



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

Diseño de la estructura de pavimento articulado de 1.2 km del Barrio 16 de Julio, casco urbano de Estelí, por medio del método de la AASHTO 93.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Yudelky Vanessa Pineda Rodríguez.

Br. Julio Josué Gutiérrez Rodríguez.

Tutor

Msc.Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Managua, 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Decanatura.

Managua 21 de Abril del 2016

Decano:

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba.

Por medio de la presente es de mi agrado comunicarle que el tema de monografía titulado **DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 1.2 KM DEL BARRIO 16 DE JULIO, CASCO URBANO DE ESTELÍ, POR MEDIO DEL MÉTODO DE LA AASHTO 93.** desarrollado por los Br. Yudelky Vanessa Pineda Rodríguez.Br. Julio Josué Gutiérrez Rodríguez.

Ha cumplido con las correcciones y observaciones realizadas, en tal sentido expreso la conformidad del trabajo realizado, por lo que considero pertinente realizar las gestiones administrativas propias de la defensa.

Sin más a que referirme se despide.


Ing. Jimmy Sierra Mercado
TUTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.1059
Managua, octubre 21 del 2015.

Bachilleres
YUDELKY VANESSA PINEDA RODRIGUEZ
JULIO JOSUE GUTIERREZ RODRIGUEZ
Presente

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema Monográfico titulado "DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 1.2 KM DEL BARRIO 16 DE JULIO, CASCO URBANO DE ESTELI, POR MEDIO DEL METODO AASHTO 93", ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, de que el MSc.Ing. JIMMY SIERRA MERCADO, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el 21 de abril del 2016.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano



CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
DIOGS*mary

Dedicatoria.

Principalmente a Dios, por darnos la vida y ser nuestro guía espiritual dándonos la sabiduría, fortaleza y el entendimiento para así poder cumplir nuestras metas como profesionales de éxitos.

A nuestros padres que son el pilar más importante y demostrarnos su cariño y apoyo incondicional, que han sabido formarnos con buenos hábitos, valores, sacrificio, dedicación y brindarnos su apoyo día a día para poder lograr nuestro objetivo, gracias por iluminar nuestro camino con su presencia a lo largo de nuestra formación universitaria y ayudarnos a confiar en nosotros, ya que de ellos aprendimos que todo lo que nos proponemos lo podemos lograr.

A la alcaldía de Estelí, por brindarnos su apoyo incondicional, por darnos la oportunidad de aportar al desarrollo de nuestro municipio y facilitarnos medios para culminar exitosamente nuestro trabajo.

A nuestro tutor Msc.Ing. Jimmy Sierra por dirigirnos y corregirnos en cada etapa de este trabajo monográfico, por animarnos a continuar luchando, darnos lecciones que ayudaron a afianzar nuestros conocimientos.

Yudelky Pineda Rodríguez.

Julio Gutiérrez Rodríguez.

Agradecimiento.

Primeramente, a Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos las fuerzas necesarias para seguir adelante y habernos permitido llegar hasta este punto y lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres, por brindarnos apoyado incondicional en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos han permitido ser personas de bien, pero más que nada, por su amor, ejemplos de perseverancia que nos han enseñado a no rendirnos ante nada, por el valor mostrado para salir adelante.

A la alcaldía municipal de Estelí, en especial al personal del área de planificación urbana por brindarnos información necesaria para nuestro trabajo y por apoyarnos en lo que respecta con la topografía, agradecemos al topógrafo-Ingeniero Jairo Saldaña por compartir sus conocimientos con nosotros.

Al tutor Msc.Ing. Jimmy Sierra por su apoyo y la sabiduría que nos transmitió en el desarrollo de nuestra formación profesional por las explicaciones intensivas que nos dio, por estar siempre muy atento y pendiente de nuestro trabajo, por sus consejos de vida, por ser una persona humilde y trabajadora, y por toda la información bibliográfica que nos brindó.

Yudelky Pineda Rodríguez.

Julio Gutiérrez Rodríguez.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado: Diseño de la estructura de pavimento articulado de 1.2 km del Barrio 16 de Julio, casco urbano de Estelí, por medio del método de la AASHTO 93.

Estructura del contenido.

- I. Generalidades.
- II. Estudio Geotécnico.
- III. Estudio de Tráfico.
- IV. Diseño Estructural de Pavimento.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

Este capítulo aborda las generalidades del proyecto como donde estará ubicado, una breve introducción, antecedentes del barrio, justificación sobre la importancia del diseño de los 1.2 km de adoquinado y objetivos planteados necesarios para lograr con éxito su diseño final.

CAPÍTULO II: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Se hicieron 17 sondeos manuales sobre la calle a diseñar, con el objetivo de identificar las propiedades y clasificación de los diferentes estratos existentes hasta una profundidad máxima de 1.50 metros, los resultados los materiales que predominan son suelos arcillosos del tipo A-2-7 y A-7-6.

El banco de materiales a utilizar es el **Nº2 (Los Chilamates)**, está conformado por materiales granulares, compuestos por fragmentos de Grava fina a gruesa, con arena limosa, que según el sistema de clasificación AASHTO son suelos del tipo A-1-a con índice de grupo 0, según las especificaciones NIC-2000, son suelos de buena calidad para sub-rasante.

La información necesaria del banco de material disponible cerca de la zona, fue facilitada por la Alcaldía Municipal de Estelí.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO.

Se basa analizar la condición actual del tráfico sobre el tramo de carretera en estudio y su respectiva proyección; tomando como parámetro los volúmenes de tránsito obtenidos mediante aforos en el sitio de estudio, ya que el tráfico es uno de los aspectos más significativos a considerar en el diseño de pavimentos

El aforo vehicular se realizó durante 7 días sobre la vía, se obtuvo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de 436 vehículos.

A demás, se estimó una tasa de crecimiento del **3.85%**, tomando en cuenta los datos históricos del TPDA de la estación de conteo vehicular más cercana a la vía (Estación 107), se realizaron las correlaciones del TPDA-PIB y del TPDA-Población.

Al proyectar el tráfico actual, considerando un periodo de diseño de 15 años, se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL's) o **$W_{18}=266,216.00$**

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENT ARTICULADO.

Conociendo las propiedades del suelo y una vez realizada las proyecciones del tráfico se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas y se finalizó haciendo uso del software WinPAS (Pavement Analysis Software).

Se diseñó una alternativa de pavimento articulado aplicando la metodología AASHTO 93.

Los principales valores de las variables para determinar los espesores estructura de pavimento articulado del tramo en estudio fueron:

- ✓ **Grado de Confiabilidad****R = 80%**
- ✓ **Desviación Estándar**.....**So = 0.45**
- ✓ **Capacidad de Servicio Inicial****Po= 4.20**
- ✓ **Capacidad de Servicio Final**.....**Pt = 2.00**
- ✓ **Número de Ejes Equivalentes**.....**ESAL's o W18 = 266,216.00**
- ✓ **C.B.R. de Diseño**.....**Sub Rasante = 6.2%**

El paquete estructural para el tramo dio como resultado: una capa de rodamiento de **4.00 pulgadas** (espesor estándar del adoquín de concreto) y una base granular de **5.00 pulgadas**. Este paquete cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la AASHTO 93.

En este capítulo se utilizó el SoftwareWinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4), para verificar los cálculos realizados de forma manual con los resultados del programa, con el objetivo de verificar que el diseño cumpla a los esfuerzos que será sometido.

ÍNDICE

CAPÍTULO I:GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACION.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.	4
CAPÍTULO II:ESTUDIO GEOTÉCNICO	5
2.1 Metodología.	6
2.2. Ensayos de Suelos en Línea.	6
2.2.1. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.	7
2.3. Resultados de Ensayes a Muestras de Fuentes de Materiales.	9
2.3.1. Consideraciones para elección del banco a utilizar.....	10
2.4. Banco de materiales a utilizar.	11
2.5. CBR de Diseño.	12
CAPÍTULO III:ESTUDIO DE TRÁNSITO	15
3.1 Generalidades.....	16
3.2. Recopilación de datos.....	16
3.2.1. Tipos de vehículos.....	17
3.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.	18
3.3. Procesamiento de información.....	18
3.3.1. Tránsito promedio diurno.....	18

3.3.2. Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).	19
3.3.3. Tasas de crecimiento.	21
3.3.4. Proyección de tráfico.	24
3.4. Análisis de la información obtenida.	29
3.4.1. Análisis de la tasa de crecimiento a utilizar.	30
3.5. Tráfico de diseño.	30
3.5.1. Período de Diseño (PD).	31
3.5.2. Factor de Crecimiento (FC).	31
3.5.3. Factor Distribución Por Dirección (FD).	32
3.5.4. Factor Carril.	32
3.5.5. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).	33
3.5.6. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).	33
3.5.7. Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).	34
3.5.8. Número Estructural Asumido (SN).	34
3.5.9. Factor de Equivalencia (FESAL).	34
3.6. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).	35
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO	37
4.1. Generalidades.	38
4.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93.	38
4.2.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes.	38
4.2.2. Confiabilidad.	39
4.2.3. Desviación estándar.	40
4.2.4. Serviciabilidad.	41
4.2.5. Coeficiente de drenaje.	41
4.2.6. Cálculo del CBR de diseño.	42

4.2.7. Módulo de Resilencia (MR).	43
4.2.9. Número Estructural.....	45
4.3. Calculo de Espesores.	45
4.3.1. Cálculo del espesor de la base (D ₂).	46
4.3.2. Espesores finales de Diseño.	47
4.4. Uso del programa WinPAS.	49
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	I
ANEXOS CAPÍTULO I: GENERALIDADES	II
Anexo N° 1: Localización del Proyecto	II
Anexo N° 2: Fotos del Barrio en estudio.....	IV
ANEXOS CAPÍTULO II: ESTUDIO GEOTÉCNICO	VI
Anexo N° 3: Ubicación de Sondeos Manuales de Suelo.	VI
Anexo N° 4: Resultados ensayos de suelos “Barrio 16 de Julio”.	VII
Anexo N° 5: Clasificación de suelos, según AASHTO.....	IX
Anexo N° 6: Estratigrafía del Terreno “Barrio 16 de Julio”.....	X
Anexo N° 7: CBR de Diseño de la Sub-rasante.....	XI
Anexo N° 8: Resultados de laboratorio de banco de materiales a utilizar. ..	XII
ANEXOS CAPITULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO.....	XIII
ANEXO N° 9: Ubicación de Aforo Vehicular.	XIII
ANEXO N° 10: Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.	XIV
Anexo N° 11: Conteo de Tráfico Vehicular por Día.	XIV

Anexo N° 12: Indicadores Macroeconómicos 2014.	XVIII
Anexo N° 13: Tipología y Descripción Vehicular	XIX
Anexo N° 14: Dependencia de la EMC 107 entre ECD y ECS.	XX
Anexo N° 15: Factores 2014 EMC 107.....	XX
Anexo N° 16: Listado Histórico TPDA Estación 107.....	XXI
Anexo N° 17: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo.	XXI
Vehículos Liviano.	XXI
Anexo N° 18: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo.	XXII
Vehículos Pesados.....	XXII
Anexo N° 19: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.	XXIII
Anexo N° 20: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Tándem.....	XXIV
Anexo N° 21: Interpolación de factores equivalentes	XXV
ANEXOS CAPITULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO	XXVII
Anexo N° 22: Coeficiente estructural a_2 , de la capa Base.	XXVII
Anexo N° 23: Ábaco de Diseño AASTHO para $SN_{requerido}$	XXVIII
Anexo N° 24: Uso del software de diseño WinPAS.	XXIX
GLOSARIO.	XXXIII

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION.

El transporte de un país es vital en la economía por lo que es uno de los componentes importantes que genera divisas al país, ya que permite a los ciudadanos transportarse ya sea para trasladar sus producciones o bien hacer uso de este servicio.

En Nicaragua el acceso vial es de mucha importancia para el desarrollo social y económico. En este sentido, la mejora de la accesibilidad ayuda al crecimiento de los sectores productivos y del empleador lo cual esto provoca un futuro económico positivo para el departamento.

El barrio 16 de Julio se ubica en la salida norte de Estelí. **(Ver Anexo N°1 del Capítulo I, pág. II).** Es una red vial de significativa importancia por encontrarse ahí una serie de fábricas tabacaleras altamente productivas por lo que es necesario una vía en buen estado en todo tiempo para transportar la producción.

La metodología que se empleo es el método AASHTO 93, ya que este considera las cargas a las que está expuesta la estructura de pavimento debido al tráfico que circula por ella, cabe mencionar que dicho diseño deberá cumplir con los criterios y especificaciones a utilizar en este trabajo se basará en la recopilación de datos de campo para los estudios de suelos.

El diseño deberá cumplir con los criterios y especificaciones de la NIC-2000, el cual aporta elementos técnicos que se debe de tomar en cuenta para realizar proyectos de construcción con mayor durabilidad especialmente con superficies de rodadura de carreteras, para una mejor seguridad y comodidad de los usuarios.

1.2 ANTECEDENTES.

En el Barrio 16 de Julio de la ciudad de Estelí la topografía es accidentada, debido al crecimiento urbano, este barrio es relativamente nuevo, por eso sus calles en su totalidad no poseen cunetas ni un buen revestimiento de la carpeta de rodamiento, en consecuencia, la dificultad del acceso del transporte público y privado, lo que empeora en el periodo de invierno por el estancamiento de las aguas superficiales. **(Ver Anexo N° 2 del Capítulo I, pág. IV).**

El tramo en estudio se encuentra en mal estado por lo que los pobladores han demandado desde hace 9 años la mejora de este tramo. Su último recarpeteo fue en el periodo de gobierno del Alcalde Pedro Pablo Calderón en el año 2006.

En el año 2009, ENACAL excavo todas las calles de este barrio para instalar tuberías de aguas negras y agua potable, lo que provoco que la carpeta de rodamiento no brinde las condiciones mínimas para transitar y además su drenaje pluvial quedara en malas condiciones.

Los pobladores tienen muchos motivos para requerir una infraestructura vial en buenas condiciones, por lo cual nace la necesidad de dicho proyecto ya que la zona está experimentando un gran avance económico debido al asentamiento de fábricas que se dedican al procesamiento del tabaco, los que se beneficiarían directamente con la mejora de esta vía que utilizan para transportar su producción.

Este estudio pretende dar respuesta a la problemática del barrio; lo que permitirá mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y promover un desarrollo económico acorde a las nuevas exigencias.

1.3 JUSTIFICACION.

En el barrio 16 de Julio es una zona donde se encuentran concentradas varias fábricas tabacaleras que utilizan de ruta este barrio lo que, en el aspecto económico, los costos productivos se ven notablemente alterados, por la dificultad que se les presenta de trasladar materia prima, trabajadores y maquinaria. En temporada de invierno el acceso del transporte privado y colectivo en las calles se da con gran dificultad.

Las empresas tabacaleras y los pobladores que son alrededor de 200 familias ubicadas a lo largo del barrio se beneficiaran de manera directa, ya que habrá una reducción en ahorro de los costos de operación para que el transporte público y privado que tendrá acceso al barrio con mayor facilidad y de manera indirecta a los barrios colindantes zona norte de la ciudad.

La alcaldía se beneficiará directamente al brindarles un diseño de la estructura de pavimento articulado, que le servirá para que se gestione fondos para la formulación de este proyecto.

Este trabajo surge por la iniciativa de realizar el diseño del pavimento articulado con adoquines de 1.2 km de este barrio utilizando el método AASHTO 93 ya que es uno de los métodos confiables y utilizados. Así mismo este trabajo servirá para afianzar los conocimientos teóricos que se adquirieron a lo largo de la carrera y así optar al título de Ingeniero Civil.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

- ❖ Diseñar la estructura de pavimento articulado con adoquín de 1.2 km del barrio 16 de Julio, casco urbano de Estelí, por medio del método de la AASHTO 93.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio geotécnico a lo largo de la vía y en el banco de materiales para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo esenciales para el diseño de la estructura de pavimento.
- Realizar un estudio de tráfico por medio de un aforo vehicular, para determinar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y las cargas que actuarán sobre la estructura de pavimento.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado por el método de la AASHTO 93 mediante nomogramas y el software WinPAS.

CAPÍTULO II

ESTUDIO GEOTÉCNICO

2.1 Metodología.

La metodología implementada para la ejecución del estudio de suelos, comprende básicamente una investigación de campo a lo largo del prisma vial definido por el eje de la carretera del proyecto; mediante la ejecución de prospecciones de exploración (calicatas), y obtener muestras representativas y en cantidades suficientes para ser sometidas a ensayos de laboratorio.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo a lo largo del tramo en estudio, con el propósito de evaluar las características físicas, mecánicas y condiciones de soporte del suelo, y así poder contar con la información básica necesaria para la determinación de los espesores a colocar a lo largo de la vía.

Todos los ensayos necesario para determinar sus propiedades, entre ellas: Humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg (Límite líquido e índice plástico) y Densidad (Proctor), se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO, los cuales son los siguientes:

Tabla N°1: Tipos de ensayos para estudio de suelos.

