factores de ajuste).

Tabla 8.- Tabla de control de la estación de mayor cobertura N° 300

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
300	NIC-45	4501	ECS	221.0	El Jobo - Pancasán
	NIC-49A	4902 A	ECS	268.0	La Aceituna - Estelí (Inter NIC-1)
	NIC-49B	4901	ECS	170.0	Llano de Colón - La Concordia
	NIC-53	5301	ECS	230.0	Ocotal - Macuelizo
	NIC-54	5402	ECD	125.0	Chichigalpa - Ing. San Antonio
	NIC-57	5713	ECD	183.5	Cuyalí - Venecia
	NIC-57	5701	ECS	188.4	Venecia - La Colonia
	NIC-57	5706	ECS	212.6	El Pindongo - Pavona Central

Fuente: Anuario de tráfico MTI, 2011

Tabla 9.- Factores de ajuste de la estación 4902 A: La Aceituna- Estelí

ESTACION DE CONTEO SUMARIA: 4902 A

TRAMO: LA ACEITUNA - ESTELI

NIC-49A

Camino: NIC-49A		Estación: 4902A		Tramo: La Aceituna - Estelí (Inter Nic-1)		Periodo L		Dias: 3		Horas:		Mes/Año Septiembre 2011		Km: 268.270				
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.		Otros
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	59	2	7	51			8	16	17	2		3				0		166
Factor Dia	1.22	1.33	1.28	1.30	1.23	1.17	1.20	1.39	1.42	1.35	1.00	1.46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.28	
Factor Semana	0.93	1.00	0.98	0.94	1.05	1.07	0.98	0.90	0.93	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	
Factor Expansión	0.96	1.02	0.94	0.97	1.01	1.05	1.00	0.92	0.89	0.92	1.00	1.05	1.00	1.00	1.00	0.50	2.20	
TPDA Sep-Dic	64	3	8	60			10	18	20	2		5						190
% TPDA	33.68	1.58	4.21	31.58			5.26	9.47	10.53	1.05		2.63						100.00
% Vehículos Livianos	71.05%						% Vehículos Pesados						28.95%			100.00%		

Fuente: Anuario de tráfico MTI 2011

4.1.3 Resultado de los análisis de tránsito

Tabla 10.- Resultado del tránsito promedio aplicando los factores de ajuste.

Grupos	Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15 pas	Bus	C2	C3	T3-S2	Vehículo Agrícola	TOTAL
TPD	144	128	34	95	3	26	28	23	5	10	224
Factor Diario			1.33	1.3	1.23	1.2	1.42	1.35	1.46	1	
Factor Expansión			1.02	0.97	1.01	1	0.89	0.92	1.05	1	
TPDA			46	120	4	31	35	29	8	10	283
% TPDA			16	42	2	11	12	10	3	4	100%
% Vehículo Liviano			60%			% Vehículo Pesado			40%		100%

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del TPDs para vehículo liviano (carro)

$$\text{TPDs} = \text{T Semana} / 7$$

$$\text{TPDs} = 240 / 7$$

$$\text{TPDs} = 34$$

Calculo de TPDA para vehículo liviano (carro) aplicando los factores de ajuste.

$$\text{TPDA} = \text{TP Diurno} * \text{Factor diario} * \text{Factor expansión}$$

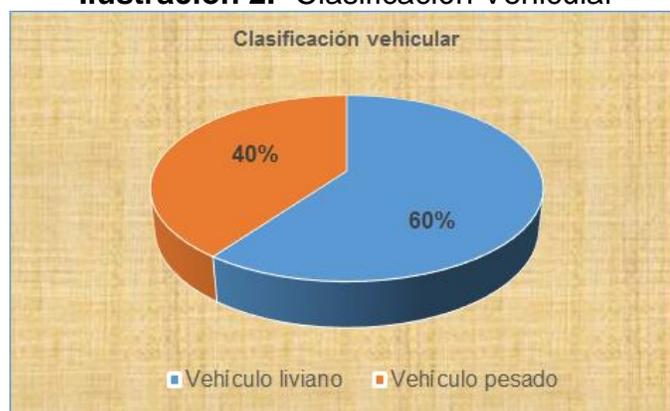
$$\text{TPDA} = 34 * 1.33 * 1.02$$

$$\text{TPDA} = 46.1244 \approx 46$$

4.1.4 Clasificación vehicular promedio

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra la cual está conformada de la siguiente manera obteniendo una composición del 60% de vehículos livianos y un 40 % de vehículos pesados, como se puede ver en la ilustración 2.

Ilustración 2.- Clasificación Vehicular



4.2 Análisis de la información obtenida

4.2.1 Evolución del PIB

Partiendo de la información disponible en el Banco Central se ha elaborado la siguiente tabla donde se aprecia el comportamiento histórico del PIB, desde el año 2009 al año 2015. Se observa que a lo largo de los años el PIB había mantenido un crecimiento constante con tasas desde bajas a moderadas, si analizamos el período del 2009 al 2015 el PIB creció hasta un promedio de un 4.8 %

Tabla 11.- Evolución anual del PIB

Evolución Anual del PIB		
Año	PIB Mill \$	Tasa de crecimiento
2009	8,381	
2010	8,938	3.30%
2011	9,899	6.20%
2012	10,640	5.10%
2013	11,260	4.60%
2014	11,806	4.70%
2015	12,384	4.90%

Fuente: BCN, 2015

A un periodo de 6 años, desde el 2009 hasta el 2015 el PIB registró un crecimiento promedio del 4.8%, del cual se observa un crecimiento positivo.

Crecimiento Poblacional.

Para el análisis del comportamiento poblacional se consideran los censos realizados desde el año 1906 hasta el 2005. Se obtiene una tasa de crecimiento del 5.3%.

Tabla 12.- Crecimiento poblacional Nicaragua

Periodo	Población	Tasa de crecimiento
1,906	501,849	
1,920	633,622	1.70%
1,940	829,831	1.40%
1,950	1,049,611	2.40%
1,963	1,535,588	2.90%
1,971	1,877,952	2.50%
1,995	4,357,099	3.50%
2,005	5,142,098	1.70%

Fuente: INIDE, 2005

De acuerdo al INIDE la tasa de crecimiento poblacional de la ciudad de Estelí en los censos de 1995 es de 1.9% y para el censo del 2005 aumenta la población a 112,084 habitantes, sin embargo para el periodo 2005-2015 la tasa de crecimiento aumenta a 2.5% estoy debido al auge de las actividades económicas basadas principalmente en el cultivo y procesamiento del tabaco.

Tabla 13.- Crecimiento poblacional Estelí

Año del censo	Población	Tasa de crecimiento
1,995	92,988	
2,005	112,084	1.90%
2,015	140,000	2.50%

Fuente: INIDE, 2005

4.2.2 Crecimiento del tráfico desarrollado

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo en estudio u otras vías de naturaleza similar.

Para el presente tramo **268: La Aceituna- Estelí** se ha encontrado información histórica o estadística de tráfico en el Anuario de tráfico 2011 del Ministerio de Transporte e Infraestructura

Tabla 14.- Crecimiento del tráfico desarrollado, tramo La Aceituna- Estelí.

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	
268	NIC-49A	4902A	ECS	La Aceituna - Estelí (Inter NIC-1)	2011	64	3	8	60			10	18	20	2		5							190
					2009	29		9	55			10	9	8	4		4							130
					2004	12	5	8	48	0		11	6	12	2									105
					2002	18	2	11	54			13	8	5									3	113
					2000	11		11	43			11	1	6	4									88

Fuente: Anuario de tráfico MTI, 2011

Considerando el tramo **268: La Aceituna- Estelí**, se puede apreciar que los mismos han experimentado crecimientos importantes durante los últimos 10 años. Al inicio de período se cuentan con crecimientos altos en el orden del 12%.

Del período comprendido entre los años 2000 – 2002, el TPDA de la carretera en estudio experimentó un crecimiento del 14.20%, para el período del 2002 al 2004 presenta un valor atípico en la tasa de crecimiento con un -3.54% y para lo últimos periodos del 2004-2011 la tasas de crecimiento ha sufrido un incremento del 4.76 al 23.08%, como se puede observar en la tabla

Tabla 15.- Tasas de crecimiento del TPDA en la estación 4902^a La Aceituna- Estelí

Crecimiento del trafico desarrollado		
Año	TPDA	Tasa de crecimiento
2000	88	
2002	113	14.20%
2004	105	-3.54%
2009	130	4.76%
2011	190	23.08%

Fuente: Anuario de tráfico MTI 2011

4.2.3 Análisis de tasa de crecimiento utilizada

Según las predicciones de economistas internacionales, el crecimiento económico presentará una lenta pero sostenida recuperación de la economía mundial, hacen previsible un crecimiento de la economía nicaragüense en magnitudes superiores al 2.5% para el año 2016. Este desempeño económico es positivo, para alcanzar mejoras significativas en el ingreso nacional en los siguientes sectores como:

La ganadería, este sistema de explotación es tradicional y semi intensivo porque en algunas fincas usan tecnología como el mejoramiento genético.

Sin embargo el principal rubro económico es el cultivo del tabaco, que se siembra en el sector. Éste se siembra con tecnología tradicional y semitecnificada. Existe una Asociación de tabacaleros y aglutina a productores tanto de tabaco convencional como orgánico, ésta es exportada hacia otros países. Los otros cultivos son los granos básicos como el maíz y frijol, éstos tienen una gran demanda dentro el mercado nacional.

Luego de haber realizado el siguiente análisis, en el presente documento se utilizó una tasa de crecimiento del 4.8%, la cual es obtenida del Producto Interno Bruto (PIB), por lo que las demás tasas de crecimiento como son la tasa de crecimiento poblacional y tasa de crecimiento de la flota vehicular; se analizan que presentan demasiadas inconsistencias después de una análisis estadístico además que se presentaron datos atípicos en estos valores, considerando que Estelí está experimentando un auge económico por sector del tabaco, que exige mejoras a las vías, está tasa del PIB se considera como la tasa de crecimiento estable dentro de la economía del país.

4.2.4 Proyección del tráfico

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

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

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

La determinación de los volúmenes de tráfico; a partir del año base (2015) y de inicio de operación de la vía (2016), hasta el año horizonte del proyecto (2036), es el principal objetivo de este estudio de tráfico.

4.2.5 Factor de crecimiento (FC)

Se obtiene el Factor de Crecimiento (Fc) del tránsito por medio de la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} * 365$$

Donde:

l= tasa de crecimiento= 4.8%, definida en el acápite anterior

n= periodo de diseño= 20 años

365= días del año.

$$FC = [(1+0.048)^{20}-1/ 0.048] *365=11,817$$

$$FC= 11,817$$

4.2.6 Periodo de diseño

De acuerdo a la funcionalidad de la red vial básica del MTI, el tramo analizado es del tipo colectoras suburbanas, por conectar al municipio a la red nacional, es alta importancia económica para el municipio, el periodo mínimo es de 10 años y el máximo de 20, se consideró que la construcción de la carretera se hará de manera integral para un periodo de diseño de 20 años, ver tabla 15.

Tabla 15.- Periodo de análisis sugerido por la guía AASHTO, 1993

Tipo de carretera.	Periodo de diseño.
Autopista regional.	20 a 40 años
Troncales suburbanas.	15 a 30 años
Troncales rurales.	15 a 30 años
Colectoras suburbanas.	10 a 20 años
Colectoras rurales.	10 a 20 años

Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO 93

4.2.7 Factor de Carril (fc)

Se refiere al número de carriles por sentido para los cuales se está diseñando. El factor de carril que utilizaremos será de 100%, ya que estamos considerando que la carretera será diseñada para 2 carriles de circulación (1 por sentido). $fc=1$, ver tabla 16.

Tabla 16.- Factor de carril

Numero de carriles en una sola dirección	Factor LD
1	1
2	0.8-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-0.75

Fuente: SIECA 2001

4.2.8 Factor Distribución (FD)

Este factor se refiere a la distribución direccional del tránsito. Le asignaremos 50% del tráfico para cada sentido de la vía. Por lo tanto tomamos el valor de $FD= 0.5$.

4.2.9 Tráfico Projectado

En la tabla 18 se presentan los resultados de los ESAL, con sus proyección para 20 años, En este cuadro se muestra el tráfico proyectado el cual corresponde a **1, 672,107** vehículos por día para el año 2036.

Tabla 17.- Tráfico proyectado

Tipo de Vehículo	TPDA	FD	fc	FC	TD
Carro	46	0.5	1	11,817	271,791
		0.5	1	11,817	
Camioneta	120	0.5	1	11,817	709,020
		0.5	1	11,817	
Microbús≤ 15 pasajeros	4	0.5	1	11,817	23,634
		0.5	1	11,817	
Bus	31	0.5	1	11,817	183,164
		0.5	1	11,817	
C2	35	0.5	1	11,817	206,798
		0.5	1	11,817	
C3	29	0.5	1	11,817	171,347
		0.5	1	11,817	
Trailer	8	0.5	1	11,817	47,268
		0.5	1	11,817	
Vehículo Agrícola	10	0.5	1	11,817	59,085
		0.5	1	11,817	
TOTAL TD					1,672,107

Fuente: Elaboración propia

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

5 CAPÍTULO V.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

5.1 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

El método que se utilizó para realizar el diseño de la estructura de pavimento en este trabajo monográfico fue el de la A.A.S.H.T.O. 93, este método involucra los estudios abordados anteriormente.

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

- Método Directo
- Método Argentino
- Método Británico
- A.A.S.H.T.O.

Por lo que el método de A.A.S.H.T.O es el más usado y cuenta con dos técnicas de diseño para estructuras de pavimento: rígido y flexible. Para el diseño propuesto a continuación se utilizó el método flexible tomando ciertas consideraciones:

Suponer que el pavimento de adoquín trabaja como pavimento flexible, está basado en la forma cómo este asimila las cargas y las transmite a los demás miembros de la estructura de pavimento, trabajando de forma articulada y a la vez como una pequeña losa.

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, de concreto y adoquinado. Debido a su fácil trabajabilidad y otras características se eligen adoquines de hormigón en este estudios (se excluye el macadam por tratarse de carretera urbana). En todo caso resulta una alternativa económica y de mantenimiento.

El método A.A.S.H.T.O, contempla la implementación de modelos matemáticos donde se ven involucradas variables que condicionan el desarrollo de estos.

Luego de obtener las características y propiedades Físicas y Mecánicas de los Materiales (Sub-Rasante y Bancos) existentes en todo el proyecto por medio de los Ensayes de Laboratorio así como los datos del estudio de tránsito vehicular calculado se procede a efectuar el diseño de pavimento siguiendo la metodología propuesta por la guía AASHTO-93.

5.2 Consideraciones del diseño AASHTO-93

5.2.1 Índice de serviciabilidad inicial (P_o)

En función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el experimento vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de 4.2.

Serviciabilidad inicial	
Pavimento rígido	Pavimento flexible
$P_o = 4.5$	$P_o = 4.2$

Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO 93

En el diseño de la estructura de pavimento flexible de nuestro proyecto se trabajó con un valor de $P_o = 4.2$.

5.2.2 Índice de serviciabilidad final (pt)

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes: Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de $pt = 1.8-2.0$.

Serviciabilidad final	
Caminos muy importantes	Caminos de menor tránsito
$P_o = 2.5$	$P_o = 2$

Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO 93

En el diseño de la estructura de pavimento flexible de nuestro proyecto se trabajó con un valor de **Pt = 2.0**.

5.2.3 Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI)

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

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t$$

En el diseño de la estructura de pavimento flexible de tramo en estudio se trabajó con un valor de:

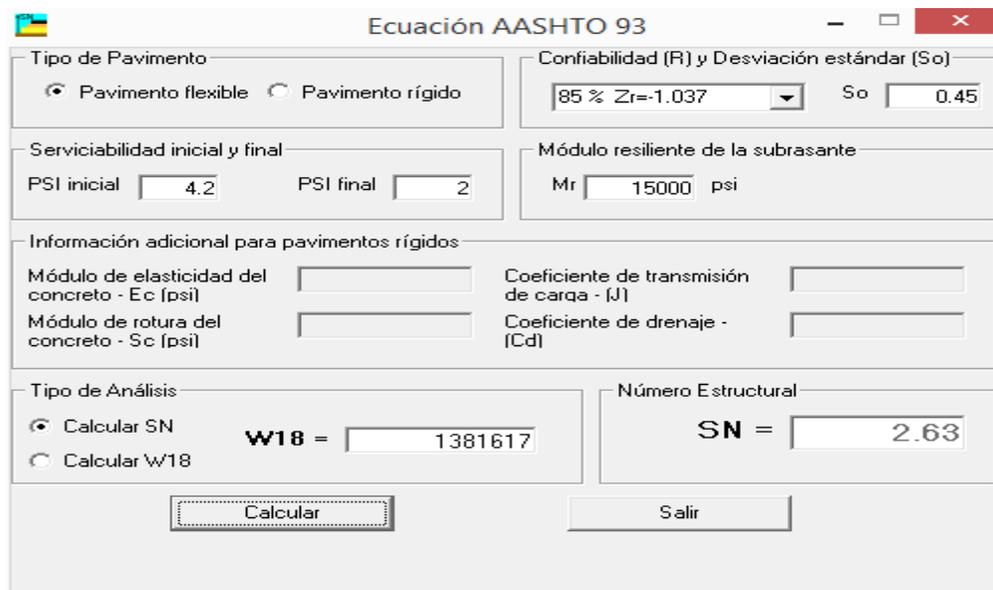
$$\Delta\text{PSI} = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta\text{PSI} = 2.2.$$

5.2.4 Numero estructural (SN)

Para el cálculo de SN se utilizó el Software Ecuación de A.A.S.H.T.O.93 obteniendo un valor SN de 2.63

Ilustración 3.- Cálculo de número estructural con ecuación AASHTO 93.