Ensayo	Especificación ASTM	Especificación AASHTO
Granulometría	D – 422	T – 2788
Límite Líquido	D – 423	T – 8990 y 9087
Índice de Plasticidad	D – 424	T – 9097
Ensayo Proctor Modificado	D – 1557 – 91	T – 180 – 90
Ensayo CBR.	D – 1883 – 73	T – 193 – 81

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

2.2. Ensayos de Suelos en Línea.

Con el propósito de conocer las condiciones y características del sub- suelo, a lo largo del tramo en estudio, se efectuaron 17 sondeos manuales distribuidos aproximadamente a cada 80 m y variando de acuerdo a las condiciones críticas del suelo. **(Ver Ubicación de Sondeos en Anexo N° 3 del Capítulo II, pág. VI).**

En estos sondeos se tomaron 39 muestras alteradas representativas de cada estrato encontrado, marcando las profundidades respectivas. Cada sondeo se realizó con una profundidad máxima de 1.50 m.

El procedimiento utilizado para la extracción del material y la toma de muestras se basó en la excavación de un hoyo de 50 cm de diámetro con las herramientas adecuadas y utilizadas en función de la dureza de los estratos encontrados.

El material extraído fue colocado secuencialmente, de acuerdo a cada cambio de estratos observado en el lugar, a orillas de la excavación y posteriormente introducido en bolsas plásticas las cuales fueron identificadas con una ficha que detalló el nombre del proyecto, el número de sondeo, la estación progresiva, el número de la muestra, la profundidad a que fue tomada y el peso estimado. La agrupación de todas las bolsas que contienen los materiales extraídos, es decir, las muestras tomadas, constituyen la “radiografía” inicial del sitio en estudio.

2.2.1. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.

La profundidad a que fueron obtenidas las muestras en las perforaciones sobre la línea de las calles y avenidas fue de 1.50 metros máximo por lo que la información que se obtuvo de los ensayes brindó amplios datos del comportamiento del suelo a lo largo de la ruta en estudio.

Los resultados obtenidos brindan información acerca de la composición de los materiales en todos los estratos estudiados y de la familia de éstos en cada uno de ellos. **(Ver resultados en Anexo N° 4 del Capítulo II, pág. VII).**

El primer estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 10 y 20 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existen dos tipos de material bien definidos en este primer estrato los cuales son **A – 2 – 7** y **A – 2 – 4**. De forma esporádica se encontraron materiales del tipo **A – 7 – 5** y **A – 7 – 6**. De estos materiales, los clasificados como **A – 2 – 7** , **A – 7 – 5** y **A – 7 – 6** son los que representa mayor riesgo para conformar un pavimento

dado que sus límites líquidos e índice de plasticidad no son aceptables dentro de las especificaciones de sub-base o base.

Los tipos de Suelos A – 2 presentan una composición de grava y limos y grava y arcilla. Estos materiales, de acuerdo al análisis realizado al porcentaje que pasa por la malla 200 y a sus valores de Límite Líquido e Índice de Plasticidad, se subdividieron en:

A – 2 – 7: Son materiales que cuentan con Índice de Grupo entre 0 y 2; cuentan con valores de Límite Líquido e Índice de Plasticidad que varían entre 52 y 42 para el primero y entre 21 y 16 para el segundo. La fracción fina que contiene este material es de alta compresibilidad y de alta plasticidad

A – 2 – 6: El índice de Grupo de estos materiales es de 0 (cero). El ensaye de Límites de Atterberg determinó que estos materiales cuentan, como promedio, con Índices de Plasticidad de 13 y Límite Líquido de 40. El porcentaje que pasa por la malla 200 es de 19.

A – 2 – 4: Los materiales encontrados en los sondeos y que corresponden a la clasificación señalada, presentan un mejor comportamiento en cuanto a sus características físicas y mecánicas. El Límite Líquido determinado se ubica entre 38 y 36, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 9 y 10.

El segundo estrato empieza a partir de los 20 cm de profundidad y hasta los 1.50 metros, en la composición del material predominan los suelos con clasificación **A – 2 – 7**, **A – 7 -6** y **A – 2 – 6**. Estos materiales se encuentran por debajo de la capa de sub-rasante con los mismos valores descritos en los suelos del primer estrato.

Para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se realizó la secuencia estratigráfica del sitio en estudio. **(Ver en Anexo N° 6 del Capítulo II, pág. X).**

2.3. Resultados de Ensayes a Muestras de Fuentes de Materiales.

Se tomaron muestras de tres (3) Bancos de Préstamo, los cuales son los siguientes:

Tabla N°2: Banco de materiales.

No. Del Banco	UBICACIÓN	PROCEDENCIA	VOLUMEN EXPLOTABLE (m³)
1	Km 137 carretera a Sebaco	Banco La Guanabana	18,000
2	Predios de la Escuela de Agricultura	Banco Los Chilamates	25,200
3	(1+ 200)	Banco Las Pintadas	38,400

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

Tabla N°3: Dimensiones de los bancos de materiales.

Dimensiones en metros (largo x alto x ancho)	
Banco # 1	60x10x30
Banco # 2	75x12x28
Banco # 3	80x20x24

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

Tabla N°4: Características de los Bancos de materiales.

No. Del Banco	% que pasa por tamiz									L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION AASHTO	CBR a Compactación		
	2"	1½"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200				90%	95%	100%
Banco # 1	100	99	91	84	77	68	62	43	31	37	9	A-2-4 (o)	27	78	97
Banco # 2			100	84	70	48	14	7	2	..	NP	A-1-a (o)	34	82	100
Banco # 3	100	88	84	77	68	61	47	28	13	40	9	A-2-5 (o)	30	67	89
Observaciones: L.L= Limite Liquido, I.P= Indice de Plasticidad															

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

2.3.1. Consideraciones para elección del banco a utilizar.

2.3.1.1. Consideraciones para la Sub-Base.

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

Tabla N° 5: Especificaciones de los materiales para la Sub – base.

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

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

2.3.1.2. Consideraciones para la Base.

Esta es la capa que se encuentra colocada por debajo de la carpeta de rodamiento, por lo que su ubicación muy cercana a la aplicación de las cargas se requiere materiales de gran calidad y resistencia.

Por lo tanto, los módulos de elasticidad de estas capas son altos para poder absorber gran parte de los esfuerzos y distribuirlos a las capas inferiores en una magnitud tal que estos esfuerzos puedan ser resistidos por los materiales de menor calidad como lo es la capa de sub-base y de sub-rasante. Por lo tanto deben de cumplir las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 6: Especificaciones de materiales empleados en una base granular.

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Límite plástico	6% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	80% Mín.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% Máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

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

2.4. Banco de materiales a utilizar.

De acuerdo a los resultados obtenidos se considerará utilizar como fuente de materiales para capa de base granular el Banco Los Chilamates (Banco # 2), debido a que su granulometría y resistencia (CBR) se ajusta a lo establecido en la sección II del Artículo-1003.23 de la NIC-2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado. **(Ver Anexos N° 8.3 y N° 8.4 del Capítulo II, pág. XII).**

El Banco de Materiales está conformado por materiales granulares de clasificación (A-1-a) con índice de grupo 0. **(Ver Anexos N° 8.1 del Capítulo II, pág. XII).** Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza de bueno para ser utilizado como material de base y sub-base en estructuras de pavimento.

El ensaye de CBR para el banco de materiales con suelo (A-1-a) al 95% es de 82%, **(Ver Anexos N° 8.1 del Capítulo II, pág. XII)**, el cual cumple las condiciones establecidas según las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC–2000).

2.5. CBR de Diseño.

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio): Ensayo de Relación de Soporte de California, mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para sub rasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad, y esta normado por la ASTM-D1883 y por la AASTHO T-193. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

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

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

Tabla N°7: Especificaciones para terraplenes y materiales para sub-rasante

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

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

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

Tomando en cuenta que el ESAL's es **de 266,216.00** por tanto para nuestro diseño utilizaremos un percentil de 75%, tal y como se indica en la tabla N°8.

Tabla N°8: Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño.

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

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

En la siguiente tabla se muestra la acumulación de los valores de CBR de diseño del material existente en la sub rasante, la cual se consideró que está a una profundidad de 20 cm, ya que es donde se encuentra un estrato de suelo más uniforme, y de esta manera se compensa el espesor que tendrá la estructura de pavimento articulado.

Tabla N°9: Valores de CBR Predominantes.

CBR	Cantidad de valores iguales o mayores	Frecuencia	%
5	31	7	100.00%
6	24	3	77.42%
7	21	2	67.74%
8	19	1	61.29%
15	18	9	58.06%
17	9	1	29.03%
18	8	1	25.81%
21	7	1	22.58%
22	6	1	19.35%
23	5	1	16.13%
25	4	2	12.90%
28	2	1	6.45%
30	1	1	3.23%

Fuente: Elaboración Propia.

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

Al trazar tangente sobre el valor percentil de 75 % obtenemos el CBR de diseño para la sub-rasante igual a 6.2%. **(Ver Anexo N°7 del Capítulo II, pág. XI)**. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1 Generalidades.

En este capítulo se realiza la proyección del tráfico actual de la vía, el tránsito posiblemente es la variable más importante para el diseño de una vía, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento y de esta manera poder calcular los espesores de pavimento.

Dependiendo de los resultados que exprese este estudio, se proyectarán los niveles de servicio que deberá ofrecer el tramo en análisis para su período de diseño.

Para la correcta elaboración de este capítulo se dividió en tres etapas:

- ✓ Recopilación de datos.
- ✓ Procesamiento de información.
- ✓ Análisis de la información obtenida.

3.2. Recopilación de datos.

Los datos de Tráfico Promedio Diario Anual, así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, serán obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete.

La estación de Conteo Vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el tráfico en ambos sentidos de la vía. Se eligió la estación 0+163 (Avenida 5) frente el supermercado PALI-El Rosario. **(Ver Anexo N° 9 del Capítulo III, pág. XIII).**

El aforo se realizó de siete días de duración, comenzando la actividad a partir del día lunes 2 de noviembre del 2015 y concluyendo esta actividad el día Domingo 8 de noviembre del 2015, realizando el conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas continuas entre las 06:00 horas y las 18:00 horas.

.Para realizar el aforo, se utilizó el Formato mostrado en el **Anexo N° 10 del Capítulo III, pág. XIV.**

En el **Anexo N° 11 del Capítulo III, pág. XIV**, se muestran los Resultados del Censo y Clasificación por Día (12.0 horas), del Barrio 16 de Julio, casco urbano de Estelí, son los presentados a continuación:

3.2.1. Tipos de vehículos.

Para el levantamiento de la información de campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, en nuestro país actualmente hay una gran variedad de vehículos, en total el MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías.

3.2.1.1. Motocicletas.

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, en esta categoría incluyen scooter, motonetas, motonetas y otros triciclos a motor.

3.2.1.2. Vehículos Livianos.

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups y Jeep.

3.2.1.3. Vehículos Pesados de Pasajeros.

Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros) y Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.

3.2.1.4. Vehículos Pesados de Carga.

Son los vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C2R2) y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los

tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales, tales como agrícolas y de construcción.

El **Anexo N° 13 del Capítulo II, pág. XIX**, presenta la Tipología y Descripción Vehicular.

3.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles. **(Ver Anexos N° 17 y N° 18 del Capítulo III, pág. XXI, XXII).**

3.3. Procesamiento de información.

3.3.1. Tránsito promedio diario.

Es el tránsito total registrado por día, dividido por los siete días de la semana del conteo realizado en la estación supermercado PALI-El Rosario, se determina el tránsito promedio diario por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{TPDiurno} = \frac{\sum \text{TDiurno}}{7} \quad [\text{Ecuación N° 1}]$$

Donde:

TPDiurno = Tránsito promedio diario.

$\sum \text{TDi}$ = Suma de Tránsito diario.

Tabla N°10: Transito Promedio Diurno semanal para cada tipo de vehículo.

Estación: (Pali El Rosario)																	
Día	Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. de Carga									
		Autos	Jeep	Ctas	Mbus	MB >15 p	Bus	C2 Liv	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	Tx5x <=4e	T352	T353	Otros
Lunes	191	98	21	50	18	8	5	43	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Martes	185	74	4	65	14	7	3	28	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Miércoles	181	52	7	71	11	3	7	43	3	4	0	0	0	0	0	0	0
Jueves	163	45	18	70	4	4	3	18	9	0	0	0	0	0	0	0	0
Viernes	140	103	6	77	7	9	4	26	5	4	0	0	0	0	0	0	0
Sábado	108	68	4	80	4	6	7	32	7	4	0	0	0	0	0	0	0
Domingo	109	43	2	60	3	2	2	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1077	483	62	473	61	39	31	201	41	12	0	0	0	0	0	0	0
TPDiurno semanal	154	69	9	68	9	6	4	29	6	2	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.2. Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

El tránsito promedio diario anual, representa el promedio de los volúmenes diarios de tránsito durante un año en una sección dada de una vía, para fines de diseño se calcula a través de la ecuación:

$$\text{TPDA} = \text{TD}_{12\text{H}} * \text{FD} * \text{FT} \quad [\text{Ecuación N° 2}]$$

Donde:

TD₁₂: Tráfico Diario 12 horas

Fd: Factor día

Ft: Factor temporada

Apoyados en el anuario estadístico del MTI del año 2014, se emplearon los factores de expansión (Fd, Ft) del tercer cuatrimestre de la estación 107 perteneciente al tramo Sébaco - Empalme San Isidro por ser una de la más próxima al tramo en estudio considerándose como representativa de las condiciones existentes en el mismo. Los factores a utilizar se reflejan en el **Anexo N° 16 del Capítulo III. pág. XX.**

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) correspondiente al tramo fue de 436 vehículos por día, tal como se muestra en la Tabla N° 11.

TablaN°11: Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

Tipo de Vehículo/ Factor	Moto	Carro	Jeep	Ctas	MicBus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2	C3	TOTAL
Factor Día (12h diurnas a 24h)	1.22	1.28	1.33	1.26	1.29	1.21	1.17	1.34	1.48	1.45	
Factor Ajuste	0.91	1.22	0.91	0.95	1.00	1.03	0.97	0.88	0.95	0.84	
TPDiurno	154	69	7	68	9	6	4	29	6	2	354
TPDA	171	108	8	81	12	7	5	34	8	2	436
% TPDA	39.2%	24.8%	1.8%	18.6%	2.8%	1.6%	1.1%	7.8%	1.8%	0.5%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

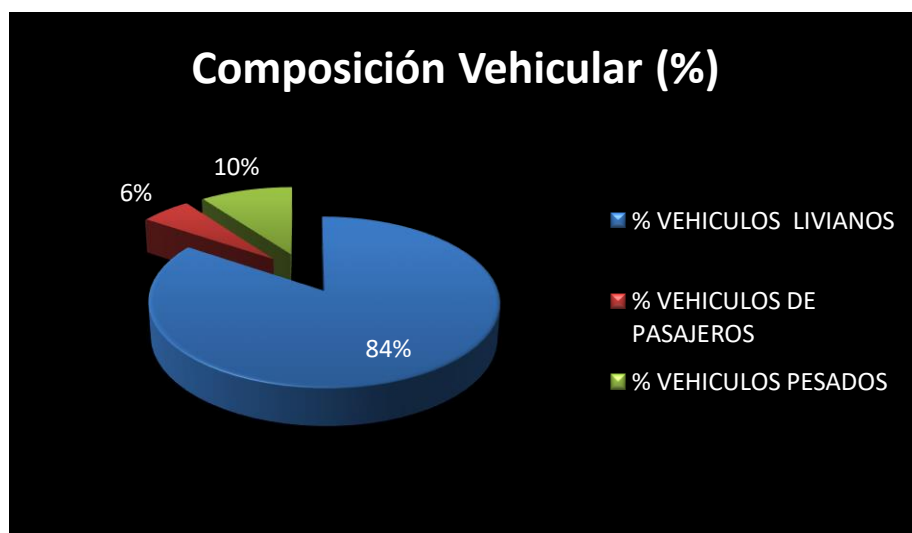
TablaN°12: Composición del Tráfico del Barrio.

Composición del Tráfico		
% vehículos livianos	% vehículos de pasajeros	% vehículos de carga
84.4%	5.5 %	10.1%

Fuente: Elaboración Propia.

La composición del tráfico indica que los vehículos livianos son los más predominantes con el 84.4% del tráfico total de los cuales las motos representan el 39.2%, le siguen los vehículos de carga con el 10.1% y por último los vehículos de pasajeros con un 5.5% del tráfico. **(Ver Figura N° 1).**

Figura N° 1: Composición Vehicular Promedio.



Fuente: Elaboración Propia.

3.3.3. Tasas de crecimiento.

Para estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito de la vía en estudio se analizaron las siguientes variables: PIB (Producto Interno Bruto), tasa de crecimiento poblacional y el historial del tránsito en la zona según datos del Anuario 2014 del MTI.

Las tasas de crecimiento interanual se calculan usando la siguiente ecuación:

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100 \quad \text{[Ecuación N° 3]}$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n-1: Año anterior.

3.3.3.1. Estación de Mayor Cobertura 107.

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.

El Anuario 2014 del MTI nos brinda el listado histórico del tránsito en la zona de la estación 107 perteneciente al tramo Sébaco - Empalme San Isidro de los últimos 18 años desde 1996 hasta el 2014. En nuestro caso se analizaron los registros de los últimos 13 años, perteneciente al periodo 2002-2014. **(Ver Anexo N° 15 del Capítulo III. pág. XXI).**

Para la estación 107 el promedio del 2002 al 2014 es de 4125 de vehículos al año, con una tasa de crecimiento promedio de 4.28%, los datos utilizados se muestran en la Tabla N°13.

TablaNº13: Listado Histórico de TPDA de la Estación 107.

Año	TPDA	TAC
2002	3272	
2003	3428	4.77
2004	3622	5.66
2005	3405	-5.99
2006	3849	13.04
2007	3853	0.10
2008	4092	6.20
2009	4101	0.22
2010	4334	5.68
2011	4517	4.22
2012	4843	7.22
2013	4954	2.29
2014	5350	7.99
Promedio	4125	4.28

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2014.

3.3.3.2. Producto Interno Bruto.

Esta variable es el valor de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de una nación en un período. El PIB se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación, durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo.

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del PIB de los últimos 13 años. **(Ver Indicadores Macroeconómicos en Anexo N° 12 del Capítulo III, pág. XVIII).**

Las tasas de crecimiento del PIB interanual se calcularon usando la **(Ecuación N°3)**. El PIB promedio del 2002 al 2014 es de 7706 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 9.8%, los datos a utilizar se muestran en la Tabla N° 14.

Tabla N° 14: PIB Nicaragua 2008 – 2014.

Año	TPDA	PIB (millones \$)	TAC
2002	3272	4,026.0	
2003	3428	4,101.5	1.88
2004	3622	4,464.7	8.86
2005	3405	4,872.0	9.12
2006	3849	6,786.3	39.29
2007	3853	7,446.6	9.73
2008	4092	8491.4	14.03
2009	4101	8380.7	-1.30
2010	4334	8741.3	4.30
2011	4517	9755.6	11.60
2012	4843	10460.9	7.23
2013	4954	10850.7	3.73
2014	5350	11805.6	8.80
Promedio	4125	7706	9.8

Fuente: Indicadores macroeconómicos. Banco Central de Nicaragua, informe anual 2014.

3.3.3.3. Tasa de Crecimiento Poblacional.

Es el cambio en la población en un cierto plazo y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando tiempo por unidad para su medición. La tasa de crecimiento poblacional se analiza con base a los resultados del Censo Nacional de Población 2011 y publicadas por el Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE).

Las tasas de crecimiento poblacional interanual se calcularon usando la **(Ecuación N°3)**. A partir del año base 2002 al año 2014, se obtuvo el promedio poblacional de Nicaragua (2002-2014), de 5,728 millones de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.40%.

La Tabla N° 15 muestra las tasas de crecimiento poblacional interanual calculadas:

Tabla N° 15: Crecimiento Poblacional de Nicaragua 2008 – 2014.

Año	TPDA	Población (miles)	TAC
2002	3272	5,244.7	
2003	3428	5,312.7	1.30
2004	3622	5,380.5	1.28
2005	3405	5,450.4	1.30
2006	3849	5,522.6	1.32
2007	3853	5595.5	1.32
2008	4092	5778.8	3.28
2009	4101	5850.5	1.24
2010	4334	5923.1	1.24
2011	4517	5996.6	1.24
2012	4843	6071.0	1.24
2013	4954	6134.3	1.04
2014	5350	6198.2	1.04
Promedio	4125	5728	1.40

Fuente: Indicadores macroeconómicos. Banco Central de Nicaragua, informe anual 2014.

3.3.4. Proyección de tráfico.

Las series históricas de los volúmenes de tránsito de la carretera y datos recopilados de estudios de tráfico realizados en diferentes corredores viales del país, servirán como base de las proyecciones junto al análisis de otras variables, tales como: Plan Nacional de Desarrollo económico, Datos poblacionales, pronósticos de crecimiento y el crecimiento económico como consecuencia del Proyecto.

3.3.4.1 Correlaciones Estación 107.

Para realizar las correlaciones es preciso tener los registros históricos del Producto Interno Bruto (PIB), Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y Población.

Las tablas N° 16 y N° 18 se muestra los datos utilizados para la correlación del PIB vs. TPDA y de la Población vs. TPDA, en el período 2002 – 2014 y la representación gráfica con la ecuación de correlación en las figuras N° 2 y N° 3.

Tabla N° 16: Correlación PIB Vs. TPDA (Estación N° 107).

Año	TPDA	PIB (millones \$)	LN TPDA	LN PIB
2002	3272	4,026.0	8.09	8.30
2003	3428	4,101.5	8.14	8.32
2004	3622	4,464.7	8.19	8.40
2005	3405	4,872.0	8.13	8.49
2006	3849	6,786.3	8.26	8.82
2007	3853	7,446.6	8.26	8.92
2008	4092	8491.4	8.32	9.05
2009	4101	8380.7	8.32	9.03
2010	4334	8741.3	8.37	9.08
2011	4517	9755.6	8.42	9.19
2012	4843	10460.9	8.49	9.26
2013	4954	10850.7	8.51	9.29
2014	5350	11805.6	8.58	9.38

Fuente: Elaboración propia.

Al establecer relación los resultados son:

Tabla N° 17: TPDA-PIB vs. LN TPDA-LN PIB.

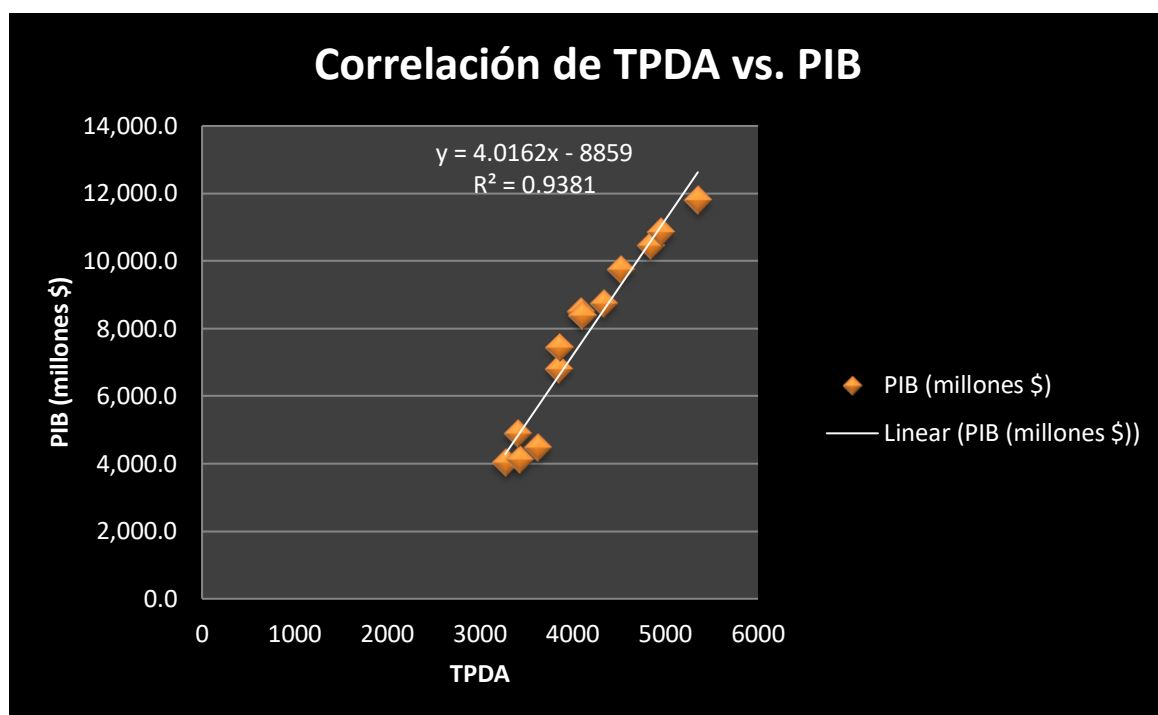
	Ecuación	Correlación	
TPDA - PIB	$y = 4.016x - 8859$	$R^2 = 0.938$	R² es mayor
LN TPDA - LN PIB	$y = 2.357x - 10.71$	$R^2 = 0.900$	

Fuente: Elaboración propia.

La correlación de las variables genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0.938, lo cual nos permite hacer uso de éstas, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos de transportes que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

Donde los datos utilizados pueden ser explicados por esta ecuación $y = 4.016x - 8859$, donde X es el año respectivo y 4.016 es su elasticidad, el cual es coeficiente constante de la ecuación.

Figura N°2: Correlación de TPDA vs.PIB.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 18: Correlación TPDA Vs. POB.

Año	TPDA	Población (miles)	LN TPDA	LN Pob.
2002	3272	5,244.7	8.09	8.56
2003	3428	5,312.7	8.14	8.58
2004	3622	5,380.5	8.19	8.59
2005	3405	5,450.4	8.13	8.60
2006	3849	5,522.6	8.26	8.62
2007	3853	5595.5	8.26	8.63
2008	4092	5778.8	8.32	8.66
2009	4101	5850.5	8.32	8.67
2010	4334	5923.1	8.37	8.69
2011	4517	5996.6	8.42	8.70
2012	4843	6071.0	8.49	8.71
2013	4954	6134.3	8.51	8.72
2014	5350	6198.2	8.58	8.73

Fuente: Elaboración propia.

Al establecer relación los resultados son:

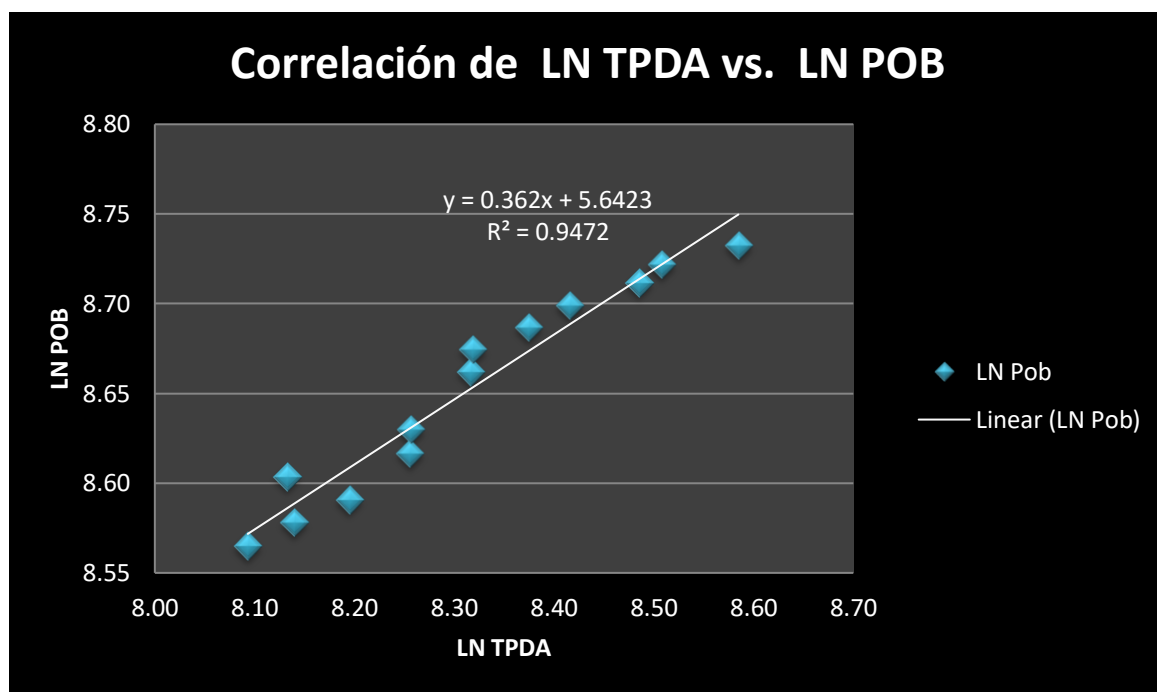
Tabla N° 19: TPDA-POB vs. LN TPDA-LN POB.

	Ecuación	Correlación	
TPDA - POB	$y = 0.490x + 3705$	$R^2 = 0.934$	
LN TPDA - LN POB	$y = 0.362x + 5.642$	$R^2 = 0.947$	R² es mayor

Fuente: Elaboración propia

La correlación de las variables genera un R^2 igual a 0.947, lo cual nos permite hacer uso de éstas, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de pesados de pasajeros, que son los vehículos de transporte que mueven la mayor cantidad de población hacia los diferentes destinos (laborales, compras, estudios y de otras índoles).

Figura N° 3: Correlación de LN TPDA vs LN POB.



Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.2. Tasas de crecimiento.

A partir de estas series históricas, se procede a calcular la tasa de crecimiento para cada variable aplicando la siguiente expresión matemática:

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100 \quad [\text{Ecuación N° 4}]$$

Dónde:

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Anual.

TPDA_o: Tráfico Promedio Diario Anual del año base.

N: La diferencia de años.

Las tasas de crecimiento calculadas son:

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{5,350}{3,272} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{3.85\%}$$

$$TC_{PIB} = \left[\left(\frac{1,1805.6}{4026.0} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{8.63\%}$$

$$TC_{POB} = \left[\left(\frac{6,198.2}{5,244.7} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{1.29\%}$$

Obteniendo los resultados de la tabla siguiente.

Tabla N° 20: Tasas de crecimiento del PIB, TPDA y Población.

Tasas de Crecimiento		
PIB	TPDA	Población
8.63%	3.85%	1.29%

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.3. Tasas de crecimiento afectadas por las elasticidades.

Para conocer el valor de las tasas de crecimiento promedio deben afectarse por las elasticidades correspondientes, en este caso, PIB, TPDA y Población de la siguiente manera:

$$TC = TC * Elasticidad \text{ [Ecuación N° 5]}$$

Las elasticidades son los coeficientes constantes que se muestran en cada uno de los gráficos (**Figura N°1 y N°2**) las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla N° 21: Elasticidades resultantes de las correlaciones.

Correlación	Elasticidad
TPDA - PIB	4.016
TPDA – POB.	0.362

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Producto Interno Bruto:** para conocer el valor de tasa de crecimiento promedio para el producto interno bruto se obtiene mediante la **ecuación N°5**, resultando una tasa de 34.65%.

$$TC = 8.63 \% * 4.016 = \mathbf{34.65\%}$$

- ✓ **Para la población:** aplicando el modelo matemático expresado en la **ecuación N°5**, la cual permite conocer una tasa de 0.47% para el crecimiento poblacional.

$$TC = 1.29 \% * 0.362 = \mathbf{0.47\%}$$

3.4. Análisis de la información obtenida.

A nuestro criterio se decidió utilizar la tasa de crecimiento vehicular de 3.85% para todo el tráfico, a consecuencia de que las tasas de crecimiento afectadas por la elasticidad para carga y pasajeros son muy alta de 34.65% y bajas de 0.47% respectivamente.

Tabla N° 22: Tasa de crecimiento a utilizar.

Ecuación	TPDA
TC	3.85%

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1. Análisis de la tasa de crecimiento a utilizar.

Se utilizará una Tasa Anual de Crecimiento (TAC) del 3.85%, la cual se considera como tasa de crecimiento estable y conservadora dentro de la economía del país en vías de desarrollo y considerando el crecimiento del producto interno bruto (PIB), el crecimiento poblacional, vehicular del tramo en estudio y las condiciones actuales que está viviendo nuestro país.

3.5. Tráfico de diseño.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará el 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 Diurno (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (f_c). Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_D = TPDA * F_C * F_D * f_c * 365 \quad [\text{Ecuación N° 6}]$$

Dónde:

T_D : Tránsito de diseño.

TPDA: Tránsito promedio diario del año base.

FC: Factor crecimiento.

F_D : Factor de distribución.

f_c : Factor Carril.

365: Constante equivalente a la estimación de los 365 días del año.

3.5.1. Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera características del pavimento evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo seleccionado, a un costo razonable.

De acuerdo a las características geométricas de la vía y al volumen actual de tránsito que circula por ella, elegimos 15 años para el período de diseño, ya que tenemos un TPDA de 436 vehículos por día, considerado como bajo volumen de tránsito, tal como se muestra en la Tabla N° 23.

Tabla N° 23: Período de Diseño.

Tipo de carretera	Período de Diseño
Gran volumen de Transito Urbano	30 – 50 años
Gran volumen de Transito Rural	20– 50 años
Bajo volumen pavimentado	15– 25 años

Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO-93

3.5.2. Factor de Crecimiento (FC).

Este se obtiene a partir del período de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente ecuación:

Tasa de crecimiento TPDA: 3.85%

Periodo de diseño: 15 años

$$FC = \frac{[(1+i)^n - 1]}{i} \quad [\text{Ecuación N° 7}]$$

$$FC = \frac{[(1 + 0.0385)^{15} - 1]}{0.0385} = 19.80$$

Dónde:

FC= Factor de Crecimiento.