The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and a calculation button. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section has '85 % Zr=-1.037' selected and 'So' set to 0.45. The 'Serviciabilidad inicial y final' section has 'PSI inicial' set to 4.2 and 'PSI final' set to 2. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section has 'Mr' set to 15000 psi. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, resulting in 'W18 = 1381617'. The 'Número Estructural' section shows the final result 'SN = 2.63'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Cálculo del SN por A.A.S.H.T.O. 93

5.2.5 Factor de equivalencia (FESAL)

Se obtiene las tablas de la AASHTO-93 apéndice D (*Tabla 27 a Tabla 28 D-4 a D-5 adjuntas en Anexos del Capítulo 4*), para ejes Sencillos, Dobles. Conociendo la serviciabilidad final ($P_t=2.0$), el número estructural asumido ($SN=3$) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips) se obtienen los factores de equivalencia (FESAL ver tabla en anexo 4). Si los pesos de los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores.

5.2.6 Ejes equivalentes (ejes equivalentes o W18)

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

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

Tabla 18.- Cálculo de interpolación FESAL

Carga eje (kips)	SN (3)
2	0.0002
2.2	interpolando
4	0.002

Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO 93

FESAL interpolado: 0.00038

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

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

Para 2.2 kips de un eje sencillo mediante tabla D1-D2 de AASHTO-93 con $SN=3$

$$\text{ESAL o W18} = 271,791 * 0.00038 = 103$$

Tabla 19.- Calculo de ejes equivalentes

TABLA DE CALCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL) SN=3					
Tipo de Vehículo	EJE (KIPS)	TD	FESAL	ESAL	Descripción
Auto	2.2	271,791	0.00038	103	eje simple
	2.2	271,791	0.00038	103	eje simple
Camioneta	2.2	709,020	0.00038	269	eje simple
	4.4	709,020	0.0038	2,246	eje simple
Microbús≤ 15 pasajeros	7.33	23,634	0.0276	652	eje simple
	14.67	23,634	0.44077	10417	eje simple
Bus	11	183,164	0.1395	25551	eje simple
	22	183,164	2.35	430435	eje simple
C2	11	206,798	0.1395	28848	eje simple
	22	206,798	2.35	485975	eje simple
C3	11	171,347	0.1395	23903	eje simple
	36.3	171,347	1.4325	245455	eje doble
T3-S2	11	47,268	0.1395	6594	eje simple
	35.28	47,268	1.272	60125	eje doble
	35.28	47,268	1.272	60125	eje doble
Vehículo Agrícola	2.64	59,085	0.000776	46	eje simple
	6.16	59,085	0.013	768	eje simple
TOTAL ESAL				1,381,617	

Para el diseño del tramo analizado se obtuvo un ESAL o **W18= 1, 381,617**

5.2.7 Confiabilidad (R)

Es como un Factor de Seguridad y ante esa situación debemos reflexionar en los valores de confiabilidad que debemos utilizar, empleando los mejores criterios, al hacer un diseño para un pavimento.

Tabla 20.- Porcentajes de confiabilidad.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada (%)	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85 a 99.5	80 a 99.5
Arterias principales	80 a 99	75 a 99
Colectoras	80 a 95	75 a 95
Locales	50 a 80	50 a 80

Fuente: Guía de diseño de pavimentos AASHTO 93

Se utilizara un valor que está dentro del rango de confiabilidad de colectoras urbanas del 85%.

5.2.8 Desvió estándar (S0)

Es un valor estadístico, la AASHTO 93 recomienda para pavimentos flexibles un valor mínimo de 0.40 y un máximo de 0.50, en este caso se considera el valor de **0.45**, debido a que es un pavimento flexible.

5.2.9 Coeficiente de Drenaje (m)

El drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo, $m=1$ seleccionado por el tipo de suelo encontrado que son buenos para el drenaje, ver tabla 22.

Tabla 21.- Capacidad del drenaje para remover la humedad.

Capacidad del drenaje para remover la humedad				
Calidad del drenaje	Agua Removida en			
	50% saturacion		85% saturacion	
Excelente	2 horas		2 horas	
Bueno	1 dia		2 a 5 horas	
Regular	1 semana		5 a 10 horas	
Pobre	1 mes		10 a 15 horas	
Malo	no drena		mayor a 15 horas	
Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturacion			
	< 1%	1% a 5%	5% a 25%	> 25%
Excelente	1.40 a 1.35	1.35 a 1.30	1.30 a 1.20	1.20
Bueno	1.35 a 1.25	1.25 a 1.15	1.15 a 1.00	1.00
Regular	1.25 a 1.15	1.15 a 1.05	1.00 a 0.80	0.80
Pobre	1.15 a 1.05	1.15 a 1.05	0.80 a 0.60	0.60
Muy Pobre	1.15 a 1.05	0.95 a 0.75	0.75 a 0.40	0.40

Fuente: A.A.S.H.T.O. 93

5.2.10 Estabilidad Marshall

Es una medida de la carga bajo la cual está dirigida a medir la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica.

En nuestro diseño según la clasificación del tránsito esa catalogado como tránsito pesado en la cual resultan en un ESAL de diseño $> 10^6$. Dato suministrado por el instituto de asfalto en el manual de construcción de pavimentos de mezclas asfálticas en caliente seria de manuales no. 22 (MS-22) pág. 92 fig 3.19 Criterios del instituto de asfalto para el diseño Marshall.

Ilustración 4.- Criterio del instituto de asfalto para el diseño Marshall

Criterios para Mezcla del Metodo Marshall	Transito Liviano Carpeta y Base		Transito Mediano Carpeta y Base		Transito Pesado Carpeta y Base	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Compactacion, numero de golpes en cada cara de la probeta	35		50		75	
Estabilidad, N (lb.)	3336 (750)	—	5338 (1200)	—	8006 (1800)	—
Flujo, 0.25 mm (0.01 pulgadas)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de Vacios	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de Vacios en el Agregado Mineral (VMA)	<i>Ver Figura 3.20</i>					
Porcentaje de Vacios llenos de Asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

NOTAS

- ¹ Todos los criterios y no solo estabilidad, deben ser considerados al diseñar una mezcla asfáltica de pavimentación. Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60°C, se consideraran satisfactorias si cumplen los criterios cuando se ensayen a 38°C, y si se colocan a 100 mm o mas por debajo de la superficie. Esta recomendación se aplica solamente a las regiones que tengan una variedad de condiciones climáticas similar a la que prevalece en casi todas las regiones de Estados Unidos. En las regiones que tengan condiciones climáticas mas extremas puede ser necesario usar temperaturas mas bajas de ensayo.
- ² Clasificaciones del Transito
 - Liviano Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño < 104
 - Mediano Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño entre 104 y 106
 - Pesado Condiciones de transito que resultan en un EAL de diseño > 106
- ³ Los esfuerzos de compactación en el laboratorio deberán aproximarse a la densidad máxima obtenida en el pavimento bajo el transito.
- ⁴ Los valores de fluencia se relleren al punto en donde la carga comienza a disminuir.
- ⁵ Cuando se este calculando el porcentaje de vacíos, deberá permitirse cierta tolerancia en la porción de cemento asfáltico perdida por absorción en las partículas de agregado
- ⁶ El porcentaje de vacíos en el agregado mineral debe ser calculado con base en el peso específico total ASTM del agregado.

Fuente: Manual del instituto de asfalto

$$W18 = 1,381,617$$

$$1,381,617 > 10^6$$

Considerando este criterio obtenemos un valor de estabilidad Marshall de 1,800 lbs.

5.2.11 Cálculo del CBR de diseño

Para determinar el CBR de diseño, se hizo necesario realizar varias pruebas, teniendo en cuenta la longitud del tramo. Todas estas pruebas como es de esperarse que los resultados obtenidos difieran entre ellos a causa de las variaciones naturales del suelo y las imprecisiones que pueden cometerse al efectuar los ensayos.

El valor a tomar de los materiales existentes debe ser representativo en el tramo del camino a considerar en el diseño del pavimento por los que existen muchos criterios para seleccionar el CBR adecuado, siendo el más utilizado el del instituto del asfalto que recomienda tomar un valor tal que el 60%,75% o el 87.5% de los valores individuales que sean mayores o iguales que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule por el pavimento, tal como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 22.- Límite para selección de CBR de diseño

Nivel de transito	Valor percentil para diseño de subrasante (%)
<10⁴ ESAL.	60
10⁴ a 10⁶ ESAL.	75
>10⁶ ESAL.	87.5

Fuente: Manual instituto del asfalto

Para el caso de nuestra investigación el valor de percentil de diseño será del 87.5% por tener un ESAL's de 1.381×10^6 .

De la línea de sondeo se tienen las muestras de suelos para cada muestra recogida posteriormente se llevan a laboratorio y se determina los valores de CBR para cada una. Algunas de las muestra tienen un mismo valor de CBR debido a las características similares de los suelos, a esto se le llama frecuencia.

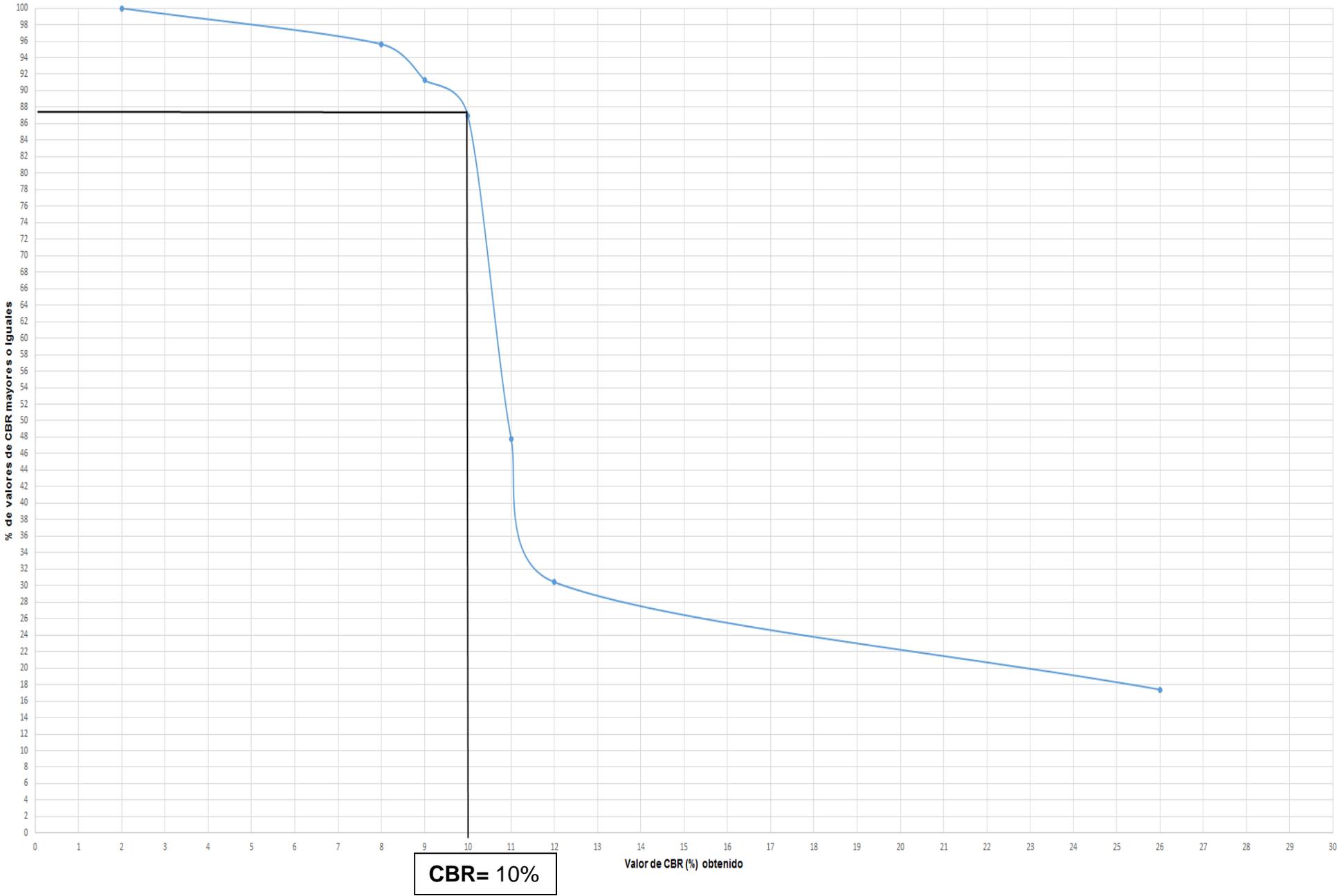
1. Luego de ordenar los valores de CBR de menor a mayor junto con sus respectivas frecuencias.
2. Se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.
3. Con los % de valores CBR Mayores o Iguales y los Valores CBR obtenidos de laboratorio, se gráfica dichos datos en papel milimetrado, resultando una curva extensa.
4. Aplicar recomendación del Instituto del Asfalto de USA, en nuestro caso el percentil del 87.5% del CBR será el CBR de diseño de la Capa Subrasante.
5. Y por último introducir dicho porcentaje en la gráfica y leer el valor de CBR de diseño.

Tabla 23.- Selección del CBR de diseño.

Valor del CBR obtenido	Frecuencia	Numero de valores mayores o iguales	% de valores de CBR mayores o iguales
2	1	23	100
8	1	22	96
9	1	21	91
10	9	20	87
11	4	11	48
12	3	7	30
26	4	4	17
	23		

Fuente: Elaboración propia

Selección del CBR de diseño



CBR= 10%

Ilustración 5.- Selección del CBR de diseño.

CBR diseño= 10%

Tabla 24.- Clasificación del suelo para estructuras de pavimentos

C.B.R	Clasificación
0 - 5	Sub-rasante muy mala
5 - 10	Sub-rasante mala
11 - 20	Sub-rasante regular a buena
21 - 30	Sub-rasante muy buena
31 - 50	Sub-base buena
51 - 80	Base Buena
81 - 100	Base Muy Buena

Fuente: Manual instituto del asfalto

Se realizó el cálculo del C.B.R de diseño considerando que la línea de subrasante está a 5 centímetros de profundidad del terreno natural dando como resultado de 10% el cual es catalogado como subrasante mala.

5.2.12 Módulo de resiliencia

En el diseño de espesores de una estructura de pavimento flexible, el método del instituto del asfalto, considera como parámetro fundamental la evaluación de los materiales para obtener el Módulo de Resiliencia (MR).

Como no es fácil tener el equipo para llevar a cabo este tipo de pruebas, se han establecidos factores de correlación entre el Módulo de Resiliencia (MR) y la prueba del CBR (AASHTO T-193). Los valores obtenidos son bastante aproximados.

Para calcular el módulo de resiliencia a partir del CBR se han desarrollado las siguientes formulas empíricas:

1. $MR = 1500 \times CBR$ para $CBR < 10\%$

2. Usar Figura 2.7 Según AASHTO para $CBR > 10 \%$

Por lo tanto para nuestro caso haremos uso de la fórmula 1:

MR = 1500 x CBR

MR = 1500 x 10 = 15,000 psi.