Tc= Tasa de Crecimiento considerada en decimales.

n= Período de Diseño considerado.

Reemplazando los valores en la ecuación N° 7, obtiene un valor de 19.80 para el Factor crecimiento.

3.5.3. Factor Distribución Por Dirección (FD).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, para un camino de 2 carriles por lo general es 0.5 debido a que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos, aunque hay casos en que puede ser mayor en una dirección que en otra.

En este caso se trabajó con un factor direccional de 50%, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección; y la otra mitad va en otra dirección tal y como se muestra en la tabla N°24.

Tabla N°24: Factor de Distribución por Dirección

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

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO-93.

3.5.4. Factor Carril.

Es preciso tener en cuenta que para efectos de dimensiones de un pavimento importa el número mayor de ESAL que pasa sobre un carril, al cual se le denomina carril de diseño. Los valores para el factor carril son: 1.0 para análisis de un carril por dirección, que es el caso de nuestro tramo en análisis, tal y como se muestra en la tabla N° 25.

Tabla N°25: Factor de Distribución por Dirección

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

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO-93.

3.5.5. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Se define en función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. Se recomienda una $Po=4.2$, para pavimento flexible, y una $po=4.5$ para pavimentos rígidos, según el Manual Diseño de Pavimentos AASTHO-93 (capítulo 8.2.5 pp.172)

En el Diseño de la Estructura de Pavimento Articulado del Barrio 16 de Julio se trabajó con un valor igual a:

$$Po = 4.2$$

3.5.6. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario 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:

Según el manual SIECA para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de $pt = 1.8 - 2.0$. Además, considerando que la AASHTO 93 (cap. 8.2.5 pp. 172) recomienda $Pt = 2.0$ para caminos de tránsito menor.

En el Diseño de la Estructura de Pavimento Semiflexible del Barrio 16 de Julio se trabajó con un valor de:

$$Pt = 2.0.$$

3.5.7. 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:

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t \quad [\text{Ecuación N}^\circ 8]$$

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

$$\Delta\text{PSI} = 4.2 - 2$$

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

3.5.8. Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. El SN es utilizado para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño se considera un valor SN= 5.

3.5.9. Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene de las tablas de la AASHTO 93 para ejes sencillos, dobles y triples. Conociendo la serviciabilidad final y el número estructural asumido (SN). Se utilizó una serviciabilidad final de $P_t = 2$ para ejes sencillos y dobles, asumiendo un número estructural SN = 5.

Este valor se determina con las tablas de la AASHTO – 93, si los pesos de los ejes no se encuentran en estas tablas se deben interpolar. **(Ver Anexo N° 19 del capítulo III, pág. XXIII)**, para ejes sencillos. **(Ver anexos N° 20 del capítulo III, pág. XXIV)**, para ejes dobles.

Para Interpolar dichos valores en este caso se utilizó aplicando la ecuación N°9.

$$y_x = y_0 \frac{x-x_0}{x_1-x_0} (y_1 - y_0) \quad [\text{Ecuación N}^\circ 9]$$

Los resultados de la interpolación para obtener el FESAL se muestran en el **Anexo N° 21 del capítulo III, pág. XXV.**

En la tabla N° 26 se muestra el cálculo del tránsito de diseño por tipo de vehículo necesario para el cálculo de ESAL's aplicando la ecuación N° 6.

Tabla N°26: Transito de diseño para el cálculo del ESAL's.

<i>Tipo de vehículos</i>	<i>Transito Actual (2015)</i>	<i>F.C.</i>	<i>Días del año</i>	<i>Tránsito de diseño</i>	<i>Factor por carril (Fc)</i>	<i>Factor de Dirección (Fs)</i>	<i>Tránsito para el carril de diseño</i>
Carro	108	19.80	365	780,516.00	0.50	1.00	390,258.00
Jeep	8	19.80	365	57,816.00	0.50	1.00	28,908.00
Camioneta	81	19.80	365	585,387.00	0.50	1.00	292,693.50
MicBus	12	19.80	365	86,724.00	0.50	1.00	43,362.00
MB >15 P	7	19.80	365	50,589.00	0.50	1.00	25,294.50
Bus	5	19.80	365	36,135.00	0.50	1.00	18,067.50
C2 Liviano	35	19.80	365	245,718.00	0.50	1.00	122,859.00
C2	7	19.80	365	50,589.00	0.50	1.00	25,294.50
C3	2	19.80	365	14,454.00	0.50	1.00	7,227.00
Total							953,964.00

Fuente: Elaboración propia.

En este cuadro se muestra el tráfico proyectado el cual corresponde a **953,964.00** Vehículos proyectados para el año 2030.

3.6. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

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

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} \cdot \text{FESAL} \quad [\text{Ecuación N}^\circ 10]$$

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 realizó la determinación de los Ejes equivalente (ESAL's), aplicando la ecuación N° 10, obteniendo así un ESAL'S de 269,216.00, el que se muestran en la tabla N° 27.

Tabla N°27: Cálculo de ESAL's del carril de diseño.

<i>Tipo de vehículos</i>	<i>Peso X eje(Ton.met)</i>	<i>Peso X eje (Kíps)</i>	<i>Tipo de eje</i>	<i>To. 2015</i>	<i>TD</i>	<i>TD corregido</i>	<i>Factor ESAL</i>	<i>ESAL´S de diseño</i>
Autos	1.00	2.20	Simple	108	390,258.00	390,258	0.00038	148
	1.00	2.20	Simple				0.00038	148
Jeep	1.00	2.20	Simple	8	28,908.00	28,908	0.00038	11
	1.00	2.20	Simple				0.00038	11
Camionetas	1.00	2.20	Simple	81	292,693.50	292,694	0.00038	111
	2.00	4.40	Simple				0.0034	995
MicBus	2.00	4.40	Simple	12	43,362.00	43,362	0.0034	147.5
	4.00	8.80	Simple				0.0502	2177
MB >15 P	4.00	8.80	Simple	7	25,294.50	25,295	0.0502	1270
	8.00	17.60	Simple				0.9206	23287
Bus	5.00	11.00	Simple	5	18,067.50	18,068	0.1265	2286
	10.00	22.00	Simple				2.35	42460
C2 Liviano	4.00	8.80	Simple	35	122,859.00	122,859	0.0502	6168
	8.00	17.60	Simple				0.9206	113104
C2	5.00	11.00	Simple	7	25,294.50	25,295	0.1265	3200
	10.00	22.00	Simple				2.35	59443
C3	5.00	11.00	Simple	2	7,227.00	7,227	0.1265	914
	16.50	36.30	Doble				1.43	10335
					Total ESAL´S de diseño(W18)			266,216

Fuente: Elaboración propia.

Para el Diseño de la carretera en estudio se obtuvo un número de repeticiones por eje equivalente (ESAL's) de:

$$\text{ESAL's o W18} = 2.70 \cdot 10^5$$

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1. Generalidades.

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

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

4.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93:

4.2.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes.

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

Al realizar el estudio de tráfico, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito, luego dichos volúmenes se proyectan a un período de diseño en concordancia a una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales de la zona, el proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), posteriormente se afecta este tránsito de diseño por un factor de equivalencia de carga, la sumatoria de todos los procesos anteriores para cada vehículo clasificado se denomina ESAL de diseño. En el tramo en estudio, el ESAL de diseño es 266,216.00.

Es importante destacar que los espesores mínimos para bases granulares en función de los ESAL se indican en la Tabla N°28.

Tabla N°28: Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular.

Numero de ESAL´s	Espesor mínimo (cm)	
	Concreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	2.5	10
50,000 - 150,000	5	10
150,000 - 500,000	6.5	10
500,000 - 2,000,000	7.5	15
2,000,000 - 7,000,000	9	15
Más de 7,000,000	10	15

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

4.2.2. Confiabilidad.

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

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

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%**, que corresponde a un valor recomendado para una Carretera Colectora suburbana lo cual se muestra en la tabla N°29. Esta confiabilidad seleccionada de acuerdo al grado funcional del tipo de la carretera presenta una desviación **Zr** de **-0.841**, lo cual se muestra en la tabla N°30.

Tabla N°29: Niveles de Confiabilidad R en función del tipo de carretera.

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

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004.

Tabla N°30: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.

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

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

4.2.3. Desviación estándar.

La desviación estándar Aplicada en este modelo, se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo.

Para la estimación de la desviación estándar, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito.

Tabla N°31: Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio.

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

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

4.2.4. Serviciabilidad.

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

La forma más sencilla para determinar la pérdida de serviciabilidad se muestra en el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Tabla N°32: Factores de Serviciabilidad.

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

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

4.2.5. Coeficiente de drenaje.

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

La AASHTO 93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de los miembros de los

paquetes estructurales, la forma de consideración de los coeficientes se demuestran en la tabla N°33.

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

Tabla N°33: Capacidad del drenaje para remover la humedad.

Capacidad del drenaje para remover la humedad				
Calidad del drenaje	Aguas removidas en:			
	50% de saturación		85% de saturación	
Excelente	2 horas		2 horas	
Bueno	1 día		2 a 5 horas	
Regular	1 semana		5 a 10 horas	
Pobre	1 mes		De 10 a 15 horas	
Malo	No drena		Mayor de 15 horas	
Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

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

4.2.6. Cálculo del CBR de diseño.

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño del Barrio 16 de Julio, Estelí es de 6.2%. Este se obtuvo con un percentil de 75%. **(Ver anexo N° 7 del capítulo II, pág. XI).**

4.2.7. Módulo de Resiliencia (MR).

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

La guía de diseño de la AASTHO, establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la sub rasante.

Tabla N°34: Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para sub rasante.

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

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

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub rasante de 6.2%, utilizaremos el primer criterio para calcular el Módulo Resiliente de la sub-rasante aplicando la ecuación N° 11, por tanto:

$$Mr = 1,500 * CBR \quad [\text{Ecuación N° 11}]$$

$$Mr = 1,500 * 6.2\%$$

El módulo resiliente de la sub rasante es, **Mr=9,300 psi**

4.2.8. Coeficientes de capa.

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

a₁: Para la carpeta de rodamiento

a₂: Para la base granular

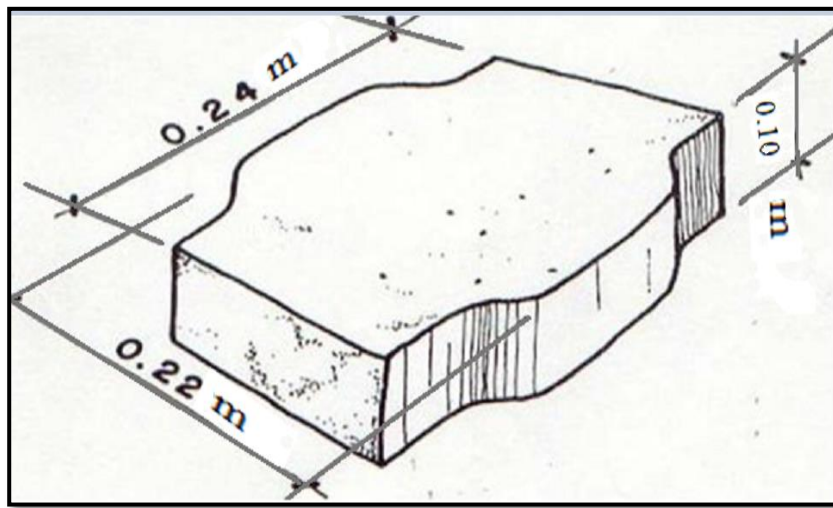
a₃: Para la sub-base.

4.2.8.1. Coeficientes Estructural a_1 .

Se considera el coeficiente de $a_1 = 0.45$ cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

El adoquín a utilizarse será tipo tráfico cuya resistencia será de 4500 PSI, como el que se muestra en la figura N°3.

Figura N° 3: Adoquín típico.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.8.2. Coeficientes Estructural a_2 .

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

El valor de CBR usado para el cálculo de la Base es igual a **82%** que corresponde al Banco de Préstamo #2, de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_2 = 0.134$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de $Mr = 28,400$ PSI. (Ver anexo N°22 del capítulo IV, pág. XXVII).

Debido a que el material para este diseño se extraerá de un solo banco de materiales, no se propone sub- base.

4.2.9. Número Estructural.

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

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa. El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad [\text{Ecuación N}^\circ 12]$$

Donde:

$D_{1,2,3}$ = espesores de capas asfálticas, base y subbase respectivamente en (pulgadas).

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

m_i = coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación. La determinación de este valor también se puede encontrar haciendo uso de ábacos, la única diferencia radica en la precisión. Siendo el nomograma más rápido pero de poca precisión.

4.3. Calculo de Espesores.

El espesor D_1 para nuestro caso está definido, debido que utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto $D_1 = 4$ pulgadas.

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

$$SN_1 = a_1 * D_1 \quad [Ecuación N° 13]$$

$$SN_1 = (0.45) * (4.00)$$

$$SN_1 = 1.8$$

Para el cálculo de SN_2 se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un SN para la sub-rasante de **2.40. (Ver anexo N°23 del capítulo IV, pág. XXVIII).**

4.3.1. Cálculo del espesor de la base (D_2).

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de SN_1 , entonces el valor del coeficiente estructural de la base se obtiene de la siguiente manera:

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 * m_2) \quad [Ecuación N° 14]$$

$$D_2 = (2.40 - 1.8) / (0.134 * 1.00)$$

$$D_2 = 5.00 \text{ pulgadas}$$

Se corrige el número estructural:

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 \quad [Ecuación N° 15]$$

$$SN_2 = (0.134) * (5.00) * (1.00)$$

$$SN_2 = 0.670$$

Comprobación

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_{requerido} \quad [Ecuación N° 16]$$

$$1.8 + 0.670 \geq 2.40$$

$$2.47 \geq 2.40 \text{ O.K}$$

Las 5.00 pulgadas será el espesor que se requiere para que **D2** (Base), resista los esfuerzos que le transmitirá la carpeta de adoquín, comprobando este espesor de acuerdo a la tabla N°35, de espesores mínimos resulta que para el Esal's de diseño de 266,216.00 el espesor mínimo de la base granular es 4 pulgadas (10 centímetros).

Tabla N°35: Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL's	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Concreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 175

4.3.2. Espesores finales de Diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la estructura de pavimento del tramo de carretera del Barrio 16 de Julio, será de 4 pulgadas la carpeta de rodamiento ya que este caso se utilizara adoquín, para todo el tramo en estudio, los espesores detallados son los siguientes:

Tabla N°36: Espesores de Diseño.

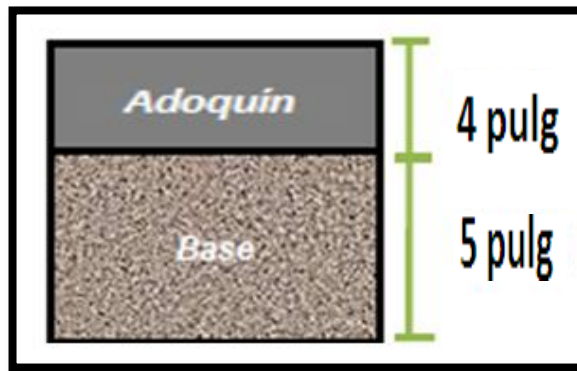
Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de rodamiento(Adoquín)	4	10
Capa de arena	2	5
Base granular	5	13
Espesor Total Requerido	9	23

Fuente: Elaboración propia.

A como se observa en la tabla anterior, al utilizar adoquín como carpeta de rodamiento, el espesor de 5 centímetros de arena no es tomado en cuenta en la

suma total del espesor requerido, dado que se considera que el lecho de arena no tiene ningún aporte estructural. Tal y como se muestra en la figura N° 4 la estructura total es de 9 pulgadas.

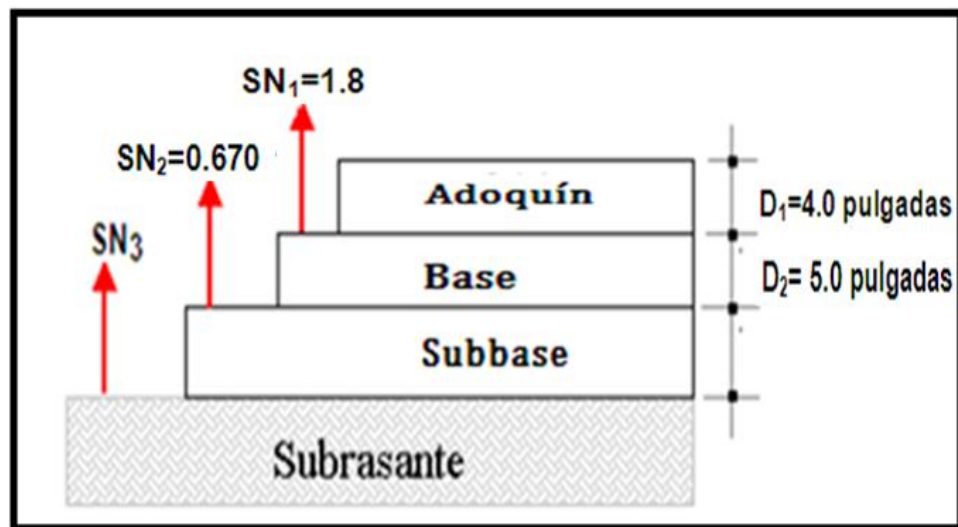
Figura N° 4: Estructura de pavimento.



Fuente: Elaboración propia.

En resumen se ha obtenido como resultado la siguiente estructura de pavimento donde se muestran los valores de SN_1 y SN_2 , además de los espesores D_1 y D_2 .

Figura N° 5: Estructura de pavimento.



Fuente: Elaboración propia.

4.4. Uso del programa WinPAS.

A continuación se muestran en la tabla N°33 los valores de las variables ya conocidas para el diseño de la estructura de pavimento articulado (adoquín), del tramo en estudio:

**Tabla N°33: Resumen de datos para calcular espesores en el programa WinPAS
(Pavement Analysis Software 1.0.4).**

Consideraciones del Diseño AASHTO 93	Valores a utilizar
ESAL de diseño	266,216
Confiabilidad	80%
Valor desviador (Zr)	-0.841
Desviación Estándar (So)	0.45
Serviciabilidad inicial (Po)	4.2
Serviciabilidad Final (Pt)	2.0
ΔPSI	2.2
Coeficiente de drenaje (mi)	1.00
Coeficiente de capa, Adoquín (a_1)	0.45
Coeficiente de capa, Base granular(a_2)	0.134

Fuente: Elaboración propia.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinaron los espesores de las diferentes capas de pavimento utilizando el programa WinPAS. El cual resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño. Al introducir los datos de la tabla N°33 en el software se obtuvieron los resultados que se detallan en el **anexo N°24 del capítulo IV, pág. XXIX**, en los cuales podemos apreciar que los resultados cumplen con el SN requerido y se obtuvo un resultado de:

$$\Sigma SN = 2.47$$

$$SN \text{ requerido} = 2.34.$$

Aplicando el siguiente criterio se puede comprobar el diseño estructural.

$$\Sigma SN \geq SN \text{ requerido}$$

$$2.47 \geq 2.34 \text{ O.K}$$

CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados se ha concluido que:

Para el **Estudio geotécnico** se determinó que los suelos predominantes en la línea son A-2-6 y A-7-6, los cuales no cumplen con las normativas establecidas, por lo tanto se usará el banco de materiales el banco # 2 (Los Chilamates), por ser catalogado como bueno con un valor CBR de 82% al 95% próctor.

Como solo se utilizará un banco de préstamos se propone que la estructura de pavimento esté compuesta por una capa de rodadura de adoquín y una capa base granular que se clasifica dentro del grupo A-1-a con índice de grupo 0, los el cual es un material de buena calidad que cumplen con las especificaciones NIC-2000.

En el **Estudio de tráfico**, se realizó un aforo vehicular de 12 horas durante 7 días (1 semana), del cual se obtuvo un TPDA de 436 vehículo/día. De los cuales se obtuvo una composición vehicular de 84.4% de Vehículos Livianos y un 10.1% de Vehículos Pesados. Para la proyección del tráfico se utilizó una tasa de crecimiento del 3.85%, obtenida mediante las correlaciones del TDPA-PIB, TPDA-Población y utilizando las variables de las tasas de crecimiento históricas de la estación 107.

En el **Diseño de pavimento**, en el tramo en estudio se obtuvo un ESAL'S de 266,216.00 para un periodo de diseño de 15 años, con un CBR de diseño de 6.2%, los espesores resultantes son de 4" para la carpeta de rodamiento (adoquín), y 5" para base granular.

La estructura de pavimento cumplirá a los esfuerzos que será sometido, dado que estos valores cumplen con la normativa de Diseño de pavimentos de la AASHTO 93 en cuanto a espesores mínimos requeridos, todo esto indica que será una estructura de pavimento que satisfaga y soporte la demanda vehicular a proyectarse en este caso a 15 años.

RECOMENDACIONES.

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

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edicion). San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- Ayllón Acosta, J. (2004). Guia de pavimentos de concreto Asfaltico. Cochabamba Bolivia: Cochabamba.
- Fonseca, A. M. (2011). Ingenieria de Pavimentos para Carreteras 2da.
- Hernandez, M. I. (2011). Ingenieria de Trafico. Esteli: Universidad Nacional de Ingeniria (UNI-RUACS).
- Hoel, N. J. (2005). Ingeniería de Tránsito y carreteras. Mexico: International Thomson Editores, S.A. de C.V.
- MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.
- MTI. (2014). Anuario de Aforos de Tráfico . Managua.
- NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.
- SIECA. (2004). Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.
- Villalaz, C. (1976-1980). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Monterrey - México: Limusa Noriega Editores.

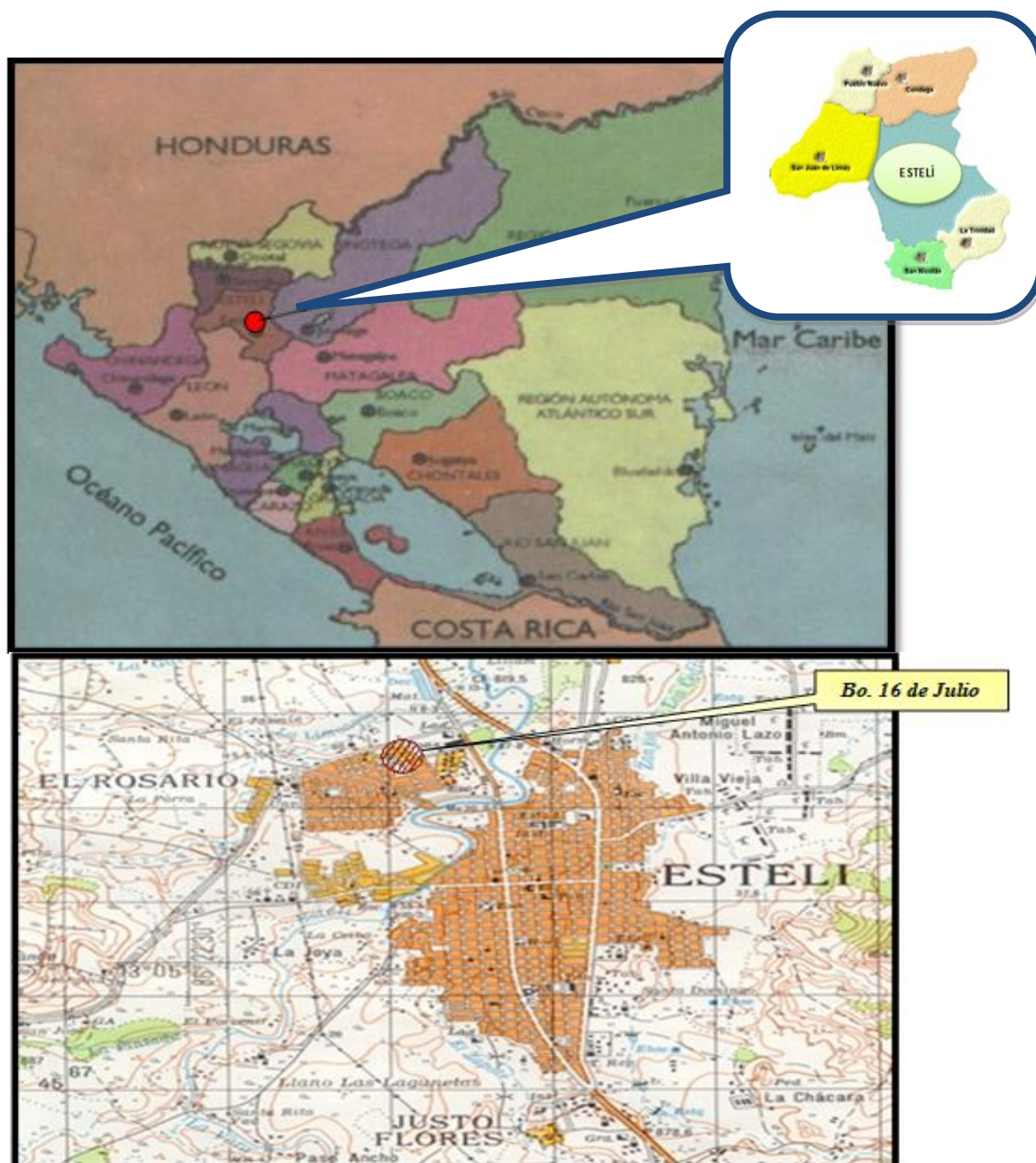
ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO I: GENERALIDADES

Anexo N° 1: Localización del Proyecto.

Anexo N°1.1: macro localización.

El proyecto se encuentra localizado al norte de Nicaragua, en el departamento de Estelí.



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano 2005-2015 de la Alcaldía municipal de Estelí.

Anexo N° 1.2: Micro localización.



Fuente: Google Earth.

NOTA IMPORTANTE

- En la ciudad de Estelí las Avenidas van en sentido Norte – Sur, distribuidas al Este y al Oeste de la Avenida central.
- Por su parte las calles están en sentido Este – Oeste y distribuidas al Norte y al Sur de la calle Transversal.

Fuente: Planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Anexo N° 2: Fotos del Barrio en estudio.

Anexo N° 2.1: Situación actual de la Avenida 5 entre las Est. 0+142.77 y 0+163.



Fuente: propia.

Anexo N° 2.2: Mal drenaje pluvial de la Avenida 5 entre las Est. 0+142.77 y 0+163.



Fuente: propia.

Anexo N° 2.3: Acceso a la Avenida 5 entre las Estación 0+183.16 y 0+203.13.



Fuente: propia.

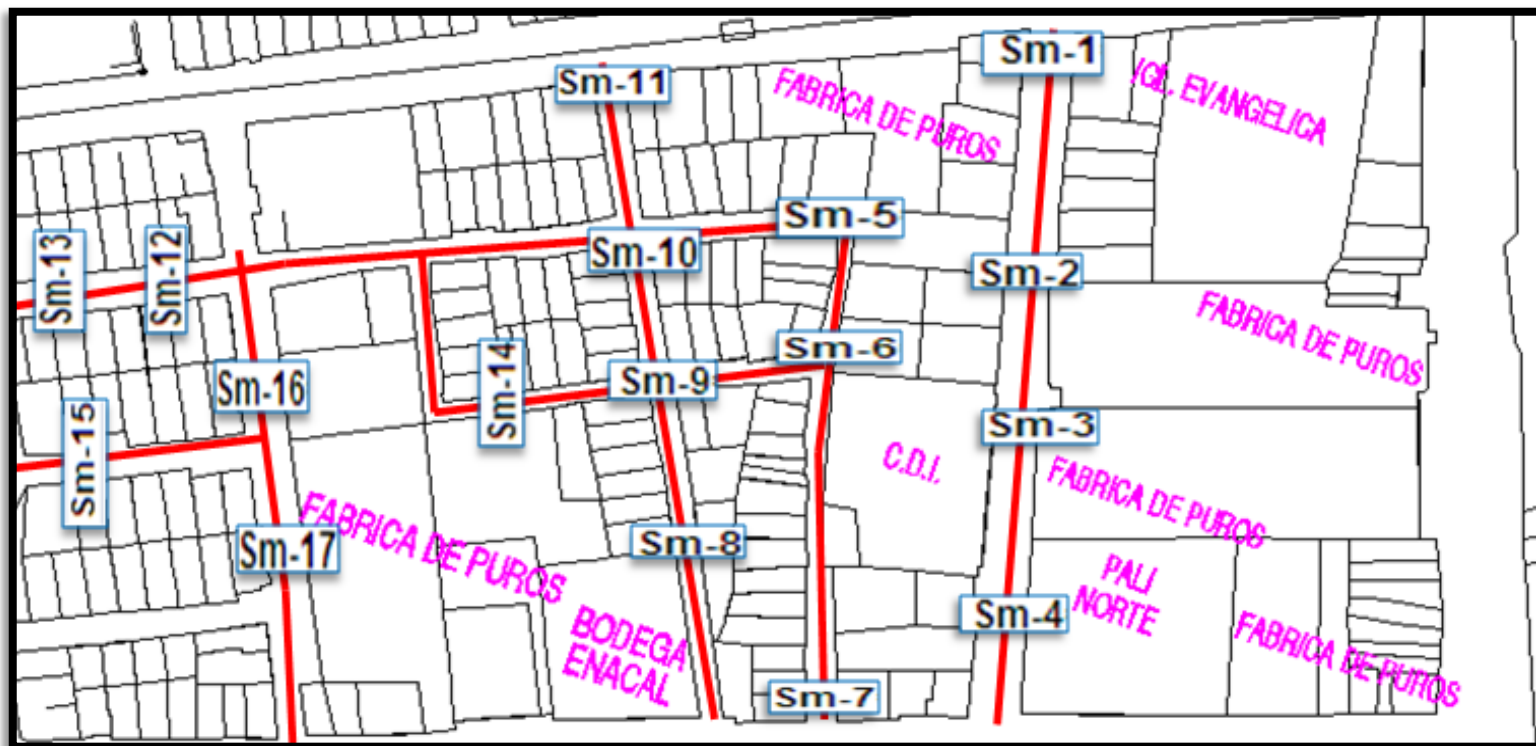
Anexo N° 2.4: Situación actual de la Calle 1 Estación 0+114.83.



Fuente: propia.

ANEXOS CAPÍTULO II: ESTUDIO GEOTÉCNICO

Anexo N° 3: Ubicación de Sondeos Manuales de Suelo.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 4: Resultados ensayos de suelos “Barrio 16 de Julio”.

LOCALIZACION EN EL BARRIO	ESTACION	PROFUND EN METROS	MUESTRA No.	% QUE PASA POR TAMIZ											CLASIFIC AASHTO	CBR a Compactación					
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	L.L.	I.P.		90%	95%	100%			
				Sm-1																	
AVENIDA 5	0+003.29	0.0-0.15	1		100	86	74	56	44	33	21	13	37	14	A-2-7(o)	9	15	28			
	0+003.29	0.15-0.45	2		100	91	88	58	42	39	33	26	52	21	A-2-7(4)	12	18	30			
	0+003.29	0.45-1.30	3		86	72	61	42	30	25	20	14	47	15	A-2-7(1)	11	15	28			
	Sm-2																				
	0+083.16	0.0-0.40	4	100	85	81	72	53	45	35	23	18	42	15	A-2-7(o)	9	15	30			
	0+083.16	0.40-1.10	5	96	75	54	42	33	26	21	16	11	38	9	A-2-4(o)	10	30	36			
	Sm-3																				
	0+163	0.0-0.30	6						100	98	90	81	63	31	A-7-5(9)	2	6	10			
	0+163	0.30-0.80	7						100	92	82	71	46	14	A-7-6(10)	1	5	8			
	0+163	0.80-1.50	8	92	83	70	60	37	25	22	18	11	35	9	A-2-4(o)	11	25	41			
	Sm-4																				
	0+223.32	0.00-0.20	9	94	84	78	72	56	44	35	27	22	43	15	A-2-7(3)	11	16	30			
	0+223.32	0.20-0.45	10	100	88	83	78	71	51	47	38	33	45	14	A-2-7(3)	9	15	29			
	0+223.32	0.45-1.45	11						100	94	71	50	54	28	A-7-6(15)	3	7	10			
				Sm-5																	
AVENIDA 4	0+336.81	0.0-0.25	12				100	77	67	60	45	41	51	21	A-2-7(1)	10	15	34			
	0+336.81	0.25-1.50	13						100	94	71	50	54	28	A-7-6(15)	3	5	12			
	Sm-6																				
	0+217.36	0.0-0.15	14	95	85	76	67	54	47	37	29	24	42	14	A-2-7(3)	9	16	33			
	0+217.36	0.15-1.50	15						100	99	95	93	62	28	A-7-5(19)	2	8	7			
	Sm-7																				
	0+182.07	0.0-1.35	16						100	93	70	52	55	30	A-7-6(12)	2	6	7			

Las celdas color gris son valores tomados para acumulación del CBR de Diseño.

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

Anexo N°4: Resultados ensayos de suelos “Barrio 16 de Julio”.