MR= 15,000 psi

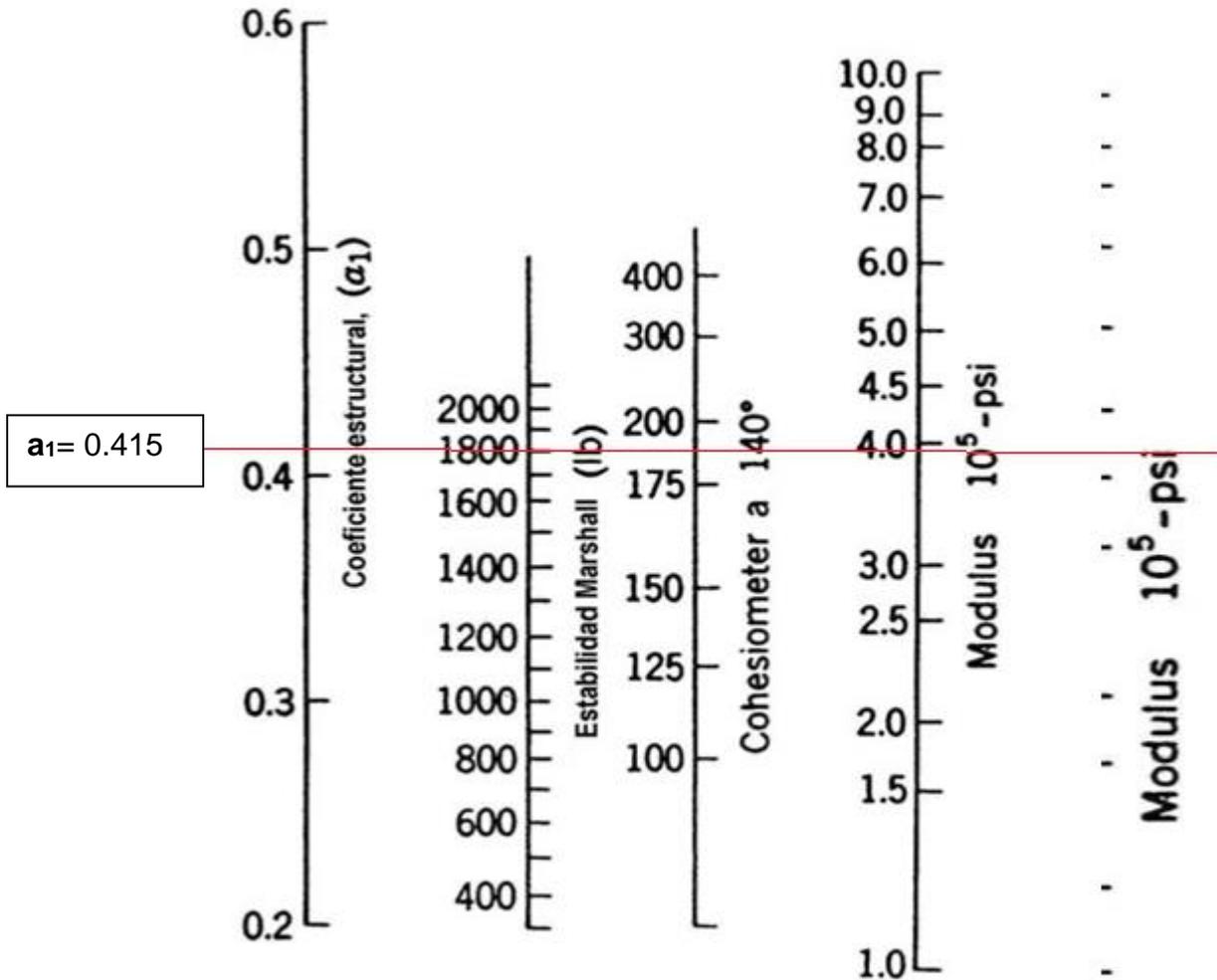
5.2.13 Coeficientes estructurales

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

Los coeficientes estructurales (a_i) que son empleados en el Método AASHTO '93 los cuales utilizaremos en el diseño del tramo de camino son los siguientes:

Para el diseño utilizaremos un valor de $a_1 = 0.415$ para la carpeta de rodamiento (Ver Ilustración 5), $a_2 = 0.124$ para la Base (Ver Ilustración 6) y $a_3 = 0.122$ para la sub base (Ver Ilustración 7)

Ilustración 6.- Nomograma para estimar el Coeficiente Estructural a_1 para la Carpeta Asfáltica (Diseño de Pavimento Flexible AASTHO – 93, Design Requirements)



Fuente: Guía para diseño de pavimentos AASTHO 93

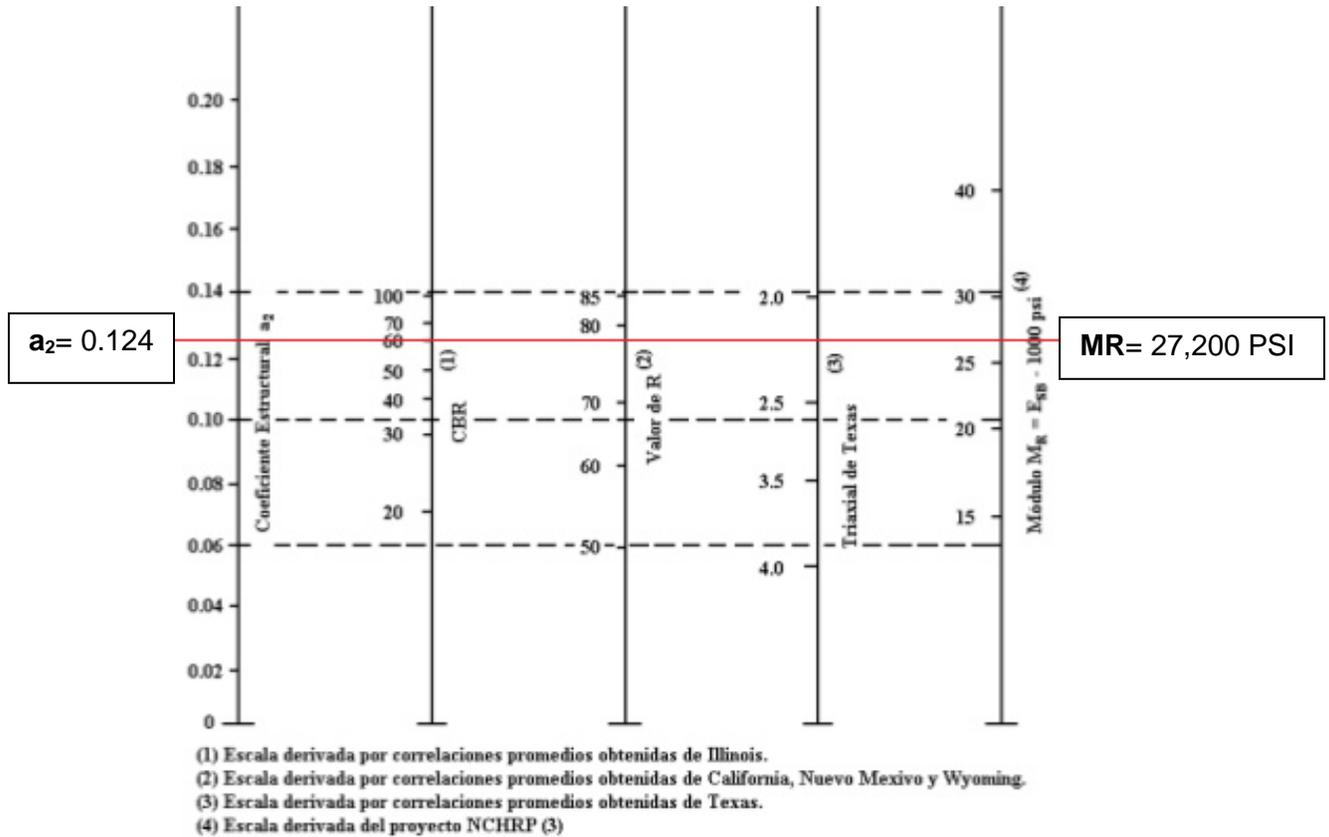
5.2.14 Capa Base

Para la base se empleará material del banco denominado “El Chilamate” ubicado a 1.5 km, partiendo del ensayo CBR de este material resulto con un CBR= 60%, por lo que el Módulo de Resilencia y coeficiente estructural es obtenido a través del gráfico: variación de a_2 para bases granulares;

a_2 : 0.124

MR: 27,200 psi

Ilustración 7.- Nomograma para estimar el Coeficiente Estructural a_2 para la Base (Diseño de Pavimento Flexible AASTHO – 93, Design Requirements)



Fuente: Guía para diseño de pavimentos AASTHO 93

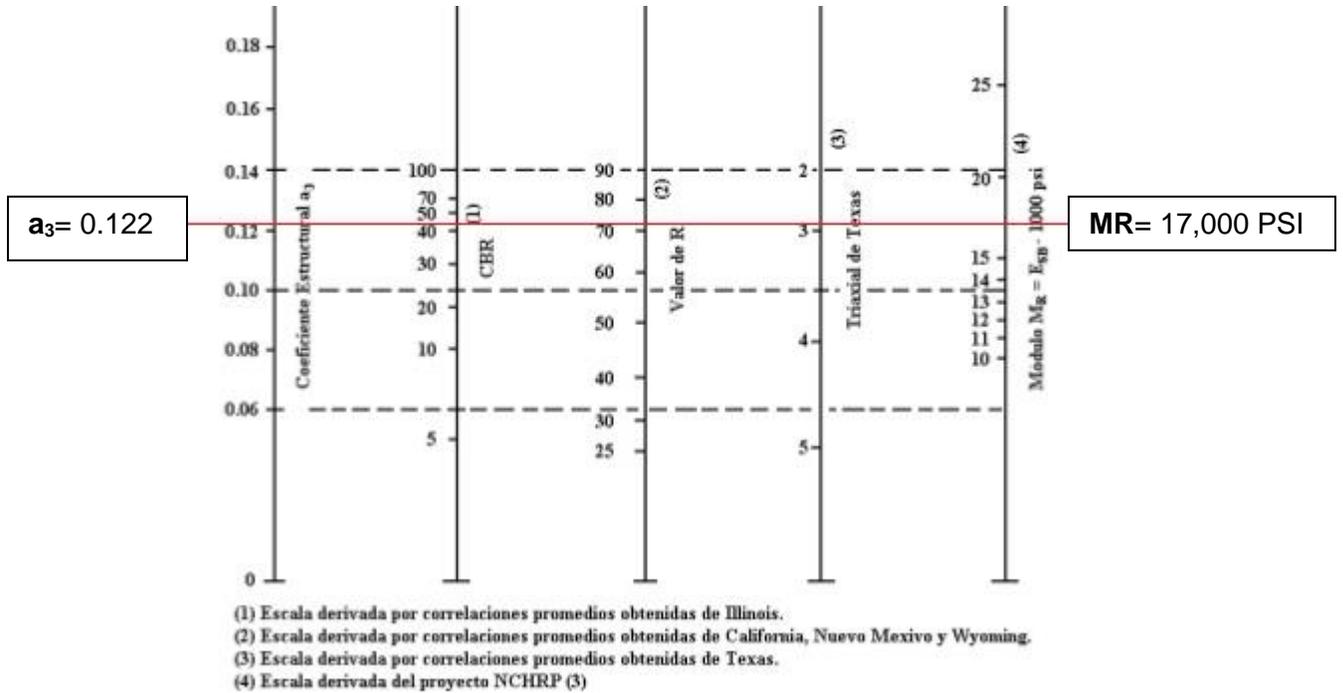
5.2.15 Capa Sub base

Para la conformación de la sub base se utilizó un segundo banco de materiales denominado “La pinta mico”, el cual está ubicado a 3 km. partiendo del ensaye CBR de este material resulto con un CBR= 43%, por lo que el Módulo de Resilencia y coeficiente estructural es obtenido a través del gráfico: variación de a_3 para bases granulares;

$$a_3 = 0.122$$

$$MR = 17,000 \text{ psi}$$

Ilustración 8.- Nomograma para estimar el Coeficiente Estructural a_3 para la Sub-Base (Diseño de Pavimento Flexible AASTHO – 93, Design Requirements)



Fuente: Guía para diseño de pavimentos AASTHO 93

5.2.16 Determinación del número estructural SN

Se utilizaron 2 métodos para calcular los números estructurales:

1. Nomograma

2. Ecuación AASTHO 93

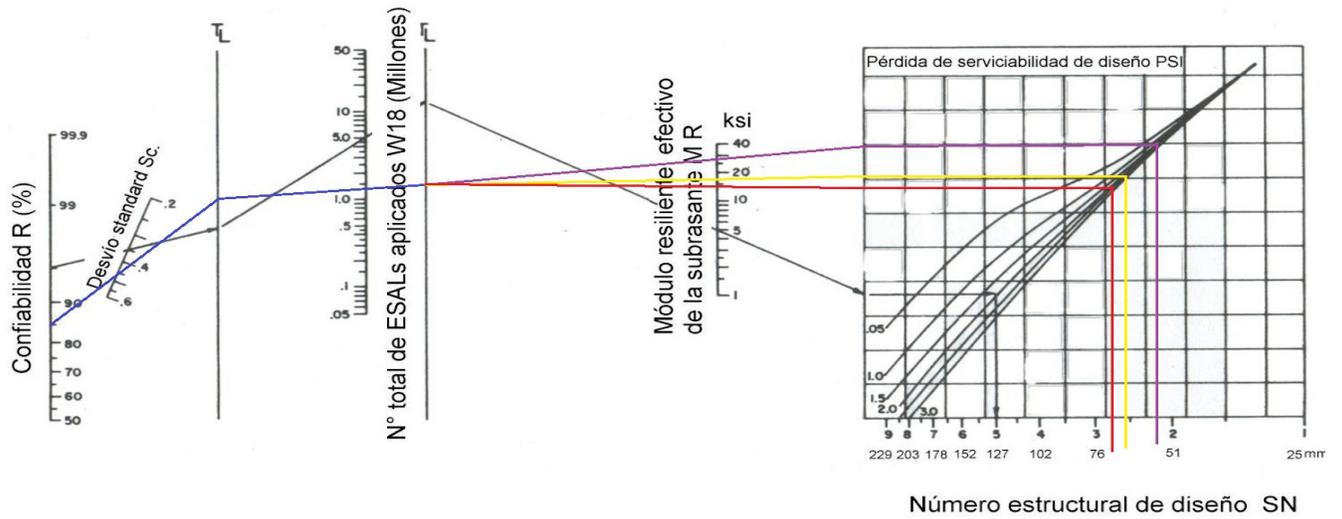
Siendo el programa de ecuación AASTHO para el cálculo del SN la más exacta.

MR base=27,200PSI _____ SN₁= 2.12

MR sub-base=17,000PSI _____ SN₂= 2.52

MR sub-rasante=15,000 PSI _____ SN= 2.63

Ilustración 9.- Nomograma para estimar el número estructural de diseño SN (Diseño de Pavimento Flexible AASTHO – 93, Design Requirements)

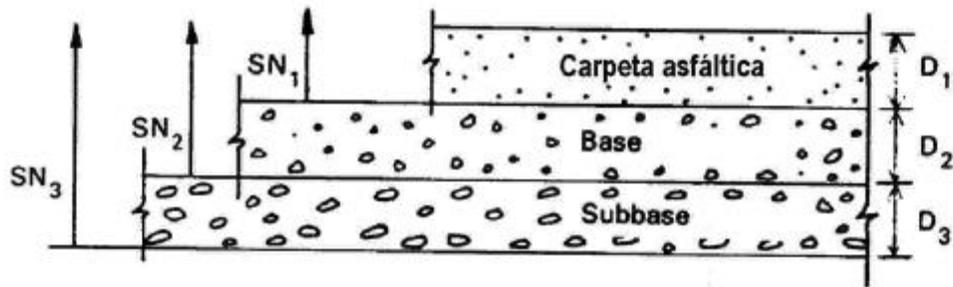


5.2.17 Ecuación AASHTO 93

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confianza (R) y Desviación estándar (So) 85 % $Z_r = -1.037$ $S_o = 0.45$	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial <input type="text" value="4.2"/> PSI final <input type="text" value="2"/>		Módulo resiliente de la subrasante Mr <input type="text" value="15000"/> psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - E _c (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>
Módulo de rotura del concreto - S _c (psi)	<input type="text"/>	Coefficiente de drenaje - (C _d)	<input type="text"/>
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = <input type="text" value="1381617"/>		Número Estructural SN = <input type="text" value="2.63"/>	
<input type="button" value="Calcular"/>		<input type="button" value="Salir"/>	

5.2.18 Determinación de los espesores



Fuente: Guía para diseño de pavimentos AASTHO 93

- Espesor del concreto asfáltico:

$$SN_1 = 2.12$$

$$a_1 = 0.415$$

$$D_1 = 2.12 / 0.415$$

$$D_1 = 5.11 \text{ pulgadas} \quad \underline{\hspace{10em}} \quad 5.5 \text{ pulgadas}$$

Recalculando el número estructural (SN_1')

$$SN_1' = 0.415 * 5.5$$

$$SN_1' = 2.28$$

$$SN_1' = 2.28 > 2.12$$

$$SN_1' > SN_1 \quad \text{OK}$$

Espesor de la base:

$$SN_2 = 2.52$$

$$SN_1' = 2.28$$

$$a_2 = 0.124$$

$$m_i = 1 \quad \text{buen drenaje}$$

$$SN_b = SN_2 - SN_1'$$

$$SN_b = 2.52 - 2.28$$

$$SN_b = 0.24$$

D₂

$$D_2 = SN_b / (a_2 * m_i)$$

$$D_2 = SN_b / (0.124 * 1)$$

$$D_2 = 0.24 / 0.124$$

$$D_2 = 1.93 \text{ _____ } D_2 = 2 \text{ pulgadas}$$

Recalculando el número estructural (SN₂')

$$SN_2' = 0.124 * 2 * 1$$

$$SN_2' = 0.248 > 0.125$$

$$SN_2' = 0.248 > SN_b \quad \text{OK}$$

Espesor de la sub-base

$$SN_{sr} = 2.63$$

$$SN_1' = 2.28$$

$$SN_2' = 0.248$$

$$a_3 = 0.122$$

m_i = Drenaje bueno

$$SN \text{ sub-base} = SN_{sr} - (SN_1' + SN_2')$$

$$SN \text{ sub-base} = 2.63 - (2.28 + 0.248)$$

$$SN \text{ sub-base} = 0.102$$

$$D_3 = \frac{SN(\text{subbase})}{a_3 m_3}$$

$$D_3 = 0.102 / (0.122 * 1)$$

$$D_3 = 0.8361 \text{ _____ } 2 \text{ pulgadas}$$

5.2.19 Análisis de los resultados

Para el espesor de la carpeta de asfalto nos resultó 5.5 pulgadas en el cálculo manual, y basándonos en los espesores mínimos requeridos según el volumen de tráfico de la norma AASHTO 93 este cumple satisfactoriamente, sin embargo en el caso de la base y sub base granular debemos aumentar el espesor a un mínimo de 6 pulgadas para que cumpla con la norma establecida.

Hemos decidido usar la capa de sub base ya que nuestra calidad de sub rasante se cataloga como mala (ver tabla 24), de esta forma garantizamos que las capas soporten satisfactoriamente las cargas que se ejercerán sobre el pavimento en su vida útil.

Tabla 25.- Espesores mínimos requeridos para capas de concreto asfáltico, base y sub base, en función del tráfico esperado

Tráfico ESAL	Espesores mínimos (pulgadas)	
	Mezcla asfáltica	Base y/o Sub base granular
< 50,000	1.0	4.0
50,000 a 150,000	2.0	4.0
150,000 a 500,000	2.5	4.0
500,000 a 2,000,000	3.0	6.0
2,000,000 a 7,000,000	3.5	6.0
> 7,000,000	4.0	6.0

Fuente: Guía para diseño de pavimentos AASHTO 93

Resumen de datos de diseño:

- 1) Índice de Confianza (%): 85
- 2) Índice de Servicio Inicial: 4.2
- 3) Índice de Servicio Final: 2
- 4) Índice de Servicio de Diseño: 2.2
- 5) Desviación Estándar, So: 0.45
- 6) CBR de Subrasante (%): 10%
- 7) Módulo de Resiliencia, Mr.: 15,000 psi
- 8) Período de Diseño (Años): 20
- 9) Número de Ejes Equivalentes: 1, 381,617
- 10) Número estructural: 2.63

5.3 Cálculo de espesores con método de diseño AASHTO-93

$$\log W_{18} = Z_R \times S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

5.3.1 Variables:

SN = 2.63

Número de Ejes Equivalentes: 1, 381,617

Módulo de Resiliencia, Mr.= 15,000 psi

ZR= -1.037

Índice de Servicio de Diseño (ΔPSI)= 2.2

$$\log 1381617 = -1.037 \times 0.45 + 9.36 \log(2.63 + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{2.2}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(2.63 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(15000) - 8.07$$

6.14 = 6.14

*Para determinar que el valor SN asumido es correcto se hace la igualación de la Ecuación de diseño de la AASHTO 93 donde se obtiene que; **6.14 = 6.14***

5.3.2 Espesores con WINPAS

La verificación o comprobación de resultados fue posible mediante el uso del Software WINPAS desarrollado por la American Concrete Pavement Association (ACPA) para la evaluación y diseño de pavimento rígido y flexible.

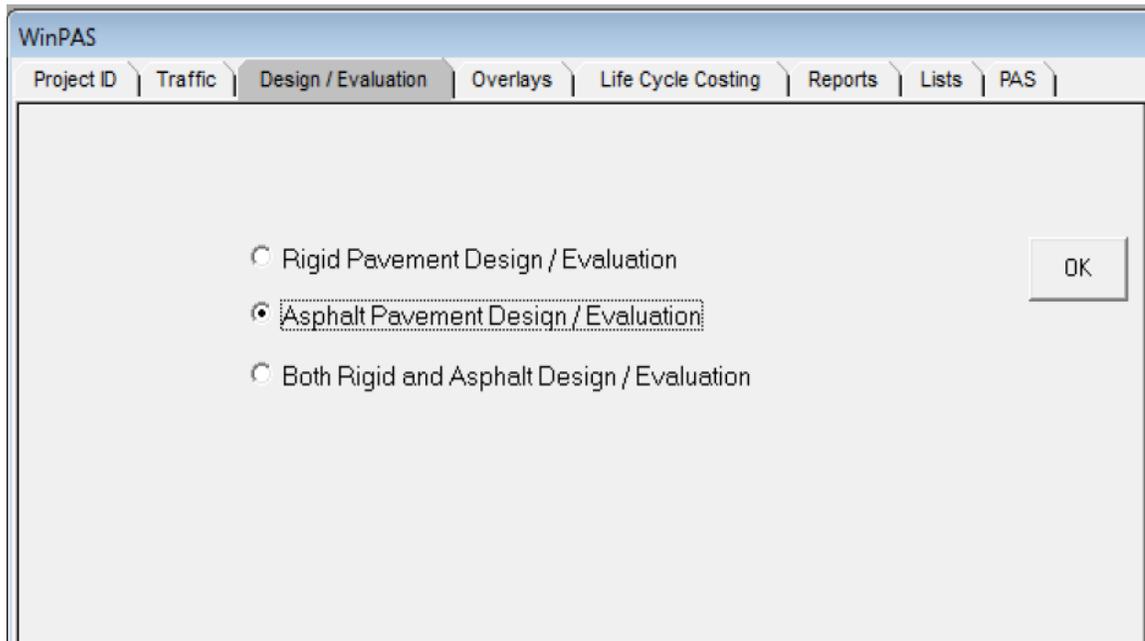
A continuación se presenta el procedimiento de introducción de datos al programa WINPAS a fin de validar los espesores calculados anteriormente.

Ilustración 10.- Ventana de inicio de programa WinPAS



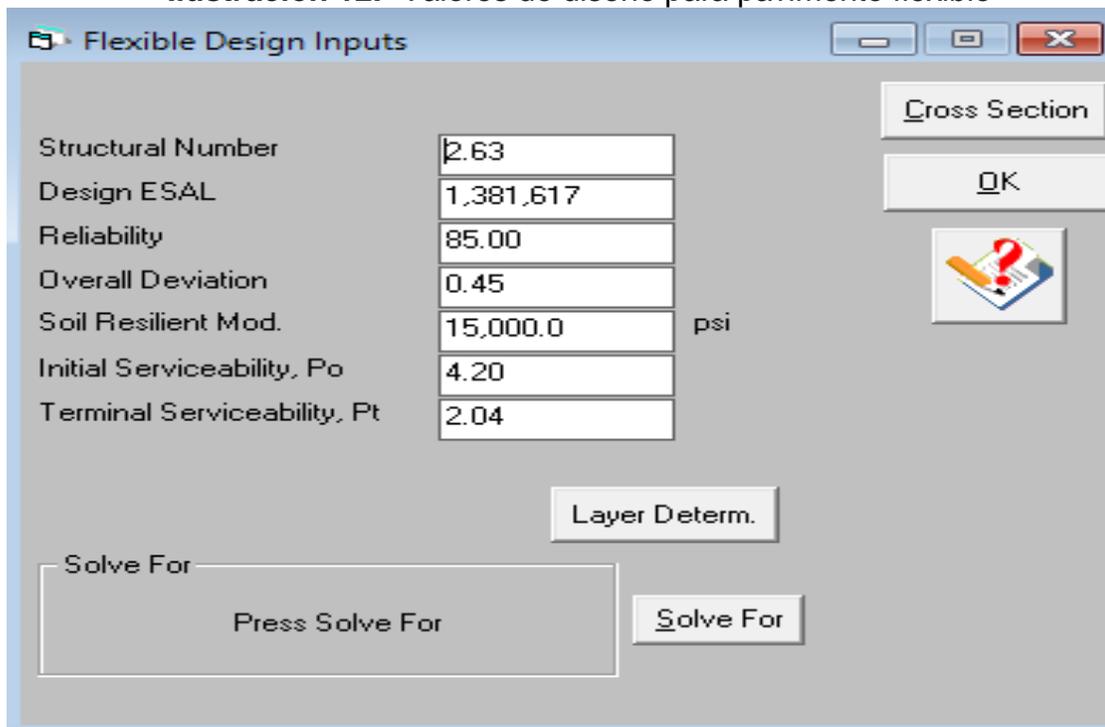
Fuente: Programa WinPAS

Ilustración 11.- Selección del tipo de pavimento



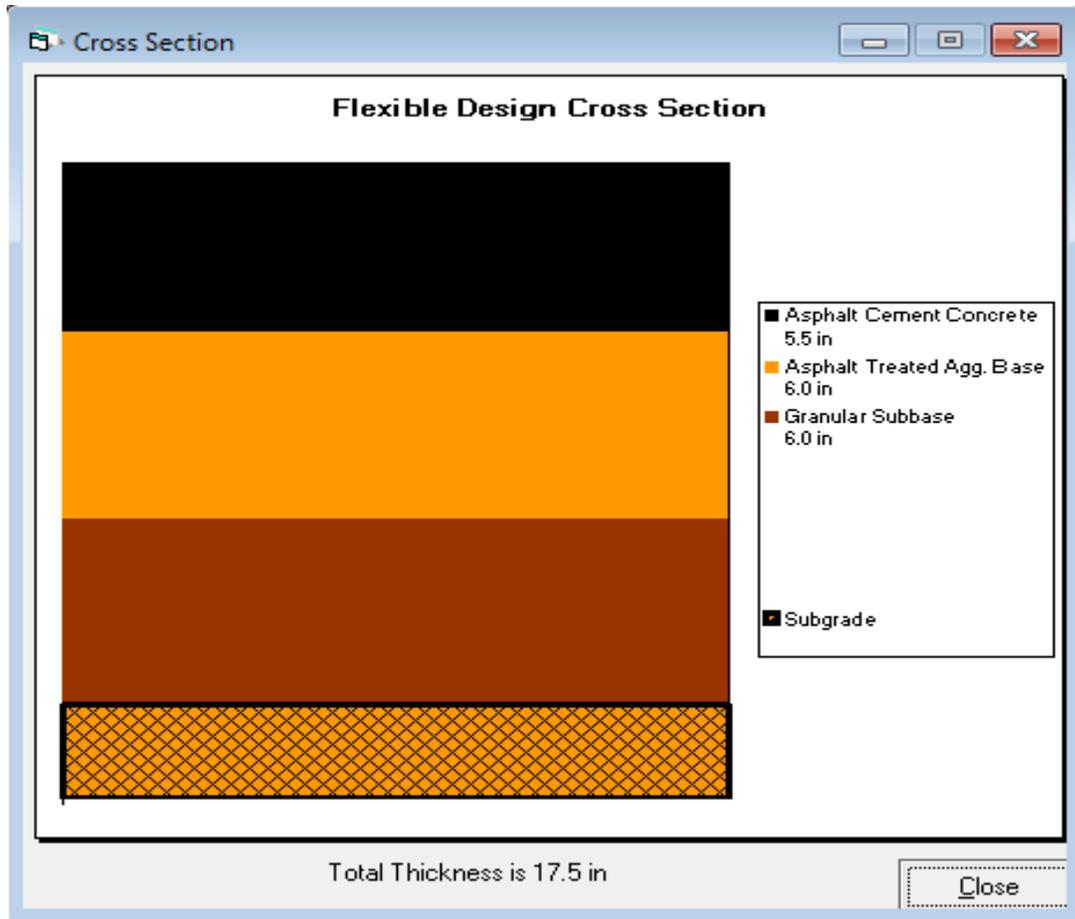
Fuente: Programa WinPAS

Ilustración 12.- Valores de diseño para pavimento flexible



Fuente: Programa WinPAS

Ilustración 14.- Sección transversal propuesta.



ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

6 CAPÍTULO VI.- ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.

6.1.1 Legislación vigente

La **Ley No. 21717** “ *Ley General del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales*” establece las normas para la conservación, protección, mejora y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran, asegurando su uso racional y sostenible.

El Arto.3 de esta ley fija como objetivo " La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que originen deterioro del medio ambiente y los ecosistemas.

Así como también sus reformas **ley No. 647** “*Ley de reformas y adiciones a la ley No. 217, - Ley general del medio ambiente y los recursos naturales*”, donde en su **artículo 25** se mandata: “*El Sistema de Evaluación Ambiental será administrado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales en coordinación con las instituciones que correspondan*”.

Esto implica que los proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad que por sus características, puede producir deterioro al ambiente y/o a los recursos naturales, deberán obtener, previo a su ejecución, el Permiso Ambiental otorgado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).

El Decreto 76 – 2006 rige el “*Sistema de evaluación ambiental*” y tiene como objeto establecer las disposiciones que regulan el Sistema de Evaluación Ambiental de Nicaragua. En su artículo 18 del capítulo IV.- “Impactos Ambientales moderados” Cita: Modificaciones al trazado de carreteras, autopistas, vías rápidas y vías sub-urbanas preexistentes, medido en una longitud continua de menos de diez kilómetros (10 Km) y nuevas vías intermunicipales.

Según la ley los proyectos de **Categoría Ambiental III**, están sujetos a un Estudio de Impacto Ambiental, lo cual es aplicado al Proyecto:

“Diseño de 1200 metros lineales de estructura de pavimento flexible aplicando el Método AASHTO-93 en el barrio Las Porras, municipio de Estelí”.

El punto de partida para este estudio fue la definición de la “línea base ambiental” afectada por el proyecto. Posteriormente se identificaron los impactos causados en los factores del medio.

Para determinar cualitativamente dichos impactos ambientales se usó una serie de matrices donde se le asignaron valores de acuerdo a las relaciones de las actividades vinculadas. En la evaluación se abordaron factores que afectan ya sea positiva o negativamente en la zona en estudio.

6.2 Línea base ambiental

6.2.1 Clima

Las características climáticas del municipio son variables, debido a la altitud, la latitud, y la orografía que condicionan diversas zonas. En general el clima del municipio según Papadaki es templado seco por ser una zona sujeta a la sequía.

En el valle de Estelí la precipitación pluvial promedio anual es de 825 milímetros, casi similar a la de Condega que es de 800 milímetros a pesar de estar esta última a una altitud de 560 msnm lo que muestra esta similitud es que la cuenca del valle de Estelí está influenciado por el norte, por una de las zonas más secas del país.

La temperatura media anual es de 21.5 °C para una elevación de 815 msnm los valores descienden en función de la altitud, con un gradiente vertical de 0.6 °C. por cada 100 metros de altitud; así en aquellas zonas de mayor altitud la medida anual es del orden de los 18.0 °C se registran temperaturas mínimas bajas, a consecuencia principalmente de la altitud.

6.2.2 Geología.

Geológicamente el municipio presenta secuencia de edades Mioceno a Cuaternarias que corresponden respectivamente a rocas volcánicas del terciario (grupo Coyol Superior e Inferior) y rocas sedimentarias del cuaternario. Las mismas proporcionan grandes volúmenes de rocas industriales, como basalto, ignimbritas, andesitas y toba (conocidas como piedra cantera de tamaño pequeño) así como arcillas montmorilloníticas de fácil maniobrabilidad para producir materiales de construcción y objetos de cerámicas.

El territorio del Municipio de Estelí, fisiográficamente pertenece a las tierras altas del interior donde sobresale el valle intramontano de Estelí que se considera geomorfológicamente como una altiplanicie, y que a la vez es una especie de anfiteatro abierto en su parte norte estando franqueada en sus partes este y oeste por las Mesas de Estelí de cumbres horizontales y pendientes muy inclinadas conocidas como Mesas de Moropotenté en el Oriente donde se suceden unas tras otras (Ocote Calzado, El Coralito, Moropotenté, Plan Helado, Las Cruces, El Bordo, La Laguna, La Guayaba, El Cebollal, El Caracol, La Pisota, etc.) y por occidente Las Mesas llamadas las Tablas que son las siguientes: Las Nubes, La Narizona, El Arrayán, Almaciguera, El Majagual etc.

Es un territorio muy accidentado topográficamente caracterizado por un relieve juvenil que representa la primera etapa del proceso erosivo efectuado principalmente en las mesetas, lomas y cuevas de Estelí. A la falta de uniformidad del relieve corresponde una falta de uniformidad climatológica que se caracteriza por una distribución irregular de las lluvias, vientos en diferentes direcciones, altas y bajas temperaturas, lo que da lugar a que se desarrollen zonas de microclimas en orden de importancia, Mirafior, Santa Cruz, Tomabú, la Montañita, entre otras.

El relieve es variado, el cual está condicionado a las particularidades morfoestructurales que presenta el territorio. La altura media municipal es de

1.150 msnm siendo el punto más elevado el Cerro la fila que alcanza 1603 msnm de acuerdo con la altitud se distinguen los niveles siguientes:

- Altiplanicie que corresponde al denominado Valle de Estelí y las planicies del norte y sur.
- Montañas Altas del Este, ocupadas predominante por Mesetas comprendidas entre 1000 a 1436 msnm.
- Montañas Bajas del Este, ocupadas por Mesetas comprendidas entre 800 y 1000 msnm.
- Montañas Altas del Oeste, ocupadas por Cuestas y comprendidas entre 1000 y 1608 msnm encontrándose el punto más elevado del municipio que corresponde al Cerro la Fila.
- Montañas Bajas del Oeste, ocupadas por lomas y comprende entre 600 y 1000 msnm.

Además de ese tipo de área se distinguen los siguientes tipos de paisajes geomorfológicos:

- Valles rellenados en los sitios de El Regadío e Isiquí de suelos de reciente formación.
- Abanicos en los sitios de La Montañita, Santa Cruz, El Espinal y al noroeste y suroeste del casco urbano de Estelí de formaciones coluviales.
- Lomas (ondulado) en los sitios de Tomabú, La Labranza, El Cebollal y Cerro YelUCA de formaciones del terciario.
- Flujo en los alrededores de la Montañita de formación geológica del terciario.
- Talud en los lugares conocidos como La Tunoza, Isidriillo, de suelos coluviales.