LOCALIZACION EN EL BARRIO	ESTACION	PROFUND EN METROS	MUESTRA No.	% QUE PASA POR TAMIZ												CLASIFIC AASHTO	CBR a Compactación		
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	L.L.	I.P.	90%		95%	100%	
AVENIDA 3	Sm-8																		
	0+090.66	0.0-0.35	17		100	86	74	56	44	33	21	13	52	21	A-2-7(o)	10	17	35	
	0+090.66	0.35-0.80	18	100	93	82	71	53	41	34	27	19	40	13	A-2-6(o)	10	23	34	
	0+090.66	0.80-1.45	19						100	94	84	73	47	15	A-7-6(10)	1	5	4	
	Sm-9																		
	0+118.28	0.0-0.40	20	79	70	67	63	60	53	44	33	23	54	32	A-2-7(2)	9	15	30	
	Sm-10																		
	0+129.28	0.0-1.50	21						100	89	84	68	44	15	A-7-6(10)	2	5	7	
	Sm-11																		
0+212.88	0.0-0.20	22		100	99	70	57	35	15	10	6	34	10	A-2-4(o)	9	25	33		
0+212.88	0.20-1.45	23	100	97	98	78	42	98	84	80	14	42	14	A-2-7(o)	10	15	32		
CALLE 1	Sm-12																		
	0+053.37	0.0-0.25	24	100	91	79	72	58	47	41	32	25	36	10	A-2-4(o)	10	28	43	
	0+053.37	0.25-1.30	25	100	85	53	46	34	27	23	18	13	36	13	A-2-7(1)	12	15	30	
	Sm-13																		
	0+018.20	0.0-0.35	26		87	74	58	44	30	25	20	14	47	15	A-2-7(1)	9	15	33	
0+018.20	0.35-1.45	27						100	92	87	71	46	14	A-7-6(10)	2	5	9		
CALLE 2	Sm-14																		
	0+080.03	0.0-0.20	28	100	93	77	68	55	44	37	31	24	35	9	A-2-4(o)	10	30	43	
	0+080.03	0.20-0.40	29	100	94	79	68	51	39	33	24	18	39	12	A-2-6(o)	9	22	32	
0+080.03	0.40-1.40	30						100	93	86	74	46	14	A-7-6(10)	1	5	10		
CALLE 3	Sm-15																		
	0+027.69	0.0-0.20	31	100	92	87	77	68	53	48	44	27	34	10	A-2-4(o)	9	25	43	
	0+027.69	0.20-0.60	32	90	78	63	57	45	34	26	18	13	36	13	A-2-6(o)	10	21	35	
	0+027.69	0.60-1.40	33		100	99	99	51	97	90	90	70	46	14	A-7-6(10)	2	7	8	
AVENIDA 1	Sm-16																		
	0+139.53	0.0-0.20	34	100	99	98	82	73	70	62	55	38	34	10	A-2-4 (o)	9	27	38	
	0+139.53	0.20-0.45	35		100	86	74	56	44	33	21	13	52	21	A-2-7(0)	10	25	37	
	0+139.53	0.45-1.35	36						100	92	82	71	46	14	A-7-6 (10)	2	6	9	
	Sm-17																		
	0+076.38	0.0-0.18	37	100	99	92	81	78	68	61	42	31	38	9	A-2-4(o)	12	30	38	
	0+076.38	0.18-0.80	38	100	87	88	70	52	42	32	19	11	51	23	A-2-7(2)	10	15	30	
0+076.38	0.80-1.35	39						100	93	70	52	54	28	A-7-6 (12)	2	5	9		

Las celdas color gris son valores tomados para acumulación del CBR de Diseño.

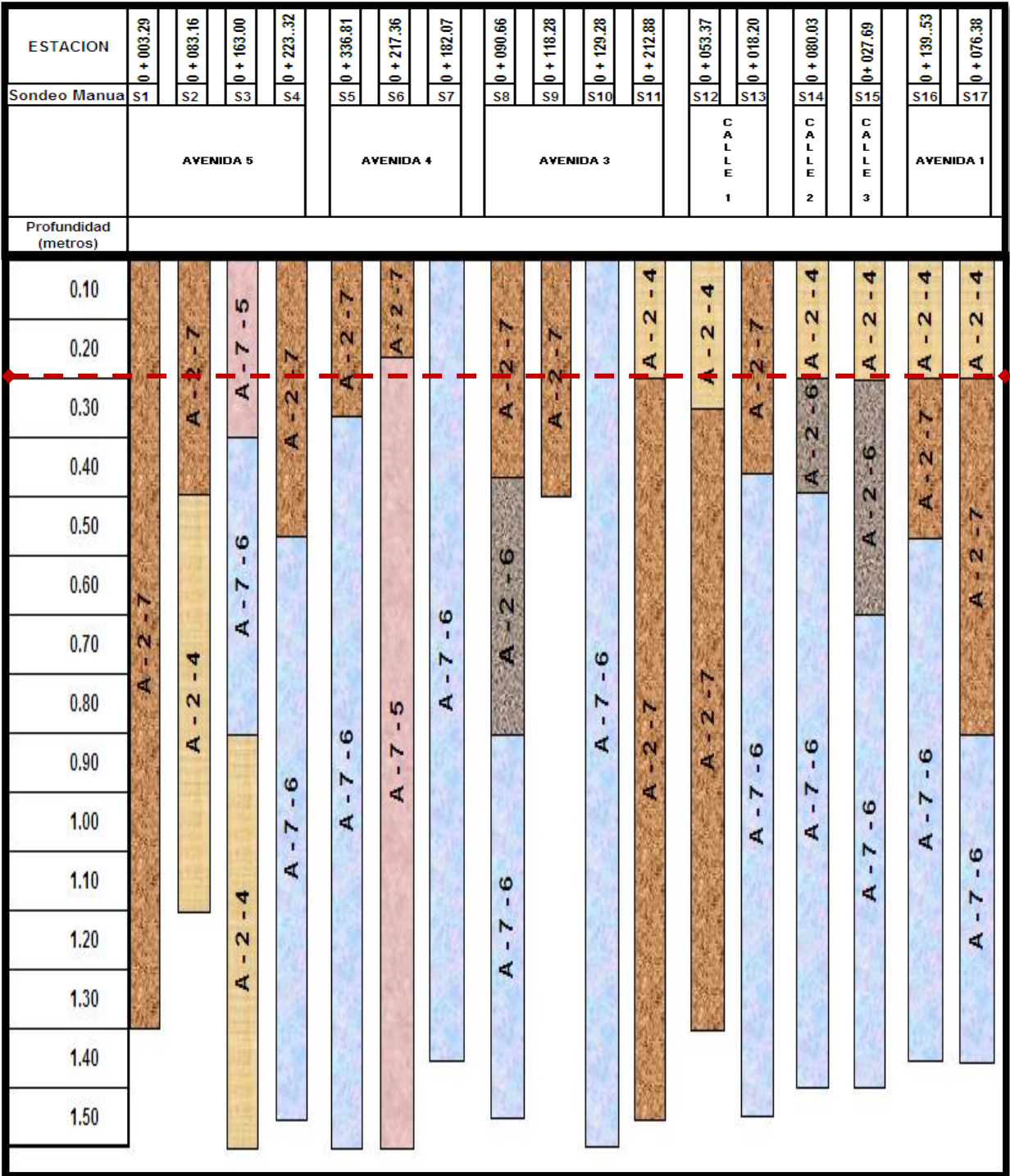
Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

Anexo N° 5: Clasificación de suelos, según AASHTO.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz Nº 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				
NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.) Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6 Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5											

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.

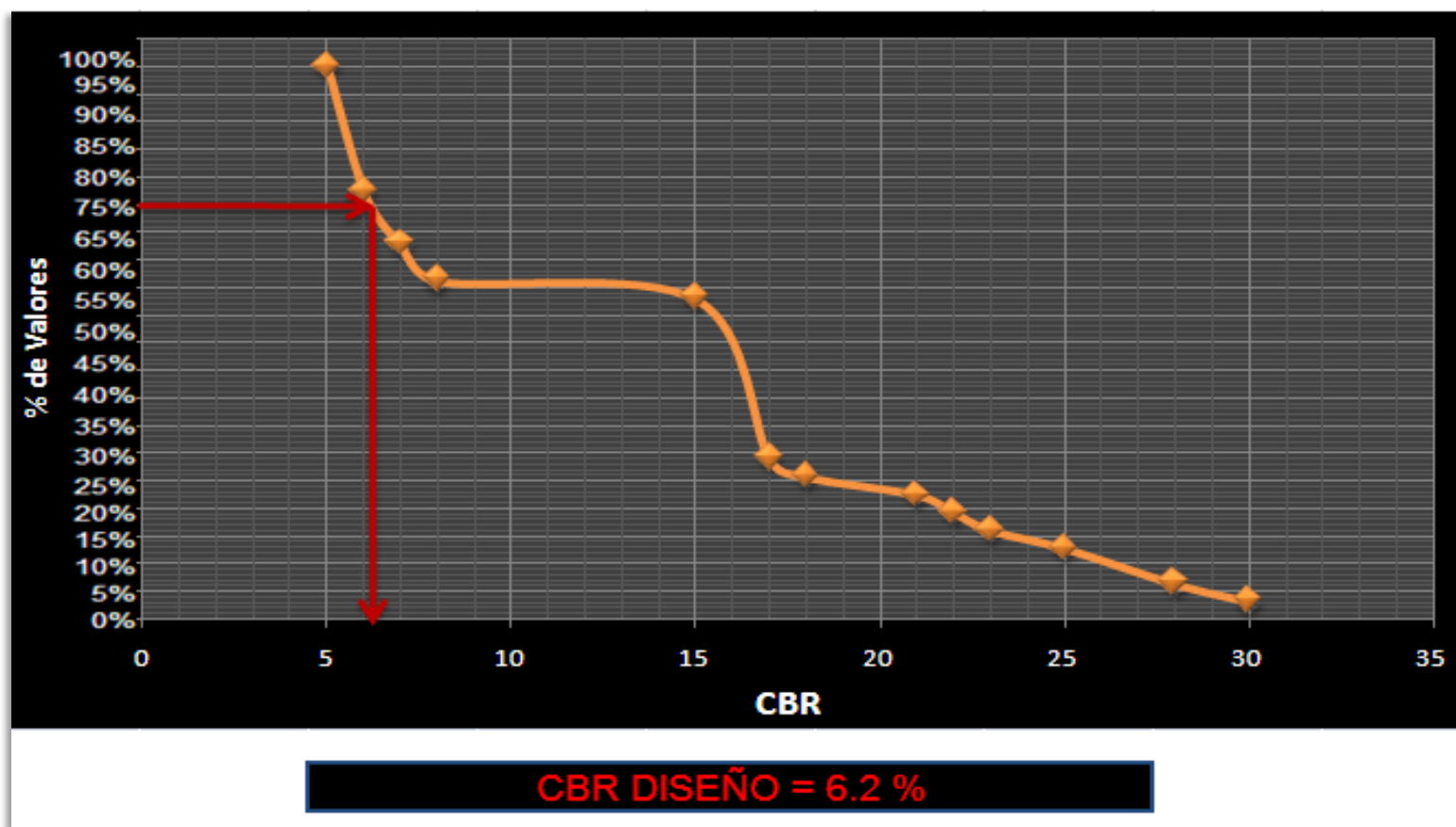
Anexo N° 6: Estratigrafía del Terreno “Barrio 16 de Julio”.



La línea punteada en rojo muestra la sub-rasante considerada.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 7: CBR de Diseño de la Sub-rasante.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 8: Resultados de laboratorio de banco de materiales a utilizar.

No. del Banco	Ubicación	Procedencia
2	Escuela de agricultura	Banco Los Chilamates

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

AnexoN°8.1: Ensayo CBR del Banco Los Chilamates.

PVSS	PVSC	Densidad Máxima	Humedad Optima	CBR			Volumen Explotable
Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	%	90%	95%	100%	(m ³)
Fuente de Materiales: "Banco Los Chilamates"							
1,211	1,318	1,962	12.4	34	82	100	25,200
Observaciones: PVSS= Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSC= Peso Volumétrico Seco Compacto							

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

AnexoN°8.2: Granulometría y Clasificación del Banco Los Chilamates.

% que pasa por tamiz									L.L.	I.P.	Clasificación AASHTO
2"	1½"	1"	¾"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200	(%)	(%)	
Fuente de Materiales: " Banco Los Chilamates"											
		100	84	70	48	14	7	2	--	NP	A-1-a (o)
Observaciones: L.L= Limite Liquido, I.P= Índice de Plasticidad											

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí.

AnexoN°8.3: Requisitos que debe cumplir el material, para ser utilizado como base.

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

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

AnexoNº8.4: Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados para el mejoramiento de la sub rasante.

Tamiz (mm)	NIC-2000	Banco de Préstamo Los Chilamates	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	48-70	Cumple
0.075	0-15	2-7	Cumple

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

ANEXOS CAPITULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO

El objetivo planteado es recopilar información que permita la realización de un estudio detallado del tráfico que circula en el tramo en estudio. (Aforo Vehicular).

ANEXO N° 9: Ubicación de Aforo Vehicular.



Fuente: Google Earth.

ANEXO N° 10: Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.

Hora	Bicic	Moto	Veh. Livianos			Veh. Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	TOTAL VPH
			Autos	Jeep	Clas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc	
06:00 am - 07:00 am																						
07:00 am - 08:00 am																						
08:00 am - 09:00 am																						
09:00 am - 10:00 am																						
10:00 am - 11:00 am																						
11:00 am - 12:00 md																						
12:00 md - 01:00 pm																						
01:00 pm - 02:00 pm																						
02:00 pm - 03:00 pm																						
03:00 pm - 04:00 pm																						
04:00 pm - 05:00 pm																						
05:00 pm - 06:00 pm																						

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 11: Conteo de Tráfico Vehicular por Día.

AnexoN°11.1: Conteo lunes 2 de noviembre 2015.

Hora	Bicic	Motos	Vehiculos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Anim	TOTAL VPH
			Autos	Jeep	Clas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Agríc	Veh. Const		
06:00 am - 07:00 am	13	23	4	0	3	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
07:00 am - 08:00 am	11	14	5	1	1	1	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
08:00 am - 09:00 am	7	12	11	0	4	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
09:00 am - 10:00 am	5	6	7	1	7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
10:00 am - 11:00 am	11	14	3	2	3	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
11:00 am - 12:00 md	4	21	18	0	2	2	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
12:00 md - 01:00 pm	12	18	6	1	8	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
01:00 pm - 02:00 pm	7	23	12	1	1	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
02:00 pm - 03:00 pm	2	17	5	6	4	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
03:00 pm - 04:00 pm	4	10	7	2	13	2	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
04:00 pm - 05:00 pm	7	11	11	4	1	7	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
05:00 pm - 06:00 pm	22	22	9	3	3	3	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
	105	191	98	21	50	18	8	5	43	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	550

Fuente: Elaboración Propia.

AnexoN°11.2: Cuento martes 3 de noviembre 2015.

Hora	Bicic	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Anim	TOTAL VPH
			Autos	Jeep	Clas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	Txsx <=4e	T352	T353	Otros	Veh. Cons	Veh. Agríc		
06:00 am - 07:00 am	11	21	4	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
07:00 am - 08:00 am	5	14	1	1	2	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
08:00 am - 09:00 am	2	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
09:00 am - 10:00 am	1	11	9	1	9	3	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
10:00 am - 11:00 am	9	14	3	0	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
11:00 am - 12:00 md	7	11	5	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
12:00 md - 01:00 pm	25	18	14	0	8	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
01:00 pm - 02:00 pm	2	24	3	0	4	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
02:00 pm - 03:00 pm	5	8	2	1	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
03:00 pm - 04:00 pm	6	19	11	1	14	1	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
04:00 pm - 05:00 pm	7	12	9	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
05:00 pm - 06:00 pm	17	27	12	0	10	3	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
	97	185	74	4	65	14	7	3	28	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	481

Fuente: Elaboración Propia.

AnexoN°11.3: Cuento miércoles 4 de noviembre 2015.

Hora	Bicic	Moto	Vehículos Livianos			Pasajeros			Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Anim	TOTAL VPH
			Autos	Jeep	Clas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	Txsx <=4e	T352	T353	Otros	Veh. Cons	Veh. Agríc		
06:00 am - 07:00 am	15	10	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
07:00 am - 08:00 am	3	11	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
08:00 am - 09:00 am	6	17	1	1	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
09:00 am - 10:00 am	2	19	1	0	4	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
10:00 am - 11:00 am	7	12	4	0	6	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
11:00 am - 12:00 md	9	11	2	1	5	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
12:00 md - 01:00 pm	23	27	4	0	3	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
01:00 pm - 02:00 pm	4	18	8	0	4	0	0	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
02:00 pm - 03:00 pm	3	11	10	0	8	1	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
03:00 pm - 04:00 pm	12	16	6	2	7	0	0	2	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
04:00 pm - 05:00 pm	6	11	3	1	11	0	0	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
05:00 pm - 06:00 pm	9	18	7	1	17	4	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
	99	181	52	7	71	11	3	7	43	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	481

Fuente: Elaboración Propia.

AnexoN°11.4: Cuento jueves 5 de noviembre 2015.

Hora	Bicic	Moto	Vehiculos Livianos			Pesados de			Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Anim	TOTAL VPH
			Autos	Jeep	Ctas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2	C2 >5	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Cons	Veh. Agríc		
06:00 am - 07:00 am	11	23	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
07:00 am - 08:00 am	7	14	2	0	3	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
08:00 am - 09:00 am	6	6	1	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
09:00 am - 10:00 am	2	16	2	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
10:00 am - 11:00 am	9	6	8	3	7	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
11:00 am - 12:00 md	4	12	17	4	4	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
12:00 md - 01:00 pm	9	22	2	0	12	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
01:00 pm - 02:00 pm	1	6	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
02:00 pm - 03:00 pm	1	2	3	3	3	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
03:00 pm - 04:00 pm	1	12	5	2	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
04:00 pm - 05:00 pm	1	22	3	2	7	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
05:00 pm - 06:00 pm	12	22	1	1	12	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
	64	163	45	18	70	4	4	3	18	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	398

Fuente: Elaboración Propia.