La topografía del Municipio de Estelí es ondulada con elevaciones montañosas y mesetas de considerable altura. Entre las elevaciones de mayor consideración

se encuentran: La Fila (1,608 msnm), Las Brisas (1,603.8 msnm), El Tisey (1,550 msnm), Tomabú (1445 msnm), YelUCA (1,426.8 msnm), Majagual (1,400 msnm), Las Lagunas (1,388 msnm), Arrayán (1,387 msnm), El Carao (1,386 msnm), Agua Fría (1,367 msnm), Santa Clara (1,365.6 msnm), MoropotentE (1,339 msnm), Las Mesas (1,300 msnm), El Pino (1,275 msnm), Sabana Larga (1,200 msnm), El Bonete (1,061 msnm).

6.2.3 Hidrología

El Municipio de Estelí está dividido en 3 zonas hidrográficas: la vertiente del Pacífico con 120 km², la vertiente Atlántica con 506 km² y la Cuenca Lacustre (lago de Managua) con 200 km² que está conectada con el Océano Atlántico por medio del Río San Juan.

El Río Isiquí que nace en la parte occidental desagua en el Río Viejo que a la vez es uno de los principales ríos que drenan al lago de Managua.

El Río Estelí que nace en el sur del territorio del municipio a la altura de los 840 mts, con una longitud estimada de 93 km., fluye cruzando la Ciudad de Estelí en un tramo de 6.0 km. y continúa su curso en el valle de Estelí hasta desembocar en el río Coco. Entre sus principales tributarios dentro del municipio están los ríos Estanzuela, La Sirena, El Tular y una serie de quebradas que conforman su cuenca hidrográfica que describe un pronunciamiento en forma de poza de sur a norte. Hay que destacar que la alta densidad de las aguas fluyentes durante la estación lluviosa muestran que: el suelo tiene una porosidad mínima, las rocas tienen una alta erosionabilidad y la superficie tiene un drenaje rápido.

Incluyendo el Río Estelí, la red hidrológica superficial del municipio se caracteriza por ser un sistema fluvial de aguas intermitentes cuyas cuencas sólo conducen agua durante la estación lluviosa, con un régimen irregular y caudales de estiaje muy reducido.

El río Estelí que es un recurso hidráulico de gran importancia para el municipio en la actualidad ha sufrido de emisiones de aguas residuales y crudas provenientes de viviendas y de industrias lo que ha originado su contaminación; el metabolismo hídrico del río, que ha sufrido trastornos por los cambios climáticos y talas de bosques en su cuenca, se complica aún más por la intensificación del riego y el consumo humano que provoca un rebajamiento en el nivel freático produciéndose una infiltración de agua fluvial que no sólo recarga el metabolismo hídrico del río, sino que contamina también el agua subterránea.

La demanda de leña en los últimos 10 años por el incremento de la población tiene su repercusión directa sobre el río, por las talas indiscriminadas que se han estado realizando en las riberas del río sin ningún control, han acabado hasta con los chilamates que con sus extensas raíces sirven de protección del talud del río.

6.2.4 Cuencas Subterráneas

La principal cuenca de agua subterránea del municipio está localizada en el valle intramontano o altiplanicie de Estelí, que se considera a escala nacional como una cuenca pequeña, encontrándose también acuíferos de menor importancia en El Regadío, Isiquí, Santa Adelayda, desconociéndose los datos básicos de esas cuencas subterráneas, como son las extensiones, profundidades, el volumen aprovechable, las concentraciones de los sólidos totales, disueltos, así como el carácter químico de las aguas dulces. No obstante topográficamente y geológicamente se consideran zonas de recarga.

La cuenca subterránea del Valle de Estelí tiene una superficie aproximada de 79 km²; el acuífero tiene una extensión aproximada de 45km²; la profundidad de las aguas subterráneas varía entre 2 y 32 mts; las elevaciones topográficas varían entre 810 a 850 msnm; el caudal promedio de los pozos perforados va desde 450 hasta 130 galones por minuto y el volumen aprovechable es de 2.385 millones de galones según INAA.

6.2.5 Suelos

La cobertura vegetal que domina es la de latifoliadas y cubren el 29.1 % de los suelos del municipio. La cobertura de coníferas solo domina 0.7 % del territorio y la vegetación arbustiva cubre un 6%. La vegetación herbácea la componen pastos mejorados, pastos con malezas y pastos con árboles que alcanzan un 53.0 %, del territorio.

Los cultivos anuales en rotación corresponden a un 7.3 %, que se dedican principalmente a la producción de maíz y frijol. Dedicados a café bajo sombra un 0.8 % y a cultivo de tabaco un 0.9 %, aunque el cultivo de tabaco ha venido incrementando en los últimos años.

6.2.6 Vialidad y Transporte

La red vial de la ciudad de Estelí está conformada por 115.6 km. lineales de calles y avenidas. De estas el 51.1% están en buen estado y un 48.9 % en regular y mal estado. Del total de la red vial urbana 12 km. son de pavimento, 15 km. de adoquín y 86.6 km. de tierra.

Las vías que están revestidas con asfalto y adoquín son: La avenida central, la avenida 1NO-SO, la calle transversal, la calle 1NE-NO, el Boulevard Pancasán. También el tramo de carretera panamericana que atraviesa la ciudad de 5.5 km. está revestida con una carpeta asfáltica. Las vías secundarias solamente están revestidas en un 40%.

Las vías principales tienen una longitud de 8.2 km. ósea el 7.1% del total de la red vial mientras que las vías secundarias abarcan 17.4 kms (15.5%). Las vías restantes se han jerarquizado como calles y avenidas peatonales y tienen una longitud de 84.5 km. que representan el 73.1% del total de las vías.

La red vial presenta problemas de discontinuidad de las vías, la falta de proyección hacia los nuevos asentamientos y la falta de recursos para la construcción de algunas obras de ingeniería como puentes, andenes, vados y sistemas de desagüe hídrico.

6.2.7 Vías de acceso

Las vías de acceso a la ciudad son carreteras de todo tipo, revestidas con material selecto, principalmente las que se comunican con el Sauce, Limay, Yalí y la Concordia. La mayoría de las comunidades rurales cuentan con caminos de tierra sin tratamiento, la red vial rural tiene una longitud de 353 km., los cuales incluyen la carretera Panamericana, caminos intermunicipales de todo tiempo seco y trochas.

El huracán Mitch destruyó 139,400 mt² de la red vial urbana, 129 km. de caminos rurales, 4 puentes urbanos y 2 rurales además de 7 alcantarillas rurales.

Dentro de los planes de expansión y mejoramiento de la red vial, se prevé la construcción de 41 km. de carpeta asfáltica, fusión del tramo "La Trinidad - La Concordia - Estelí - Yalí", revestimiento con adoquín a 5.5 km. de calles en el casco urbano, mejoramiento y conformación de 10 km. de calles con macadán.

6.2.8 Energíca Eléctrica

El servicio domiciliario de energía eléctrica existe en casi todo el casco urbano del municipio y en la zona rural solamente en las comunidades de El Regadío, San Pedro, Isidriillo y Santa Cruz.

La Distribuidora del Norte (DISNORTE) es la empresa encargada de la distribución y comercialización de Energía Eléctrica; presta el servicio en voltajes de monofásico 120V y 240V y trifásico 480V, a un total de 15,156 usuarios en el municipio, de los cuales 14,285 son usuarios de la categoría de doméstico y 871 en otros (comercio, gobierno, industria y riego).

El Municipio de Estelí es servido por dos circuitos, el Estelí 4010 y el Estelí 4020 que parten desde la subestación eléctrica ubicada al oeste de la Ciudad de Estelí las cuales cuentan con 245 y 47 kilómetros de líneas primarias, secundarias y de alumbrado público respectivamente.

Una de las limitaciones que presenta la empresa es la falta de materiales, cuando un cliente solicita la instalación del servicio este tiene que aportar los accesorios necesarios para llevar la corriente eléctrica desde las líneas de conducción hasta el local donde se hará la conexión, aunque estos gastos se le deduzcan del costo de la instalación. La empresa aporta el medidor de forma gratuita.

También la falta de materiales limita la calidad del servicio en el área de alumbrado público al carecerse de bombillos para reactivar todas las luminarias del casco urbano. El vandalismo es otro factor que afecta el alumbrado público ya que una gran cantidad de bombillos es destruida o robada por pandillas.

6.2.9 Telecomunicaciones

La empresa encargada de suministrar el servicio de comunicación telefónica es la Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL) delegación de Estelí. La institución cuenta con una planta interna de dígitos que tiene una capacidad superior a la demanda, pero la planta externa que se refiere a los tendidos telefónicos y a los paneles primarios y secundarios ubicados en todo el territorio tiene limitaciones, por lo que no se puede atender una gran cantidad de solicitudes de líneas telefónicas a usuarios demandantes del servicio.

Se cuenta con una red de telégrafos y teléfonos públicos principalmente en las cabeceras municipales que brindan servicio a la población. Las Alcaldías municipales están interconectadas a través de dos redes de radio: una, con sede en la Delegación Regional de Estelí del Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal y otra, con la Sección Regional de la Defensa Civil del Ejército de Nicaragua. Existen cinco estaciones de radio ubicadas en la cabecera municipal de Estelí, (Radio Liberación, Radio Satélite, Radio Amiga, Radio ABC y radio Alma Latina). Los canales nacionales de televisión que tienen penetración en el municipio son: Canal 2 y Canal 6 y hay tres canales locales de televisión ubicados en la Ciudad de Estelí que cubre mayoritariamente la parte urbana y algunas comunidades aledañas a la ciudad en las que existe luz eléctrica.

6.2.10 Agua potable y alcantarillados

La Empresa Nacional de Agua y Alcantarillado (ENACAL) es la institución que actualmente se encuentra prestando servicios a la población con ciertas limitantes, ya que según el presupuesto que ellos manejan la empresa tiene mayor inversión en el servicio de lo que ellos pueden obtener por medio de la recaudación mensual. La empresa en su estructura organizacional cuenta con un área comercial de atención al público, lectura de medidores y colecta del pago del servicio. Todas ellas vinculadas a la gerencia comercial de ENACAL Managua. La empresa lleva un registro histórico de consumo por cliente con el cual se verifica su promedio de consumo para propósito de información interna y atención a reclamos.

Se aplica un sistema de tarifas establecido cada año con un incremento gradual de forma mensual y anual con variación también según el volumen de consumo de usuarios.

En el Municipio de Estelí, existe red de agua potable únicamente en la cabecera municipal. La población del sector rural se abastece de agua por medio de mini acueductos, pozos públicos y/o privados, ojos de agua y otros. La red de distribución urbana abarca una longitud de 115 km. de tuberías con diámetros desde 12.5 hasta 250 mm. El 92 % es tubería PVC, el 7 % AC y el 1 % hierro.

Estelí es el único municipio del departamento que cuenta con servicio de alcantarillado sanitario. Cuenta con tres lagunas de estabilización de aguas servidas. Este sistema es separativo, exclusivo para aguas residuales constituido por 63 km. de tuberías, que van desde 8" a 36" de diámetro.

6.2.11 Educación

Hay un total de 253 docentes, de los cuales 252 son mujeres. En el área rural se concentran 170 docentes y los 83 restantes están en el área urbana. De estos docentes de preescolares urbano y rural solo 89 son titulados.

El 45 % de las comunidades rurales carecen de educación preescolar. La Zona de San Pedro es donde hay menos atención educativa a este nivel. Aproximadamente un 35 % de los niños/as en edad preescolar quedara fuera de la atención educativa a este nivel.

Hay un total de 618 docentes, de los cuales 591 son mujeres. En el área urbana se concentran 463 docentes y los 155 restantes están en el área rural. De estos docentes de Escuelas Primarias urbano y rural hay 611 titulados.

La Escuela Primaria está presente en solo el 50 % de las comunidades rurales. Las zonas de Santa Cruz y El Regadío son las que relativamente están en mejores condiciones, mientras que en la Zona de La Montañita un 60 % de sus comunidades no tienen escuelas primarias. En siete comunidades existe una escuela primaria que no funciona.

Hay un total de 325 docentes, de los cuales 298 son mujeres. En el área urbana se concentran 305 docentes y los 20 restantes están en el área rural. De estos docentes de Institutos Secundarios urbano y rural hay 256 titulados.

En el área Rural solo hay institutos secundarios en las comunidades de: Santa Cruz, El Regadío, La Estanzuela y Puertas Azules. El Instituto Secundario de Mirafior no depende del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes (MECD) ya que es iniciativa de la Unión de Cooperativas Agropecuarias "Héroes y Mártires de Mirafior" (UCA - Mirafior).

6.2.12 Salud

El Municipio de Estelí, cuenta con el Sistema Local de Atención Integral de la Salud (SILAIS), que atiende a todos los municipios y comunidades del Departamento de Estelí. La red de servicios está organizada en dos unidades: A) Hospital "San Juan de Dios" La primera unidad es el Hospital "San Juan de Dios" que cuenta con cuatro especialidades básicas:

- Pediatría
- Medicina Interna
- Ginecobstetricia y
- Cirugía y Ortopedia.

Cuenta también con seis subespecialidades tales como:

- Cirugía Pediátrica
- Dermatología
- Cirugía plástica
- Oftalmología
- Ornitología
- Cardiología.

El Hospital ofrece los siguientes servicios:

- Hospitalización
- Emergencia
- Consulta externa
- Rol de consulta en cada una de las especialidades con las que cuenta el Hospital SJD

Además tiene otros servicios los cuales son: Laboratorio Clínico, Bacteriología, Patología, Imagenología (Rayos X, Ultrasonido), Servicio de alimentación y dieta, Farmacia, Rehabilitación y Fisioterapia.

El Hospital cuenta también con un servicio de pensionado con 10 camas. El hospital cobra por la cama y la habitación, los servicios del médico se contrata directamente por el paciente.

6.3 Relaciones causa-efecto

Principales Impactos Ambientales generados por el Proyecto:

- La calidad del aire se prevé será afectada por el incremento de las partículas de polvos disueltas en el ambiente debido a los trabajos de movimientos de tierra y a las emisiones de gases de la maquinaria que realiza dichos trabajos.
- La calidad de los suelos se verá afectada principalmente en las áreas de derecho de vía y bancos de materiales sujetas a actividades de excavación y relleno. Otro riesgo de contaminación de los suelos es por el derrame de aceites y combustibles.
- La calidad de las aguas se podrá ver afectadas en aquellos cursos de agua permanentes mientras duren los trabajos de remoción de cunetas o excavación, si no se tiene cuidado con los desechos y van a dar al río, además existe el riesgo de contaminación de aguas por lavados de maquinarias, cambios de aceite y/o derrame de combustible. Las afecciones que se pueden producir sobre las aguas serán: Aumento de la turbidez de las aguas superficiales producida por los sedimentos procedentes del movimiento de tierra, , desbroce de la vegetación natural de las riberas de ríos y/o arroyos debido a la ocupación del suelo por las obras y por las infraestructuras a construir; Contaminación de las aguas debida al derrame accidental de aceite y combustible de las máquinas, así como al vertido de otras sustancias como cemento e hidrocarburos procedentes del lavado de la maquinaria en zonas no autorizadas; afección a los acuíferos debido a la infiltración de los contaminantes a través del suelo hasta alcanzar las aguas subterráneas.
- El ruido será otro condicionante importante que tendrá sus orígenes en las actividades humanas y de uso de maquinaria pesada para las diferentes fases de la construcción, los efectos del ruido son difíciles de

cuantificar, dado que la tolerancia de los individuos ante los diferentes niveles de ruido y los distintos tipos de ruido varía considerablemente.

- La afectación a la flora será mínima, ya que se afectara vegetación de carácter secundario ubicada en el derecho de vía, producto de las actividades de excavación y relleno, en caso de ser necesario talar algunos árboles estos serán inventariados y se solicitara el permiso correspondiente al Instituto Nacional Forestal (INAFOR).
- Afectaciones a la fauna no se prevén, los trabajadores del proyecto tendrán estrictamente prohibido cazar o pescar esto es un compromiso de contrato laboral con pena de despido inmediato en caso de descubrirse actos de dicha naturaleza.

6.3.1.1 Matriz causa – efecto

Para la evaluación cualitativa y cuantitativa de los impactos, se deberá contar con un enfoque general del proyecto desarrollando las particularidades e información primordial de utilidad para el estudio, en el caso de este proyecto se estudiara la etapa de construcción y funcionamiento.

Así mismo se señalarán las superficies afectadas negativamente y positivamente de manera separada. Durante la etapa de construcción, se resaltarán los materiales, maquinaria y equipo que se utilizaran, además de incluir los peligros y el tipo de contaminación que estos puedan llegar a producir.

Las matrices usadas tienen el principio de causa – efecto y se construyen para identificar y evaluar los impactos ambientales.

Se diseñan como una lista de control bidimensional, disponiendo a lo largo de su eje vertical (las acciones y los factores ambientales) y horizontal (las actividades de las diferentes etapas del proyecto). Las celdas donde se interceptan las líneas y columnas sirven para identificar y valorar los respectivos componentes ambientales y sus actividades.

Completada la matriz, se puede apreciar el conjunto de impactos generados por el proyecto y su ponderación, reflejándose las acciones o etapas que provocan mayor número de impactos y que por consiguiente, deben ser objeto de mayor atención o más relevantes.

Al ser identificadas las actividades y Factores del Medio que serán afectados se realizará la Matriz de importancia, esta nos permitirá obtener una estimación del impacto provocado por el proyecto.

Esta matriz a su vez se efectuará a partir de una matriz de impacto y los atributos a tomar en cuenta son:

Tabla 26.- Atributos a tomar en cuenta en la elaboración de Impacto ambiental

NATURALEZA Impacto beneficioso Impacto perjudicial	+ -	INTENSIDAD (I) (Grado de destrucción)	Baja Media Alta Muy alta Total	1 2 4 8 12
EXTENSION (EX) (Área de Influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)		
Puntual Parcial Extenso Total Crítica	1 2 4 8 +4	Largo plazo Medio plazo Inmediato Crítico		1 2 4 +4
PERSITENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		REVERSIBILIDAD (RE)		
Fugaz Temporal Permanente	1 2 4	Corto plazo Medio plazo Irreversible		1 2 4
SINERGIA (SI) (Regularidad de la manifestación)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo)		
Sin sinergismo Sinérgico Muy sinérgico	1 2 4	Simple Acumulativo		1 4
EFFECTO (EF) (Relación causa-efecto)		Periodicidad (PR) (Regularidad de la manifestación)		
Indirecto (Secundario) Directo	1 4	Irregular periódico y discontinuo Periódico Continuo		1 2 4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		Importancia $I = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$		
Recuperable de manera inmediata Recuperable a medio plazo Mitigable Irrecuperable	1 2 4 8			

Tabla 27.- Matriz M001 para la valoración de impactos negativos

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS										M001
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: FUNCIONAMIENTO								
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO								
		Movilización y desmovilización.	Acarreo de material de banco.	Explotación de bancos.	Corte y excavación.	Relleno y compactación con equipo.	Conformación y compactación	Botar material sobrante de excavación.	Pavimentado	Obras de drenaje: vados, cunetas, tragantes.
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
CLIMA	M1									
CALIDAD DEL AIRE	M2	X	X	X	X	X	X	X		
RUIDO AMBIENTAL	M3	X		X	X	X	X	X		
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4			X	X	X	X			
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5									
SUELO	M6			X	X	X	X			X
VEGETACION	M7			X	X					
FAUNA	M8									
PAISAJE	M9						X	X		
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10									
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11				X					
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12		X		X					
ACUEDUCTO	M13									
ALCANTARILLADO	M14									
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15									
HABITAT HUMANO	M16									
ESPACIOS PUBLICOS	M17									
PAISAJE URBANO	M18									
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19									
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20									
SALUD	M21									
CALIDAD DE VIDA	M22									
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23									
VULNERABILIDAD	M24									
ECONOMIA	M25									
RELACIONES DEPENDENCIA	M26									
FUENTES ENERGETICAS	M27									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27.- Matriz M002 para la valoración de impactos negativos

Tabla No.07: Matriz de Valorización de Impactos Negativos, generados durante el Funcionamiento del Proyecto.													M002																										
Fuente: Elaboración Propia; Febrero, 2016																																							
I M P A C T O S	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS														S	S																							
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2			4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	8	12											
	Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	Baja	Medía	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo			Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	Probable	Dudoso	Cierto	Directo	Indirecto	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo	Mínima	Medía	Alta	Máxima	Total
	Naturaleza	Intensidad (grado de destrucción)	Extensión (Área de influencia)	Momento (Plazo de Manifestación)	Persistencia (Permanencia del Efecto)	Reversibilidad (Recuperabilidad)	Acumulación (Incremento Progresivo)	Probabilidad (Certidumbre de Aparición)	Efecto (Relación Causa-Efecto)	Periodicidad (Regularidad de Manifestación)	Percepción Social (Grado de Percepción del Impacto por la Población)																												
	Signo	I	Ex	Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS																												
C1M2	(-)	2	1	4	1	1	1	4	4	1	1	25	100																										
C1M3	(-)	2	1	4	1	1	1	4	1	1	2	23	100																										
C2M2	(-)	2	2	2	2	1	1	4	1	1	1	23	100																										
C2M12	(-)	1	2	4	2	1	1	4	4	2	4	29	100																										
C3M2	(-)	2	4	4	2	1	1	4	1	1	2	30	100																										
C3M3	(-)	2	2	4	2	1	1	4	1	2	2	27	100																										
C3M4	(-)	4	1	4	4	2	4	4	4	2	8	46	100																										
C3M6	(-)	4	1	1	4	2	4	4	4	4	8	45	100																										
C3M7	(-)	2	2	2	2	1	1	4	1	1	2	24	100																										
C4M2	(-)	2	2	4	1	1	1	4	4	2	4	31	100																										
C4M3	(-)	1	1	4	1	1	1	4	4	2	4	26	100																										
C4M4	(-)	2	2	1	4	2	4	4	4	2	8	39	100																										
C4M6	(-)	2	2	1	4	2	4	4	4	2	8	39	100																										
C4M7	(-)	4	2	4	2	2	1	4	4	2	4	39	100																										
C4M11	(-)	8	2	4	4	2	4	4	4	4	8	62	100																										
C4M12	(-)	2	2	4	2	2	1	4	4	2	2	31	100																										
C5M2	(-)	2	2	4	2	1	1	4	4	2	4	32	100																										
C5M3	(-)	2	2	4	2	1	1	4	4	2	4	32	100																										
C5M4	(-)	2	2	1	4	1	4	1	1	1	1	24	100																										
C5M6	(-)	2	2	4	2	2	4	1	1	1	1	26	100																										
C6M2	(-)	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	21	100																										
C6M3	(-)	2	2	4	1	1	1	4	4	2	4	31	100																										
C6M4	(-)	1	2	1	4	1	1	1	1	4	2	22	100																										
C6M6	(-)	1	2	2	4	1	1	1	1	1	1	19	100																										
C6M9	(-)	2	2	2	1	2	4	1	1	1	1	23	100																										
C7M2	(-)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	19	100																										
C7M3	(-)	1	2	2	1	2	4	4	1	1	2	24	100																										
C7M9	(-)	2	2	2	2	2	4	4	1	2	4	31	100																										
C9M6	(-)	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	21	100																										

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28.- Matriz de importancia de impactos negativos

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS												M003		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		M000										Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
		ETAPA: FUNCIONAMIENTO												
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO												
		Movilización y desmovilización	Acameo de material de banco.	Explotación de bancos.	Corte y excavación.	Relleno y compactación con equipo.	Conformación y compactación.	Botar material sobrante de excavación.	Pavimentado.	Obras de drenaje: vados, cunetas, tragantes.				
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9				
CLIMA	M1													
CALIDAD DEL AIRE	M2	25	23	30	31	32	21	19				344	700	49
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3	23		27	26	32	31	24				294	600	49
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4			46	39	24	22					131	400	33
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5													
SUELO	M6			45	39	26	19			21		150	500	30
VEGETACION	M7			24	39							63	200	32
FAUNA	M8													
PAISAJE	M9						23	31				54	200	27
RELACIONES ECOLOGICAS	M10													
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11				62							62	100	62
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12		29		31							60	200	30
ACUEDUCTO	M13													
ALCANTARILLADO	M14													
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15													
HABITAT	M16													
ESPACIOS PUBLICOS	M17													
PAISAJE URBANO	M18													
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19													
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20													
SALUD	M21													
CALIDAD DE VIDA	M22													
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23													
VULNERABILIDAD	M24													
ECONOMIA	M25													
RELACIONES DEPENDENCIA	M26													
FUENTES ENERGETICAS	M27													
Valor Medio de Importancia						30								
Dispersión Típica						10								
Rango de Discriminación		20								39				#REF!
Valor de la Alteración		48	52	172	267	114	116	74	0	21	1158			
Máximo Valor de Alteración		200	200	500	700	400	500	300	1000	100		2900		
Grado de Alteración		24	26	34	38	29	23	25	0	21				40
En el caso de los negativos														
Valor por encima del rango														IMPACTOS CRITICOS
Valor dentro del rango														IMPACTOS MODERADOS
Valor por debajo del rango														IMPACTOS IRRELEVANTES

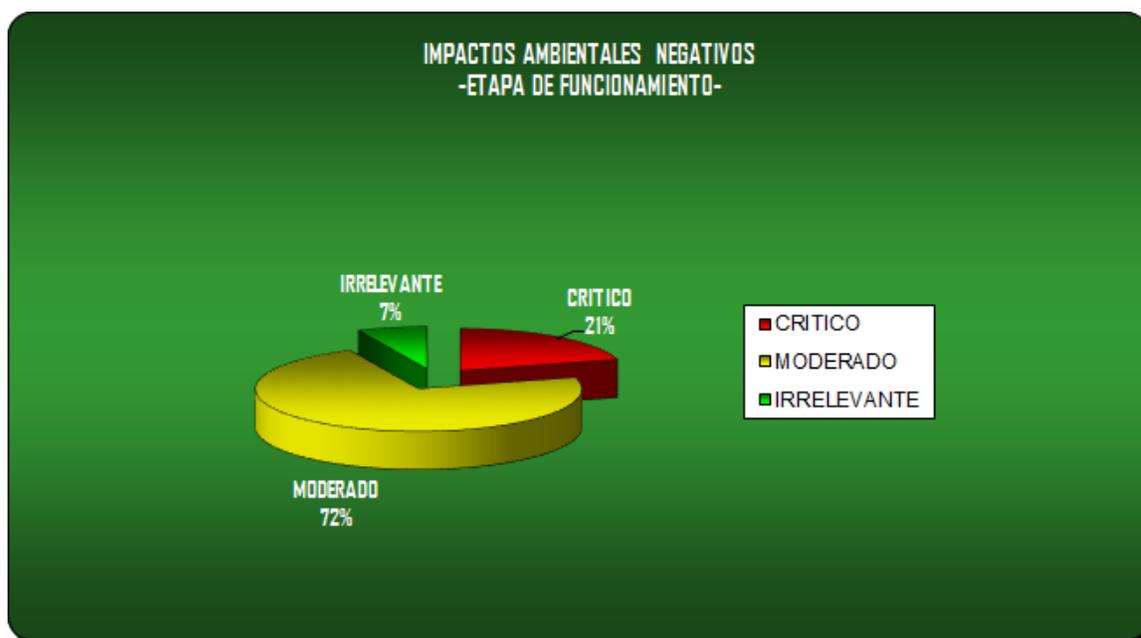
Fuente: Elaboración propia

Tabla 29.- Impactos ambientales negativos

ETAPA / FUNCIONAMIENTO	IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS			TOTAL
	CRITICO	MODERADO	IRRELEVANTE	
No.	6	21	2	29
%	21	72	7	100

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15.- Impactos ambientales negativos.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30.- Matriz M001 para la valoración de impactos positivos

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS										M001
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: FUNCIONAMIENTO								
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO								
		Movilización y desmovilización.	Acareo de material de banco.	Explotación de bancos.	Corte y excavación.	Relleno y compactación con equipo.	Conformación y compactación.	Botar material sobrante de excavación.	Pavimentado	Obras de drenaje: vados, cunetas, tragantes.
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
CLIMA	M1									
CALIDAD DEL AIRE	M2								X	
RUIDO AMBIENTAL	M3									
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4					X	X			
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5									
SUELO	M6					X	X			
VEGETACION	M7									
FAUNA	M8									
PAISAJE	M9						X	X	X	
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10									
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11									
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12						X		X	
ACUEDUCTO	M13									
ALCANTARILLADO	M14									
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15							X		
HABITAT HUMANO	M16								X	X
ESPACIOS PUBLICOS	M17									
PAISAJE URBANO	M18								X	
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19									
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20								X	
SALUD	M21							X	X	X
CALIDAD DE VIDA	M22								X	X
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23									
VULNERABILIDAD	M24									
ECONOMIA	M25								X	X
RELACIONES DEPENDENCIA	M26									
FUENTES ENERGETICAS	M27									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31.- Matriz M002 para la valoración de impactos positivos

MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS POSITIVOS													M002																								
I M P A C T O S	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																																				
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	4	1	2	4	1	2	4	8	12									
	Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	Probable	Dudoso	Cierto	Directo	Indirecto	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo	Mínima	Media	Alta	Máxima	Total
	Naturaleza	Intensidad (grado de destrucción)	Extensión (Área de influencia)		Momento (Plazo de Manifestación)	Persistencia (Permanencia del Efecto)	Reversibilidad (Recuperabilidad)	Acumulación (Incremento Progresivo)	Probabilidad (Certidumbre de Aparición)	Efecto (Relación Causa-Efecto)	Periodicidad (Regularidad de Manifestación)	Percepción Social (Grado de Percepción del Impacto por la Población)																									
	Signo	I	Ex	Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S	S																								
C5M4	(+)	4	2	1	4	2	4	4	4	4	8	47	100																								
C5M6	(+)	2	2	1	4	2	4	4	4	4	8	41	100																								
C6M4	(+)	2	2	1	4	2	4	4	4	2	8	39	100																								
C6M6	(+)	2	2	1	4	2	4	4	4	2	8	39	100																								
C6M9	(+)	4	2	1	4	2	4	4	4	4	8	47	100																								
C6M12	(+)	2	2	2	2	2	1	4	4	2	4	31	100																								
C7M9	(+)	1	2	4	1	1	1	4	1	1	2	22	100																								
C7M15	(+)	2	1	4	1	1	1	4	1	1	2	23	100																								
C7M21	(+)	2	2	4	1	1	1	4	1	1	2	25	100																								
C8M2	(+)	8	4	1	4	2	4	4	4	4	8	63	100																								
C8M9	(+)	8	4	4	4	2	4	4	4	4	8	66	100																								
C8M12	(+)	4	4	4	4	1	4	4	1	4	8	50	100																								
C8M16	(+)	4	4	4	4	2	4	4	4	4	8	54	100																								
C8M18	(+)	8	4	4	4	1	4	4	4	4	8	65	100																								
C8M20	(+)	4	4	4	4	2	4	4	4	4	8	54	100																								
C8M21	(+)	4	2	2	4	2	4	4	1	2	4	39	100																								
C8M22	(+)	4	2	2	4	2	4	4	1	2	4	39	100																								
C8M25	(+)	4	4	1	4	2	4	4	1	4	4	44	100																								
C9M5	(+)	4	4	2	2	2	4	4	4	4	4	46	100																								
C9M21	(+)	2	2	2	2	2	4	4	4	2	4	34	100																								
C9M22	(+)	2	2	2	2	2	4	4	4	2	4	34	100																								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32.- Matriz M003 de importancia de impactos positivos

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS												M003		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		M000												
		ETAPA: FUNCIONAMIENTO												
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO												
		Movilización y desmovilización.	Acarreo de material de bancos.	Explotación de bancos.	Corte y excavación.	Relleno y compactación con equipo.	Conformación y compactación.	Botar material sobrante de excavación.	Pavimentado.	Obras de drenaje: vados, cunetas, tragantes.	Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración	
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9				
CLIMA	M1													
CALIDAD DEL AIRE	M2								63			63	100	63
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3													
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4					47	39					86	200	43
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5									46		46	100	46
SUELO	M6					41	39					80	200	40
VEGETACION	M7													
FAUNA	M8													
PAISAJE	M9						47	22	66			135	300	45
RELACIONES ECOLOGICAS	M10													
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11													
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12						31		50			81	200	41
ACUEDUCTO	M13													
ALCANTARILLADO	M14													
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15							23				23	100	23
HABITAT	M16								54			54	100	54
ESPACIOS PUBLICOS	M17													
PAISAJE URBANO	M18								65			65	100	65
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19													
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20								54			54	100	54
SALUD	M21							25	39	34		98	300	33
CALIDAD DE VIDA	M22								39	34		73	200	37
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23													
VULNERABILIDAD	M24													
ECONOMIA	M25								44			44	100	44
RELACIONES DEPENDENCIA	M26													
FUENTES ENERGETICAS	M27													
Valor Medio de Importancia							43							
Dispersión Típica							13							
Rango de Discriminación		30								56			#REF!	
Valor de la Alteración						88	156	70	474	114		902		
Máximo Valor de Alteración						200	400	300	800	300			2100	
Grado de Alteración						44	39	23	59	38				43

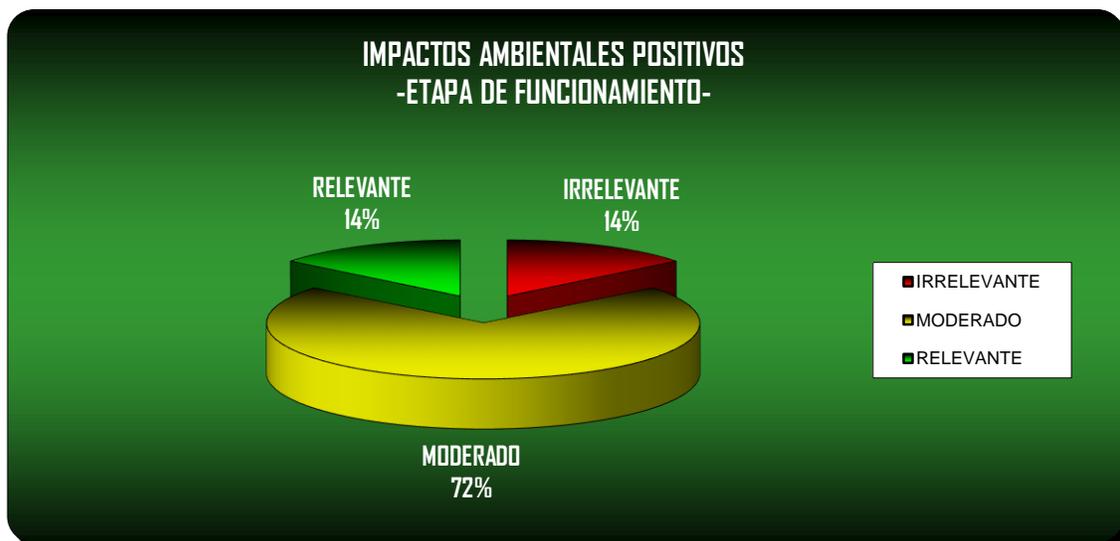
Fuente: Elaboración propia

Tabla 33.- Impactos ambientales positivos

ETAPA / FUNCIONAMIENTO	IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS			TOTAL
	IRRELEVANTE	MODERADO	RELEVANTE	
No.	3	15	3	21
%	14	71	14	100

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16.- Impactos ambientales positivos.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 34.- Acciones impactantes del proyecto

Acciones Impactantes.	Efectos.	Medidas de mitigación.	Costo Unitario.	Responsable.
Trabajos Preliminares.	Producción de polvo.	Humedecimiento de la tierra.	Indirecto.	Contratista.
	Producción de desechos orgánicos e inorgánicos.	Selección del sitio receptor de los desechos. Recolección, transporte y disposición de los desechos.	Indirecto.	Contratista
	Producción de ruidos.	Colocación de barreras.	Indirecto.	Contratista.
Trabajos de movimiento de tierra.	Producción de polvo.	Humedecimiento de la tierra.	Indirecto.	Contratista.
	Producción de ruidos.	Colocación de barreras.	Indirecto.	Contratista.
	Riesgo de erosión.	Recubrir con tierra vegetal al concluir los trabajos.	Indirecto.	Contratista.
	Alteración de geomorfología.	Disponer en el sitio la corteza vegetal.	Indirecto.	Contratista.