AnexoN°11.5: Cuento viernes 6 de noviembre 2015.

Hora	Bicic	Moto	Vehiculos Livianos			Pasajeros			Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Anim	TOTAL VPH
			Autos	Jeep	Ctas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
06:00 am - 07:00 am	5	8	1	1	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
07:00 am - 08:00 am	15	12	4	2	4	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
08:00 am - 09:00 am	6	8	12	1	5	1	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
09:00 am - 10:00 am	5	5	4	1	8	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
10:00 am - 11:00 am	10	9	18	0	5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
11:00 am - 12:00 md	6	16	7	0	4	1	2	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
12:00 md - 01:00 pm	14	11	10	1	11	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
01:00 pm - 02:00 pm	7	25	11	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
02:00 pm - 03:00 pm	5	4	13	0	5	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
03:00 pm - 04:00 pm	7	8	8	0	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
04:00 pm - 05:00 pm	9	16	5	0	7	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
05:00 pm - 06:00 pm	14	18	10	0	16	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
	103	140	103	6	77	7	9	4	26	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	484

Fuente: Elaboración Propia.

AnexoN°11.6: Cuento sábado 7 de noviembre 2015.

Hora	Bicic	Moto	Vehículos Livianos			Pasajeros			Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Anima	TOTAL VPH
			Autos	Jeep	Ctas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	Txsx <=4e	T352	T353	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
06:00 am - 07:00 am	4	4	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
07:00 am - 08:00 am	12	13	3	0	7	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
08:00 am - 09:00 am	3	5	6	0	3	1	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
09:00 am - 10:00 am	5	4	2	1	5	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
10:00 am - 11:00 am	2	6	4	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
11:00 am - 12:00 md	2	10	3	0	9	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
12:00 md - 01:00 pm	8	18	9	0	11	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
01:00 pm - 02:00 pm	3	7	4	0	2	1	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
02:00 pm - 03:00 pm	2	15	7	0	8	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
03:00 pm - 04:00 pm	4	8	12	0	12	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
04:00 pm - 05:00 pm	6	4	0	0	8	0	2	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
05:00 pm - 06:00 pm	14	14	16	2	10	1	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
	65	108	68	4	80	4	6	7	32	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	385

Fuente: Elaboración Propia.

AnexoN°11.7: Cuento domingo 8 de noviembre 2015.

Hora	Bicic	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de			Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Anima	TOTAL VPH
			Autos	Jeep	Ctas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2	C3	C4	C2R2	C2R3	Txsx <=4e	T352	T353	Otros	Veh. Cons	Veh. Agríc		
06:00 am - 07:00 am	5	17	3	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
07:00 am - 08:00 am	2	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
08:00 am - 09:00 am	3	9	3	1	4	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
09:00 am - 10:00 am	3	18	6	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
10:00 am - 11:00 am	4	8	5	0	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
11:00 am - 12:00 md	2	9	2	0	10	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
12:00 md - 01:00 pm	2	4	2	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
01:00 pm - 02:00 pm	6	7	6	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
02:00 pm - 03:00 pm	5	5	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
03:00 pm - 04:00 pm	7	5	5	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
04:00 pm - 05:00 pm	2	7	6	0	8	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
05:00 pm - 06:00 pm	4	14	1	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	45	109	43	2	60	3	2	2	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	279

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 12: Indicadores Macroeconómicos 2014.

Conceptos	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Actividad económica ^{1/}							
PIB a precios constantes (tasas de crecimiento)	2.9	(2.8)	3.2	6.2	5.1	4.5	4.7
PIB per-cápita (en US\$)	1,469.4	1,432.5	1,475.8	1,626.9	1,723.1	1,768.9	1,904.7
PIB per-cápita (tasas de crecimiento)	12.5	(2.5)	3.0	10.2	5.9	2.7	7.7
Precios y tipo de cambio							
Inflación anual acumulada nacional (IPC año base=2006)	13.8	0.9	9.2	8.0	6.6	5.7	6.5
Inflación anual acumulada (Managua) ^{2/}	12.7	1.8	9.1	8.6	7.1	5.4	6.5
Devaluación anual (%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Tipo de cambio oficial promedio (C\$ x US\$)	19.4	20.3	21.4	22.4	23.5	24.7	26.0
Tipo de cambio oficial a fin de período (C\$ x US\$)	19.8	20.8	21.9	23.0	24.1	25.3	26.6
Sector monetario (tasas de crecimiento)							
Base monetaria	5.3	19.8	17.1	25.6	4.9	6.7	14.8
RIB / base monetaria (número de veces)	2.2	2.6	2.7	2.4	2.4	2.5	2.6
Depósitos totales	7.3	15.2	24.4	17.6	5.5	13.9	19.0
Cartera de crédito bruta	12.3	(6.4)	2.9	19.1	29.2	21.3	19.4
Saldo de reservas internacionales netas (millones US\$)	1,029.8	1,422.8	1,631.6	1,710.5	1,718.1	1,840.0	2,153.2
Saldo de reservas internacionales brutas (millones US\$)	1,140.8	1,573.1	1,799.0	1,892.3	1,887.2	1,993.0	2,276.2
Sector externo (millones US\$) ^{4/}							
Cuenta corriente (% del PIB)	(17.8)	(8.6)	(8.9)	(11.8)	(10.6)	(11.1)	(7.1)
Exportaciones de mercancías FOB	1,475.3	1,393.8	1,822.1	2,251.7	2,671.8	2,401.8	2,632.7
Exportaciones de bienes de zona franca	1,264.1	1,227.9	1,630.1	2,108.5	2,144.5	2,342.5	2,510.2
Importaciones de mercancías FOB	3,995.4	3,229.1	3,872.5	4,863.5	5,420.9	5,225.4	5,452.9
Importaciones de bienes de zona franca	893.6	838.6	1,166.0	1,491.2	1,357.0	1,462.4	1,492.9
Deuda pública externa							
Saldo de deuda pública externa (millones US\$)	3,541.6	3,856.3	4,068.2	4,263.2	4,480.8	4,723.7	4,796.0
Deuda externa / PIB	41.7	46.0	46.5	43.7	42.8	43.5	40.6
Servicio de deuda externa / exportaciones ^{5/}	3.1	3.3	2.4	1.9	1.8	2.0	2.3
Partidas informativas (millones C\$)							
PIB (a precios constantes) ^{1/}	129,120.1	125,557.4	129,564.3	137,638.3	144,701.6	151,228.4	158,340.3
PIB (córdobas corrientes)	164,494.3	170,459.9	186,683.0	218,762.9	246,306.5	268,260.5	306,461.5
PIB (en millones US\$)	8,491.4	8,380.7	8,741.3	9,755.6	10,460.9	10,850.7	11,805.6
Población (miles de habitantes) ^{6/}	5,778.8	5,850.5	5,923.1	5,996.6	6,071.0	6,134.3	6,198.2
Base monetaria	10,369.5	12,425.7	14,549.8	18,278.0	19,174.4	20,466.9	23,502.5
Depósitos totales ^{7/}	48,776.4	56,489.1	70,400.3	82,043.5	86,550.1	98,591.8	117,345.7
Crédito total ^{8/}	47,198.6	44,241.7	45,289.1	53,852.4	69,457.2	84,281.8	100,712.1
Balance del SPNF a/d	(4,875.2)	(6,576.7)	(4,121.9)	(3,457.4)	(4,144.5)	(5,800.5)	(7,957.3)
Balance del SPNF d/d	(1,027.8)	(2,195.9)	(1,101.6)	354.2	(626.5)	(3,021.4)	(4,541.5)

Fuente: Banco Central de Nicaragua. Informe anual 2014.

Anexo N° 13: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracilos, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4'4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MNIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2014.Pag. 32.

Anexo N° 14: Dependencia de la EMC 107 entre ECD y ECS.

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
107 Sébaco - Emp. San Isidro	NIC-1	108	ECD	119.5	Emp. San Isidro - La Trinidad
	NIC-1	109	ECD	129.1	La Trinidad - Emp. San Nicolás
	NIC-1	142	ECD	140.0	Emp. San Nicolás - Estelí
	NIC-4	405	ECD	65.0	Emp. Guanacaste - Emp. Nandaime
	NIC-4B	434	ECD		Rtda Tisma - Rtda. Las Flores (circunvalacion)
	NIC-11A	1100	ECD	38.0	Emp. Coyotepe - Emp. Zambrano
	NIC-11A	1101	ECD	46.1	Emp. Zambrano - Tipitapa (Inter NIC-1)
	NIC-15	1501	ECD	223.5	Yalagüina - Ocotal
	NIC-19B	720	ECS	120.0	Emp.Santa Rosa (Inter NIC-7) - Comalapa
	NIC-20A	126	ECD	18.3	Proincasa - Cofradia
	NIC-35C	2605	ECS	166.0	El Jicaral - Santa Rosa del Peñón
	NIC-52	5201	ECD	65.0	Emp. Puerto Sandino - Puerto Sandino
	NN-202	2004A	ECD	19.4	Sabana Grande - Proinco

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2014.Pag. 37.

Anexo N° 15: Factores 2014 EMC 107.

<i>Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>=5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.24	1.23	1.31	1.27	1.33	1.40	1.17	1.36	1.38	1.46	1.40	1.63	1.00	2.00	1.00	1.17	1.27
Factor Semana	0.97	1.03	1.01	0.96	1.04	1.17	0.98	0.89	0.91	0.84	0.83	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06
Factor Fin de Semana	1.07	0.94	0.98	1.12	0.92	0.73	1.05	1.46	1.33	1.86	2.00	1.39	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88
Factor Expansión a TPDA	1.03	0.94	0.98	1.03	1.14	0.92	1.01	1.17	0.94	1.23	1.00	1.11	1.00	1.00	1.89	0.52	1.11
<i>Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>=5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.28	1.26	1.28	1.30	1.28	1.28	1.18	1.33	1.48	1.53	1.00	1.52	1.00	1.00	1.10	1.00	1.18
Factor Semana	1.00	0.99	0.98	0.92	0.99	1.10	0.98	0.88	0.88	0.85	1.00	0.88	1.00	1.00	0.87	1.00	0.96
Factor Fin de Semana	1.01	1.03	1.06	1.26	1.03	0.82	1.07	1.55	1.48	1.76	1.00	1.49	1.00	1.00	1.61	1.00	1.11
Factor Expansión a TPDA	1.07	0.90	1.14	1.01	0.89	1.05	1.03	0.99	1.12	1.01	1.00	0.93	1.00	1.00	0.67	1.22	0.96
<i>Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre</i>																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>=5	Cx- Rx<=4	Cx- Rx>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.22	1.28	1.33	1.26	1.29	1.21	1.17	1.34	1.48	1.45	1.00	1.63	1.00	2.00	1.00	1.00	1.14
Factor Semana	0.98	1.02	0.98	0.94	1.04	1.05	0.96	0.90	0.90	0.87	1.43	0.94	1.00	1.00	0.76	1.00	1.03
Factor Fin de Semana	1.05	0.94	1.04	1.19	0.91	0.90	1.11	1.40	1.36	1.56	0.57	1.18	1.00	1.00	4.95	1.00	0.93
Factor Expansión a TPDA	0.91	1.22	0.91	0.95	1.00	1.03	0.97	0.88	0.95	0.84	1.00	0.98	1.00	1.00	1.02	3.67	0.95

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2014.Pag. 231.

Anexo N° 16: Listado Histórico TPDA Estación 107.

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
107	EMC	Sébaco - Emp. San Isidro	2014	654	947	374	1780	77	14	234	419	412	57	1	377			8	1	15	5,360
			2013	539	949	325	1551	100	10	231	408	393	65		356			10	1	16	4,954
			2012	435	916	353	1581	57	14	237	435	358	56	8	374			6	1	12	4,843
			2011	355	870	353	1503	49	9	226	400	329	53	1	352			6	1	10	4,517
			2010	306	871	356	1492	43	8	228	353	288	44		327			8		10	4,334
			2009	293	812	337	1389	40	8	216	332	287	48		321			7	1	10	4,101
			2008	222	705	356	1394	44	13	229	335	351	47		380			8		9	4,092
			2007	139	676	341	1344	36	12	266	337	299	41		343			7		12	3,853
			2006	123	687	349	1362	39	13	269	317	298	44	1	326			7		14	3,849
			2005	88	540	335	1208	34	10	243	270	277	37	4	348			5		5	3,405
			2004	104	594	359	1267	38	13	228	284	309	37	1	369	1		9		9	3,622
			2003	103	550	362	1239	36	10	221	270	296	34	1	291	1		6	1	7	3,428
			2002	135	488	360	1300	35	5	207	244	295	38	2	161		0	14	0	7	3,272
			2001	107	361	320	1295	35	6	203	229	322	46		170			19		9	3,122
			2000	108	287	325	1230	26	5	190	204	309	31	1	171		0	11	0	7	2,905
			1999	117	293	361	1241	19	6	185	193	350	40	2	148	0	0	16	0	10	2,960
			1998	91	305	292	1073	23	4	121	97	289	23	1	102		1	9		11	2,422
			1997	112	263	260	1079	13	2	120	140	249	32	1	84		1	19		15	2,390
			1996	99	254	254	967	12	28	113	114	300	38	1	85	1	1	25	1	12	2,305

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2014. Pag. 101.

Anexo N° 17: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo.

Vehículos Liviano y Pasajeros.

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

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Anexo N° 18: Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo.

Vehículos Pesados.

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

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

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura vial (MTI).

Anexo N° 19: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.

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

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Los números en color rojo son valores a interpolar, en función a SN=5.

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Anexo N° 20: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Tándem.

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

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

El número en color rojo es el valor a interpolar, en función a SN=5.

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Anexo N° 21: Interpolación de factores equivalentes que no están reflejados.

APLICACIÓN DE LA FORMULA DE INTERPOLACIÓN

$$y_x = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}(y_1 - y_0)$$

Anexo N° 21. 1: Parakips2. 2, eje simple.

(kips)	Sn=5
X	Y
2	0.0002
2.2	Y _x
4	0.002

$$X_0 = 2 \quad Y_0 = 0.0002$$

$$X_1 = 4 \quad Y_1 = 0.002$$

$$Y_{2.2} = 0.00038$$

$$y_{2.2} = 0.0002 + \frac{2.2 - 2}{4 - 2}(0.002 - 0.0002)$$

$$y_{2.2} = 0.0002 + \frac{0.2}{2}(0.0018)$$

$$y_{2.2} = 0.00038$$

Anexo N° 21. 2: Parakips4. 4, eje simple.

(kips)	Sn=5
X	Y
4	0.002
4.4	Y _x
6	0.009

$$X_0 = 4 \quad Y_0 = 0.002$$

$$X_1 = 6 \quad Y_1 = 0.009$$

$$Y_{4.4} = 0.0034$$

$$y_{4.4} = 0.002 + \frac{4.4 - 4}{6 - 4}(0.009 - 0.002)$$

$$y_{4.4} = 0.002 + \frac{0.4}{2}(0.007)$$

$$y_{4.4} = 0.0034$$

Anexo N° 21. 3: Parakips8. 8, eje simple.

(kips)	Sn=5
X	Y
8	0.031
8.8	Y _x
10	0.079

$$X_0 = 8 \quad Y_0 = 0.031$$

$$X_1 = 10 \quad Y_1 = 0.079$$

$$Y_{8.8} = 0.0502$$

$$y_{8.8} = 0.031 + \frac{8.8 - 8}{10 - 8}(0.079 - 0.031)$$

$$y_{8.8} = 0.031 + \frac{0.8}{2}(0.048)$$

$$y_{8.8} = 0.0502$$

Anexo N° 21. 4: Parakips11 , eje simple.

(kips)	Sn=5
X	Y
10	0.079
11	Y _x
12	0.174

$$X_0 = 10 \quad Y_0 = 0.079$$

$$X_1 = 12 \quad Y_1 = 0.174$$

$$Y_{11} = 0.1265$$

$$y_{11} = 0.079 + \frac{11 - 10}{12 - 10} (0.174 - 0.079)$$

$$y_{11} = 0.079 + \frac{1}{2} (0.095)$$

$$y_{11} = 0.1265$$

Anexo N° 21. 5: Parakips 17. 60, eje simple.

(kips)	Sn=5
X	Y
16	0.603
17.6	Y _x
18	1.000

$$X_0 = 16 \quad Y_0 = 0.603$$

$$X_1 = 18 \quad Y_1 = 1.000$$

$$Y_{17.6} = 0.9206$$

$$y_{17.6} = 0.603 + \frac{17.6 - 16}{18 - 16} (1.00 - 0.603)$$

$$y_{17.6} = 0.603 + \frac{1.6}{2} (0.397)$$

$$y_{17.6} = 0.9206$$

Anexo N° 21. 6: Para kips 36. 3, eje doble(Tándem).