	Mala calidad del material de préstamo.	Utilizar material selecto según las especificaciones técnicas.	Indirecto.	Contratista.
Trabajos de movimiento de tierra.	Riesgo de contaminación con grasas y combustibles.	Selección de sitios para mantenimiento de la maquinaria y recolectar residuos grasas y combustibles.	Indirecto.	Contratista.
	Riesgo de daño a la infraestructura pública o privada	Realización de sondeos para localizar red de cables, tuberías, etc. Reparación de daños causados a la propiedad pública y/o privada.	Indirecto.	Contratista.
	Cambios a la forma de escorrentía	Realizar un adecuado drenaje del sitio durante la ejecución de los trabajos.	Indirecto.	Contratista.

Trabajos de movimiento de tierra.	Posible aumento de arrastres de sedimentos	Mantener adecuada compactación y protección contra el arrastre de materiales.	Indirecto.	Contratista.
	Intrusión visual en el paisaje	Cercado provisional del sitio	Indirecto.	Contratista.
	Cambios a la forma de escorrentía	Realizar un adecuado drenaje del sitio durante la ejecución de los trabajos.	Indirecto.	Contratista.
Trabajos de movimiento de tierra.	Producción de polvo	Humedecimiento de la tierra	Indirecto.	Contratista.
	Producción de ruidos.	Colocación de barreras	Indirecto.	Contratista.
	Riesgo de Erosión	Recubrir con tierra vegetal al concluir los trabajos.	Indirecto.	Contratista.

Funcionamiento.	Riesgo de inundaciones.	Obras de drenaje pluvial a lo interno del proyecto (canal). Obras de drenaje pluvial a lo externo del proyecto (canal de desagüe en los límites del área del proyecto)	Indirecto.	Contratista.
Funcionamiento.	Deterioro de la infraestructura ante la falta de mantenimiento	Mantenimiento sistemático y labor de apoyo comunitario	Indirecto	Contratista.

6.4 Conclusión

Nuestro estudio de impacto ambiental nos refleja que el proyecto es viable, ya que los impactos negativos generados no tienen un valor significativo de alteración, siendo en su mayoría impactos negativos moderados que pueden ser mitigados con la adecuada aplicación de las recomendaciones dadas en este trabajo.

De manera general las afectaciones que se puedan dar en el proyecto son típicas en la construcción de obras viales, no obstante es necesario tomar en cuenta las medidas ambientales para prevenir, mitigar o controlar todas aquellas acciones que pongan en riesgo el medio ambiente.

Una parte importante para la mitigación de los impactos ambientales son las capacitaciones que estarán dirigidas a los pobladores beneficiarios de la zona, las cuales deben estar coordinadas y llevadas a cabo por un supervisor ambiental designado por la alcaldía municipal y organismos cooperantes.

La ejecución de este proyecto puede provocar una serie de afecciones y de cambios, de leve importancia, sobre el medio ambiente donde se implantarán. Todos estos impactos ambientales se deben tener en cuenta a la hora de diseñar medidas que protejan a todos los elementos del medio de manera que las obras no les afecten o que por consiguiente estas sean mínimas.

7.1 CONCLUSIONES

Luego de realizar los procesos necesarios para la elaboración de este proyecto “Diseño de 1200 metros lineales de estructura de pavimento flexible aplicando el Método AASHTO-93 en el barrio Las Porras, municipio de Estelí”, llegamos a las siguientes conclusiones:

De acuerdo a los resultados de Laboratorio, a lo largo del camino investigado, predominan, en las capas superficiales los suelos: Gravas arcillosas del tipo A-2-7 encontrándose también en los estratos inferiores las arcillas con grava A-7-5.

En la subrasante predominan las gravas arcillosas del tipo A-2-7, obteniendo de estas muestras un CBR de diseño del 10%. Según la guía de diseño de pavimentos de la AASHTO la subrasante se clasifica como regular a mala para uso en base y/o sub base, así como su comportamiento después de la compactación según sea la estación climática (regular para periodos secos y pésimo durante el invierno).

De acuerdo al CBR encontrado en el banco El Chilamate (CBR= 60%), no cumple satisfactoriamente con las especificaciones técnicas para el uso de base en una estructura de pavimento según la NIC-2000 (CBR \geq 80%); sin embargo por cuestiones de economía no es viable utilizar otro banco de material, ya que el más banco más próximo con características adecuadas se encuentra a 10 km del sitio del proyecto.

Por las características del tráfico (moderado) y al proponer una capa sub base compensamos las carencias del material a utilizar para la base y garantizamos que la sección soporte adecuadamente las cargas que actúen sobre él en su vida útil.

El análisis del estudio de tráfico nos da como resultados un TPDA de 283 vehículos a partir de Conteos vehiculares realizados por siete días en dos puntos de control localizados uno al principio (Estación 0+000: El panteoncito) y otro al final de la carretera (tramo final: 1+200).

En base al TPDA el tráfico tuvo una composición vehicular de 60% de vehículos livianos y 40% de vehículos pesados.

Para la proyección del incremento de tránsito se tomaron en cuenta las variables de la tasa de crecimiento vehicular histórico, en el presente documento se utilizó una tasa de crecimiento económico del 4.8%, el cual se considera como tasa de crecimiento alta pero al realizar los aforos se analizó algunas inconsistencias en cuanto a los anuarios del MTI así como la tasa de crecimiento poblacional, siendo contradictorio ya que Estelí ha experimentado un crecimiento económico importante en los últimos años.

Como resultado del cálculo de tránsito de diseño, partiendo del conteo vehicular que obtuvimos (3,486 vehículos) estos fueron proyectados para un período de 20 años a un tránsito de diseño de **1, 672,107** vpd.

Con los cálculos de los factores de cargas de Ejes equivalentes de las tablas establecidas por la AASHTO y el tránsito de diseño se obtiene el número estimado de ejes equivalente de 8.16 ton para el período de diseño de la vía siendo de W18= **1, 381,617**

Entre menor sea el valor del Módulo de Resiliencia de la subrasante, el pavimento requerirá mayores espesores de capas para garantizar su protección e inverso.

De lo anterior se concluye que estructuralmente el pavimento propuesto requiere el uso de una sub base debido a que la sub rasante es de mala calidad razón por la cual se garantizara que el pavimento resista efectivamente las cargas de los vehículos que transiten por él.

La ejecución de este proyecto puede provocar una serie de afecciones y de cambios, de leve importancia, sobre el medio ambiente donde se implantarán. Todos estos impactos ambientales se deben tener en cuenta a la hora de diseñar medidas que protejan a todos los elementos del medio de manera que las obras no les afecten o que por consiguiente estas sean mínimas.

De manera general las afectaciones que se puedan dar en el proyecto son típicas en la construcción de obras viales, no obstante es necesario tomar en cuenta las medidas ambientales para prevenir, mitigar o controlar todas aquellas acciones que pongan en riesgo el medio ambiente.

7.2 RECOMENDACIONES

Como en todo proyecto de beneficio social es de vital importancia que la población brinde su contraparte para la conservación y protección del proyecto, esto mediante capacitaciones sobre temas de medio ambiente y sensibilización en pro del mantenimiento de la obra, como por ejemplo mantener libre la zona de desechos sólidos y basura, ya que esto puede causar estancamientos en el sistema de drenaje pluvial afectando la calidad de vida de los beneficiarios.

La alcaldía en conjunto con el MTI debe jugar un papel importante en el mantenimiento del proyecto, realizando actividades de inspección y mantenimientos periódicos como limpieza de alcantarillas, pintura en barandas de seguridad, pintura en la línea central de la carretera y colocación de señales de tránsito.

Para garantizar que la estructura de pavimento cumpla con su periodo de diseño se debe respetar los espesores y la calidad de los materiales propuestos en este documento.

En la capa asfáltica debe emplearse mezclas de concreto asfáltico densamente granuladas y esta deberá cumplir con una estabilidad Marshall mínima de 1800 lbs.

Realizar controles de tráfico en la carretera para observar la cantidad de vehículos que circularan por la vía, para así determinar el tipo de mantenimiento que se le dará al tramo ya sea rutinario o periódico.

Se debe seguir las recomendaciones expuestas en el plan de monitoreo y medidas de mitigación, haciendo uso adecuado de los recursos y no hacer gastos innecesarios cuando el proyecto se esté ejecutando.

Cumplir con todos los lineamientos ambientales mencionados en el proyecto: leyes, normativas y permisos ambientales entregados por MARENA, esto para evitar multas.

7.3 BIBLIOGRAFIA

Alfonso Fonseca (2002). *Ingeniería de Pavimentos de carretera* (2ª ed.). Colombia: Universidad Católica de Colombia.

American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). *Diseño de pavimentos por método AASHTO-93. Versión en español*. Washington, DC: Autor

Carlos Kraemer (2014). *Ingeniería de Carreteras* (2ª ed.). Madrid, España: MCGRAW-HILL.

Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (2014). *Memoria anual 2014*. Managua: Autor.

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (2000). *Manual Centroamericano Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales* (2ª ed.). Guatemala: Autor.

ANEXOS

Anexo 1. Macro localización y Micro localización.



Imagen 1. Macro localización, Ciudad Estelí.



La parte marcada en rojo corresponde al tramo de carretera a diseñar.

Micro Localización 2. Barrio Las Porras.

Anexo 2. Estado actual del tramo analizado

Foto 1: Estancamiento de agua en la vía por vado en mal estado. Estación 0+100.



Foto 2: Tramo de camino donde no existe sistema de drenaje. Estación 0+400



Tramo Carretero: El Panteoncito, entrada a la carretera hacia la montaña.		Fecha de conteo: Martes 15 de Diciembre del 2015.										
Punto de control 1		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga			TOTAL	
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	9	5	0	5	0	3	1	0	0	0	23
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	6	3	0	3	0	2	1	0	0	0	16
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	3	2	1	4	0	0	0	0	0	0	11
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	2	5	0	1	0	0	0	0	0	0	8
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	2	2	2	2	0	0	3	0	1	0	12
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	9	2	1	8	1	2	0	0	0	0	23
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	8	7	3	9	0	2	3	2	0	0	34
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	2	5	1	3	0	0	0	0	0	0	11
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	4	3	1	2	0	0	0	0	0	0	10
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	2	3	3	2	0	1	1	2	0	0	14
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	6	8	2	8	0	2	1	2	0	0	29
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	9	12	1	5	0	3	2	3	0	0	35
TOTAL		62	57	15	52	1	15	12	9	1	2	226

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: Estación final 1+200.		Fecha de conteo: Martes 15 de Diciembre del 2015.										
Punto de control 2		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga			TOTAL	
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	8	5	0	3	0	3	2	1	0	0	22
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	4	3	2	2	0	1	1	2	0	0	17
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	3	3	0	6	0	0	0	0	0	0	12
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	10
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	0	5	3	2	0	0	1	2	0	0	13
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	9	3	1	5	0	2	1	1	1	0	23
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	8	9	1	11	0	0	2	3	0	0	34
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	6	4	1	3	1	0	0	0	0	0	15
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	4	0	1	1	0	0	1	0	0	0	8
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	3	4	0	7	0	1	0	3	0	0	19
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	7	9	2	2	0	2	2	2	0	0	26
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	10	10	1	4	0	3	3	1	1	1	34
TOTAL		65	59	15	46	1	12	13	15	2	5	233

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: El panteoncito, entrada a la carretera hacia la montaña.		Fecha de conteo: Miércoles 16 de Diciembre del 2015.										
Punto de control 1		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga			TOTAL	
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	11	5	1	4	0	3	2	2	0	0	29
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	7	6	1	2	0	2	2	0	0	0	21
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	4	2	3	4	0	0	1	0	0	0	14
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	5	4	2	1	1	0	0	0	0	0	13
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	2	5	3	2	0	0	3	0	0	0	15
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	8	3	1	7	0	2	1	1	2	0	25
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	13	12	5	11	0	1	4	1	0	0	47
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	6	6	1	3	0	0	0	0	0	0	17
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	2	6	1	1	1	0	0	0	1	2	14
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	2	1	0	8	0	1	0	3	0	0	15
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	8	6	2	7	0	2	2	2	0	0	29
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	10	11	3	5	0	3	4	2	1	1	40
TOTAL		78	67	23	55	2	14	19	11	4	6	279

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: Estación final 1+200.				Fecha de conteo: Miércoles 16 de Diciembre del 2015.								
Punto de control 2		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	9	3	2	3	0	2	1	2	0	1	23
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	8	7	1	4	0	3	2	1	0	1	27
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	2	1	1	2	0	0	2	0	0	0	8
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	7	5	2	1	0	0	0	0	0	0	15
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	2	5	3	5	1	0	1	0	0	0	17
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	3	4	0	7	0	3	2	1	2	0	22
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	15	11	4	11	0	1	4	2	0	0	48
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	6	7	1	0	0	0	0	0	0	0	14
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	3	6	0	2	0	0	0	0	1	2	14
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	5	5	1	8	1	0	0	3	0	0	23
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	8	3	2	7	0	2	1	2	0	0	25
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	11	9	3	6	0	4	2	2	1	2	40
TOTAL		79	66	20	56	2	15	15	13	4	6	276

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: El panteoncito, entrada a la carretera hacia la montañita.				Fecha de conteo: Jueves 17 de Diciembre del 2015.								
Punto de control 1		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	12	8	1	4	0	4	3	2	0	0	34
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	10	2	1	6	0	2	2	0	0	2	25
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	4	2	1	5	0	0	0	1	0	2	15
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	4	5	2	2	0	0	0	0	0	0	13
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	2	5	1	2	0	0	3	2	0	0	15
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	7	3	4	6	0	2	1	1	0	0	24
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	14	10	4	10	0	1	4	3	1	0	47
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	10	4	1	4	0	0	1	0	0	0	20
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	4	6	1	2	0	0	0	0	0	0	13
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	2	2	0	6	0	1	0	3	0	0	14
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	7	7	2	5	0	2	2	1	0	2	28
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	9	14	1	6	0	4	4	3	0	1	42
TOTAL		85	68	19	58	0	16	20	16	1	7	290

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: Estación final 1+200.				Fecha de conteo: Jueves 17 de Diciembre del 2015.								
Punto de control 2		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	13	9	2	5	0	3	2	2	0	2	38
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	9	1	1	7	0	2	2	0	0	1	23
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	5	2	0	2	0	1	0	1	0	0	11
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	4	5	2	2	0	0	0	0	0	0	13
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	3	4	1	2	0	0	3	2	0	0	15
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	8	3	2	7	0	2	1	1	0	0	24
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	11	11	4	12	0	1	2	3	1	0	45
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	9	4	1	5	0	0	1	0	0	0	20
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	4	4	1	2	0	0	0	0	0	1	12
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	2	2	0	7	0	0	0	3	0	0	14
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	7	9	1	4	0	2	3	1	0	2	29
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	8	12	2	7	0	4	4	3	0	2	42
TOTAL		83	66	17	62	0	15	18	16	1	8	286

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: El panteoncito, entrada a la carretera hacia la montaña.		Fecha de conteo: Viernes 19 de Diciembre del 2015.										
Punto de control 1		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	14	9	3	5	0	4	2	1	0	2	40
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	10	3	2	4	0	2	1	0	0	2	24
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	2	2	0	5	0	0	0	0	1	0	10
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	4	4	2	3	0	0	1	0	0	0	14
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	3	5	3	2	1	2	3	1	0	0	20
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	8	4	1	6	0	2	1	1	0	1	24
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	10	12	5	8	0	1	2	2	0	0	40
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	8	4	0	4	2	0	0	0	2	0	20
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	4	5	2	1	1	0	0	1	1	1	16
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	3	3	0	6	0	1	2	3	0	0	18
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	7	10	2	8	0	2	2	2	0	0	33
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	10	15	3	6	0	3	4	2	1	1	45
TOTAL		83	76	23	58	4	17	18	13	5	7	304

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: Estación final 1+200.		Fecha de conteo: Viernes 19 de Diciembre del 2015.										
Punto de control 2		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	11	8	2	4	0	3	2	1	0	2	33
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	11	5	2	6	0	2	1	0	0	2	29
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	3	2	0	2	0	0	0	0	1	0	8
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	4	4	2	0	0	0	1	0	0	0	11
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	3	4	1	1	0	1	3	1	0	0	14
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	8	4	1	5	0	2	1	0	0	1	22
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	12	12	5	10	0	1	2	2	0	0	44
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	7	4	0	4	2	0	0	0	2	0	19
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	4	5	1	1	1	0	0	1	1	1	15
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	3	5	0	6	0	0	2	3	0	1	20
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	8	10	2	8	0	2	2	3	0	0	35
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	11	11	3	6	0	3	4	2	1	1	42
TOTAL		85	74	19	53	3	14	18	13	5	8	292

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: El panteoncito, entrada a la carretera hacia la montaña		Fecha de conteo: Sábado 19 de Diciembre del 2015.										
Punto de control 1		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehículos Livianos		Vehículos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	8	5	0	2	0	2	1	1	0	1	20
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	10	3	2	2	0	2	1	0	0	2	22
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	5	1	0	2	0	0	0	0	1	0	9
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	2	4	2	0	0	0	1	0	0	0	9
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	0	4	0	0	0	1	0	1	0	0	6
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	7	2	1	3	1	2	1	0	0	0	17
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	9	10	3	7	0	2	2	2	0	0	35
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	7	4	1	4	0	0	0	0	1	0	17
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	1	3	1	1	0	0	0	1	0	0	7
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	2	4	0	0	0	0	2	3	1	1	13
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	9	9	1	8	0	1	2	3	0	0	33
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	8	10	2	6	0	2	2	2	2	1	35
TOTAL		68	59	13	35	1	12	12	13	5	5	223

Fuente: Elaboracion propia

Tramo Carretero: Estación final 1+ 200						Fecha de conteo: Sábado 19 de Diciembre del 2015.						
Punto de control 2		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehiculos Livianos		Vehiculos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	9	4	0	2	0	2	1	0	0	2	20
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	8	2	0	2	0	3	0	0	0	2	17
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	4	2	2	2	0	0	0	0	0	1	11
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	2	5	2	0	0	0	1	0	0	0	10
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	1	4	1	0	0	2	0	1	0	0	9
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	8	4	1	3	0	1	1	0	0	0	18
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	9	8	3	5	0	2	1	1	0	0	29
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	8	4	1	2	0	0	0	0	1	0	16
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	1	3	1	1	0	0	1	0	0	0	7
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	2	5	1	1	0	0	0	1	0	0	10
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	9	9	1	5	0	2	2	1	0	0	29
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	6	7	2	9	0	2	2	2	1	0	31
TOTAL		67	57	15	32	0	14	9	6	2	5	207

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: El Panteoncito, entrada a la carretera hacia la montaña						Fecha de conteo: Domingo 20 de Diciembre del 2015.						
Punto de control 1		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehiculos Livianos		Vehiculos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	3	5	0	3	0	1	0	0	0	0	13
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	4	1	1	2	0	0	0	0	0	0	8
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	2	5	1	1	0	0	0	0	0	0	9
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	7	6	1	0	0	2	1	1	0	0	18
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	8	4	2	3	0	1	1	0	0	0	19
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	5	7	3	6	0	1	0	2	0	0	24
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	7	3	1	2	0	0	0	0	0	0	13
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	1	4	0	2	0	0	1	1	0	0	9
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	2	5	1	1	0	0	0	1	0	0	10
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	5	7	1	4	0	1	0	0	0	0	18
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	7	9	3	5	0	1	1	1	0	0	27
TOTAL		56	58	14	29	0	7	4	6	0	1	175

Fuente: Elaboración propia.

Tramo Carretero: Estacion final 1+200						Fecha de conteo: Domingo 20 de Diciembre del 2015.						
Punto de control 2		Clasificación Vehicular.										
Ambos sentidos		Vehiculos Livianos		Vehiculos livianos		Pesados de pasajeros		Pesados de carga				TOTAL
HORA		Bicicleta	Motocicleta	Carro	Camioneta	MB≤ 15	Bus	C2	C3	Tráiler	Vehículo Agrícola	
06:00:00 a.m.	07:00:00 a.m.	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
07:00:00 a.m.	08:00:00 a.m.	4	4	0	0	0	1	1	0	0	1	11
08:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	7
09:00:00 a.m.	10:00:00 a.m.	1	5	1	2	0	0	0	0	0	0	9
10:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	7	7	1	1	0	2	1	1	0	0	20
11:00:00 a.m.	12:00:00 m.d.	7	3	1	4	0	1	1	0	0	0	17
12:00:00 m.d.	01:00:00 p.m.	4	5	2	5	0	1	0	2	0	0	19
01:00:00 p.m.	02:00:00 p.m.	8	2	0	3	0	0	0	0	0	0	13
02:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	1	2	0	1	0	0	2	1	0	0	7
03:00:00 p.m.	04:00:00 p.m.	1	2	1	1	0	0	1	1	0	0	7
04:00:00 p.m.	05:00:00 p.m.	5	8	1	5	0	1	0	0	0	0	20
05:00:00 p.m.	06:00:00 p.m.	5	10	3	4	0	1	1	1	0	0	25
TOTAL		50	52	10	28	0	7	7	6	0	1	161

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	IP %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
SONDEO No.1													
0+005	2.20 Der	0-15	1	28	25	18	14	47	18	8	10	A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		15-125	2	49	47	36	25	48	21	6	8	A-2-7(1)	Grava Arcillosa
		125-150	3	70	69	67	65	70	36			A-7-5(17)	Arcilla con Grava
SONDEO No.2													
0+100	2.50 Izq	0-50	=1	28	25	18	14	47	18	8	10	A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		50-70	4	61	58	51	40	39	13			A-6(2)	Arcilla Arenosa con Grava
		70-150	=3	70	69	67	65	70	36			A-7-5(17)	Arcilla con Grava
SONDEO No.3													
0+200	1,80 Der	0-30	=1	28	25	18	14	47	18	8	10	A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		30-50	5	46	43	37	28	49	21			A-2-7(2)	Grava Arcillosa
		50-70	=4	61	58	51	40	39	13			A-6(2)	Arcilla Arenosa con Grava
		70-90	6	36	35	32	27	50	25			A-2-7(2)	Grava Arcillosa
		90-150	7	41	39	30	19	62	23			A-2-7(1)	Grava Arcillosa

Fuente: Alcaldía municipal de Estelí, CORASCO S.A.

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	IP %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
SONDEO No.6													
0+300	1.20 IZQ	0-15	=1	28	25	18	14	47	18	8	10	A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		15-30	15	49	44	34	24	33	12	9	11	A-2-6(0)	Grava Arcillosa
		30-70	=8	86	86	83	74	45	25			A-7-6(15)	Arcilla
		70-90	=13	97	96	76	47	46	19			A-7-6(6)	Arcilla
		90-150	=14	61	52	33	18	43	8			A-2-5(0)	Arena Limosa con Grava
SONDEO No.7													
0+400	2.20 DER	0-5	=1	28	25	18	14	47	18	8	10	A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		5-18	16	44	38	27	19	42	7	8	11	A-2-5(0)	Grava Limosa
		18-50	=8	86	86	83	74	45	25			A-7-6(15)	Arcilla
		50-85	=15	49	44	34	24	33	12			A-2-6(0)	Grava Arcillosa
		85-150	=11	65	64	56	42	60	33			A-7-6(7)	Arcilla con Grava
SONDEO No.8													
0+500	1.60 IZQ	0-15	17	37	33	27	23	36	10	11	26	A-2-4(0)	Grava Limosa
		15-25	=12	84	82	73	57	53	19	9	12	A-7-5(10)	Arcilla
		25-110	18	44	40	33	28	50	17			A-2-7(1)	Grava Arcillosa
		110-150	=11	65	64	56	42	60	33			A-7-6(7)	Arcilla con Grava

Fuente: Alcaldía municipal de Estelí, CORASCO S.A.

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
SONDEO No.7													
0+600	2.20 der	0-17	19	28	24	18	15	36	11	11	26	A-2-6(0)	Grava Arcillosa
		17-40	20	36	30	22	19	36	16			A-2-6(0)	Grava Arcillosa
		40-60	21	20	17	12	11	49	29			A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		60-150	22	44	41	37	35	83	55			A-2-7(4)	Grava Arcillosa
SONDEO No.8													
0+700	2.0 Izq	0-10	=19	28	24	18	15	36	11	11	26	A-2-6(0)	Grava Arcillosa
		10-70	23	100	99	95	93	101	58	1	2	A-7-5(20)	Arcilla
		70-90	24	62	60	58	55	84	55			A-7-6(14)	Arcilla con Grava
		90-150	25	86	85	82	77	55	39			A-7-6(19)	Arcilla
SONDEO No.9													
0+800	1.70 IZQ	0-28	=19	28	24	18	15	36	11	11	26	A-2-6(0)	Grava Arcillosa
		28-55	=24	62	60	58	55	84	55			A-7-6(14)	Arcilla con Grava
		55-80	=21	20	17	12	11	49	29			A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		80-150	26	94	92	86	82	76	34			A-7-5(20)	Arcilla

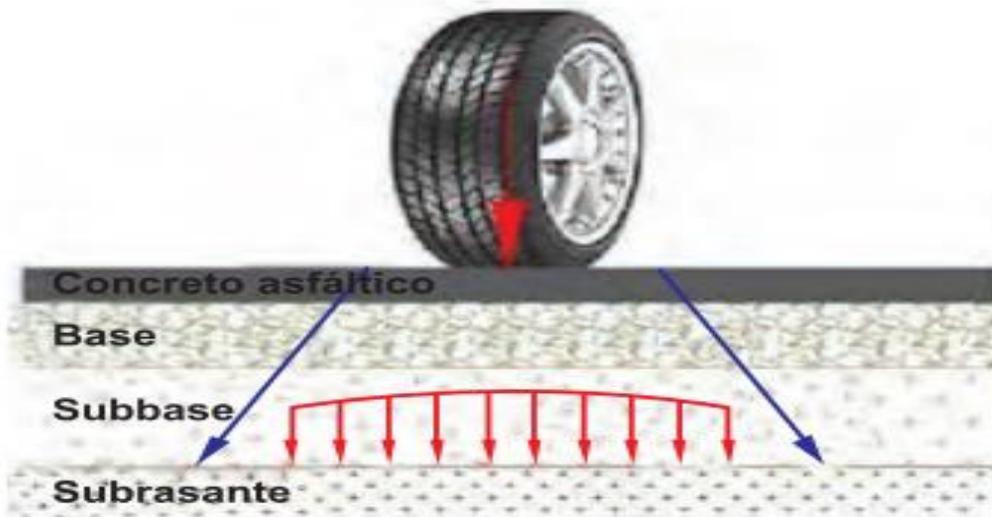
Fuente: Alcaldía municipal de Estelí, CORASCO S.A.

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS

Estación Km	Desviación Metros	Profundidad (cm)	Muestra No.	% Que pasa Tamiz				L.L %	I.P %	C.B.R. a Compact		Clasif. H.R.B.	Descripción del Suelo
				No.4	No.10	No.40	No.200			90	95		
SONDEO No.12													
0+900	2.0 DER	0-10	27	40	32	23	15	41	11	9	12	A-2-7(0)	Grava Arcillosa con Arena
		10-30	28	52	44	33	25	40	13	10	11	A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		30-50	29	23	19	13	10	56	20			A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		50+											
CASCAJO DURO													
SONDEO No.13													
1+000	2.10 IZQ	0-15	30	29	26	18	12	41	15	9	12	A-2-7(0)	Grava Arcillosa
		15-30	31	43	38	26	19	34	13	12	10	A-2-6(0)	Grava Arcillosa con Arena
		30-150	32	100	98	95	87	45	16			A-7-6(11)	Arcilla
SONDEO No.14													
1+100	2.20 DER	0-30	33	40	33	19	10	35	9	8	10	A-2-4(0)	Grava Limosa
		30-50	34	52	45	29	17	40	10	9	11	A-2-4(0)	Arena Limosa
		50-130	35	77	73	54	22	27	7			A-2-4(0)	Arena Limosa
		130-150	=32	100	98	95	87	45	16			A-7-6(11)	Arcilla
1+200	2.0 IZQ	0-15	36	58	54	32	17	33	11	13	9	A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
		15-80	37	53	50	34	20	37	14	9	10	A-2-6(0)	Arena Arcillosa con Grava
		80-90	38	61	53	35	21	47	10	8	10	A-2-5(0)	Arena Limosa con Grava
		90-150	39	55	54	49	38	51	21			A-7-5(4)	Arcilla con Grava

Fuente: Alcaldía municipal de Estelí, CORASCO S.A.

DIAGRAMA DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y SU RESPECTIVA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS



Fuente: Elaboración propia.

VALORACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN AASHTO

Clasificación	Composición del material	Permeabilidad	Capilaridad	Elasticidad	Cambios de volumen	Para capa de rodadura	Para base	Para subbase	Para terraplenes >de 15m	Para terraplenes <de 15m	Comportamiento después de compactado	Fallos que presenta el terreno
A-1	Mezcla de grava, arena, limo y arcilla, en cantidades bien proporcionadas	Baja	Baja	Casi nula	Muy pequeños	Excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Excelente	Excelente. Estable en tiempo seco y húmedo	Prácticamente ninguno
A-2	Mezcla mal proporcionada de grava, arena, limo y arcilla. Tiene limo o arcilla en exceso	Baja a mediana	Baja a mediana. A veces perjudicial	Casi nula	A veces perjudiciales cuando son plásticos	Regular a bueno	Regular a excelente	Regular a excelente	Regular a bueno	Bueno	Bueno a excelente. Estable en tiempo seco. A veces polvoriento. Se reblandece en tiempo húmedo	Se reblandece cuando llueve. En tiempo seco se vuelve sucio y polvoriento
A-3	Arena o mezcla de grava y arena, con poco o nada de material fino	Mediana a elevada	Baja	Casi nula	Muy pequeños	Malo a regular	Regular a excelente	Regular a excelente	Regular a bueno	Bueno	Bueno a excelente. Es más estable en condiciones húmedas	Es inestable cuando se halla seco. Tiende a deslizarse cuando no está debidamente confinado. No tiene suficiente cohesión
A-4	Material limoso sin grava, ni arena gruesa. Contiene algo de arena fina y mediana. Su contenido de arcilla no es elevado	Baja a mediana	Muy elevada perjudicial	Baja	Regulares a grandes. Perjudiciales en época de heladas	Malo a pésimo	Malo a regular	Malo a regular	Malo a bueno	Malo a bueno	Regular en tiempo seco. Inestable en tiempo húmedo	Absorbe agua rápidamente perdiendo estabilidad. Susceptible de erosiones y lavados en época de lluvia. Posibilidad de hinchamientos de terreno
A-5	Material limoso semejante a A-4 pero con cierta cantidad de mica ó diatomáceas que le da elasticidad	Baja	Regular a elevada	Elevada perjudicial	Regulares a grandes. A veces perjudiciales cuando llueve	Pésimo	Malo	Malo	Pésimo	Malo a pésimo	Semejante al A-4	Presenta además una elasticidad perjudicial que impide una buena compactación
A-6	Terreno arcilloso sin material grueso. Poca arena fina. Rico en material coloidal	Prácticamente impermeable	Regular a elevada	Baja	Grandes. Pueden ser perjudiciales en época de lluvia	Malo a pésimo	Regular a pésimo	Pésimo a regular	Malo a pésimo	Regular a malo	Regular a bueno en tiempo seco. Malo en tiempo lluvioso	En épocas de lluvia se pone resbaladizo y los pavimentos fallan por falta de base firme. Cuando se humedece o seca sufre hinchamientos y contracciones perjudiciales
A-7	Terreno arcilloso semejante a A-6, pero no tan rico en material coloidal. Presenta propiedades elásticas	Baja	Regular a elevada	Elevada a perjudicial	Grandes. Pueden ser perjudiciales en época de lluvia	Malo a pésimo	Regular a pésimo	Regular a pésimo	Malo a pésimo	Malo a pésimo	Regular a bueno en tiempo seco. Malo en tiempo lluvioso	Los mismos inconvenientes que A-6. Presenta además una clasificación perjudicial que impide una buena compactación
A-8	Terreno turboso, suave y esponjoso. Puede contener arena y material fino en cantidades variables	Muy permeable	Muy elevada perjudicial	Muy elevada perjudicial	Grandes perjudiciales	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	Pésimo	El material debe retirarse. Compactándolo no se obtiene resultado satisfactorio alguno	Pésimo material para emplearlo en construcción. Su valor soporte es casi nulo

Fuente: Guía para diseño de pavimentos AASHTO 93