(kips)	Sn=5
X	Y
36	1.38
36.3	Y _x
38	1.73

$$X_0 = 36 \quad Y_0 = 1.38$$

$$X_1 = 38 \quad Y_1 = 1.73$$

$$Y_{36.3} = 1.43$$

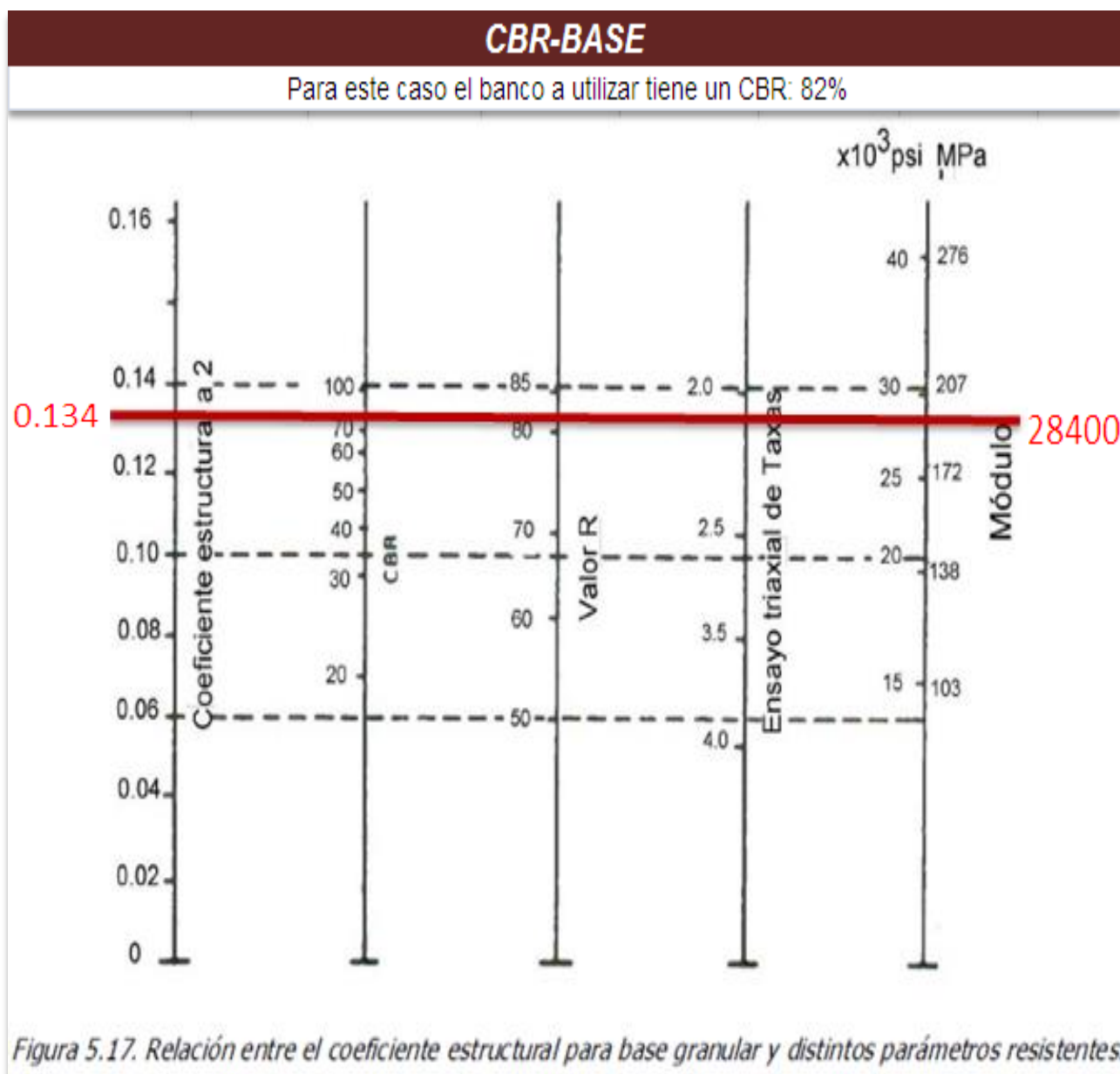
$$y_{36.3} = 1.38 + \frac{36.3 - 36}{38 - 36} (1.73 - 1.38)$$

$$y_{36.3} = 1.38 + \frac{0.3}{2} (0.35)$$

$$y_{36.3} = 1.43$$

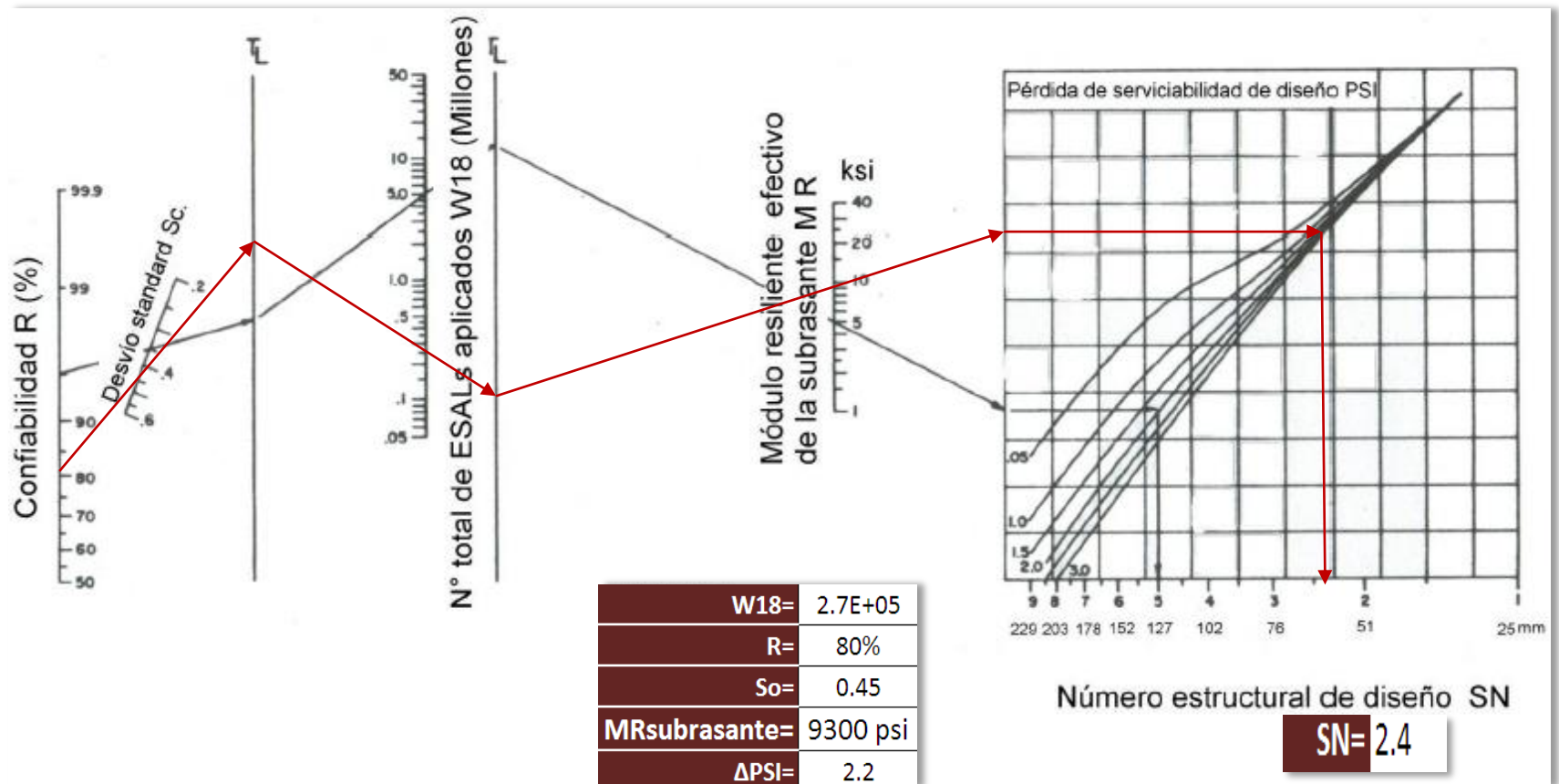
ANEXOS CAPITULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO

Anexo N° 22: Coeficiente estructural a_2 , de la capa Base.



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

Anexo N° 23: Ábaco de Diseño AASTHO Para Cálculo de Número Estructural SN.



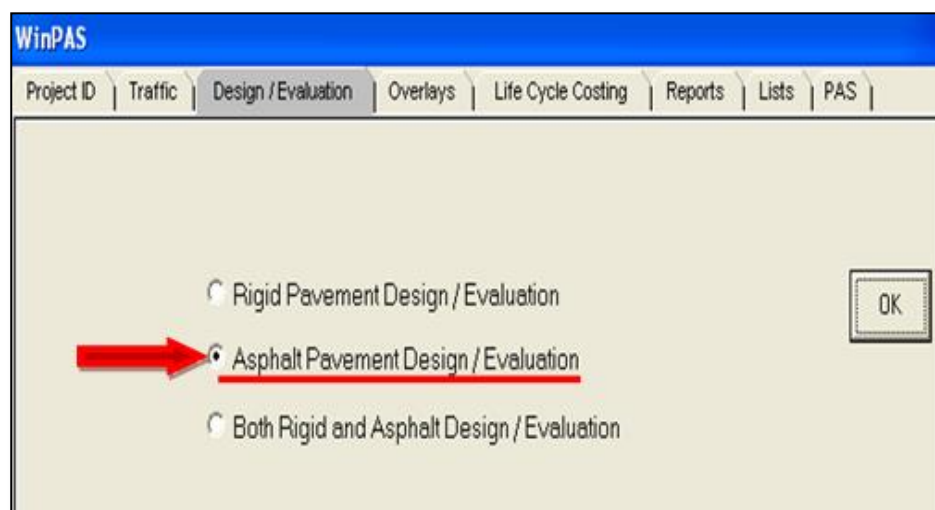
Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Anexo N° 24: Verificación de Numero Estructural (SN), haciendo uso del software de diseño WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

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



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Luego se abrirá otra ventana que es donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño:

- Esal's de Diseño= 266,216.00
- Confiabilidad= 80%
- Desviación estándar= 0.45
- MR sub rasante= 9,300 psi
- Serviciabilidad Inicial= 4.20
- Serviciabilidad final= 2.00

No se debe escribir el número estructural, ya que este lo calcula el programa después de haber digitado el resto de datos, dando click en la pestaña resolver (Solve for).

The screenshot shows the 'Flexible Design Inputs' window. It has a blue title bar with standard window controls. The main area is grey and contains several input fields. The 'Design ESAL' field is pre-filled with '266,216'. The 'Soil Resilient Mod.' field is pre-filled with '9,300.0' and has 'psi' to its right. The 'Initial Serviceability, Po' field is pre-filled with '4.20' and the 'Terminal Serviceability, Pt' field is pre-filled with '2.00'. On the right side, there are three buttons: 'Cross Section', 'OK', and a button with a question mark icon. At the bottom, there is a 'Layer Determ.' button and a 'Solve For' button. A red rectangular box with white text is overlaid on the bottom left, containing the message: 'WARNING! Input Value Changed Press Solve For to Recalculate'. A red arrow points from the right towards the 'Solve For' button.

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Después de haber dado click en la pestaña *resolver* (*Solve for*). Según el software WinPAS se requiere un SN=2.34.

Flexible Design Inputs

Structural Number	2.34
Design ESAL	266,216
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.45
Soil Resilient Mod.	9,300.0 psi
Initial Serviceability, Po	4.20
Terminal Serviceability, Pt	2.00

Buttons: Cross Section, OK, Layer Determ., Solve For

Solve For: Structural Number 2.34

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Lo siguiente será proponer la estructura de pavimento, entrando en la pestaña Layer Determ.

Layer Determ.

Solve For: Structural Number 2.34

Buttons: Solve For

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Se procede a introducir los coeficientes estructurales (a_1 y a_2), los coeficientes de drenaje (m_1 y m_2), y por último los espesores (D_1 Y D_2). Se puede observar que al proponer los espesores calculados manualmente, estos cumplen, ya que $\Sigma SN = 2.47$, es mayor que el SN requerido $= 2.34$.

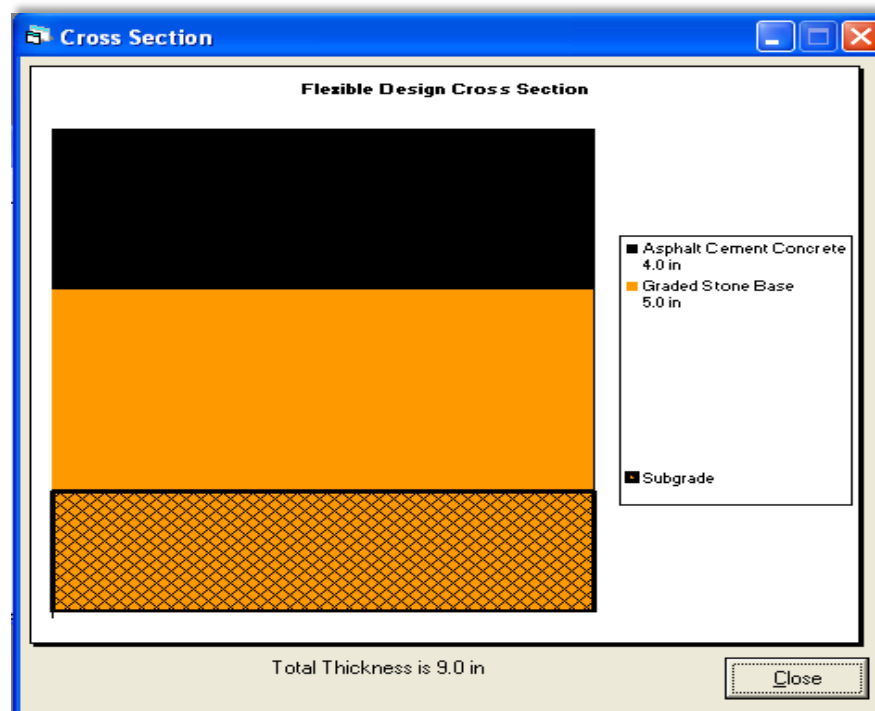
Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient	Layer Thickness (inches)	Layer Struct No, SN_i	Additional Thickness (inches)
Asphalt Cement Concrete	0.45	1.00	4.00	1.80	
Graded Stone Base	0.13	1.00	5.00	0.67	

ΣSN 2.47
SN Required 2.34

OK

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Y por último se Graficó espesores de pavimento en WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

GLOSARIO.

Adoquines: Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.

Adoquinado: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

Agregados: Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado fino: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

Agregado grueso: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

Bache: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

Bombeo: Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

Banco de Material: Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

Calicata: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Capa sub-rasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Cama de Arena: Esta capa se construye de 5 centímetros, con arena suelta, gruesa y limpia la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.

Capacidad de carga ultima del terreno: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

Carretera, Calle o Camino: Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

Carretera no pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Carretera pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Pórtland (rígida) o de adoquín (articulado).

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

CBR. (Relación de Carga California): Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria

para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

Cota de rasante: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

Cota de terreno: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

Cuneta: Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

Elementos viales: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

Estación: Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tráfico, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

Estación de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que una estación permanente. Sin embargo su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

Estación permanente: Se encuentran ubicadas sobre la Red Troncal Principal, destacándose la zona Central y Pacífica del país, efectuándose conteos clasificados de 24 horas por día durante dos periodos en el año (Verano-Invierno), con duración de 7 días consecutivos en cada período.

Estación sumaria: Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular moderado. En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm)

en períodos de tres (Martes – Miércoles – Jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno.

Estudio de impacto ambiental: Son herramientas para predecir y su objetivo es buscar las relaciones de causalidad entre una actividad de desarrollo y el medio ambiente, medir o estimar los impactos ambientales y sociales que esto significa, y finalmente sugerir medidas para potenciar los efectos positivos y mitigar o eliminar los negativos.

Intersección: Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

Índice de plasticidad: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

Levantamiento topográfico: Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

Límite líquido: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

Módulo resiliente (suelos): Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

Niveles de servicio: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.

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

Pavimento articulado: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado,

llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

Pendiente de la carretera: Inclinação del eje de la carretera, en el sentido de avance.

Proyecto: La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

Sección transversal: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

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

Sub- rasante: Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de sub-base, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

Suelo: Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que lo constituyen.

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

Tránsito: Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras

Vida útil: Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Ing. American Society For Testing and Materials).

CBR: California Bearing Ratio.

CREC: Crecimiento.

ESAL: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

EST: Estación.

FC= Factor de Crecimiento

FD= Factor de Distribución Direccional

Fc= Factor Carril

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

MR= Módulo resiliente.

NP: No Plástico.

PIB: Producto Interno Bruto.

PSI= Libras por pulgada cuadrada.

SIECA: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos).

TPD: Tránsito Promedio Diario.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

VPD: Volumen Promedio Diario.