UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Tesina

DISEÑO DE 600 METROS LINEALES DE PAVIMENTO ARTICULADO DE ACCESO AL BARRIO SOLINGALPA, POR EL MÉTODO AASHTO-93, EN EL MUNICIPIO DE MATAGALPA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA.

Para optar al título de Ingeniero Civil.

Elaborada por

Br. Byron José Zeledón Ruiz.

Br. Erick Salvador Olivas Weimar

Tutor

Msc. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

.

Managua, Octubre 2017.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DEPARTAMENTO DE VIAS DE TRANSPORTE

Managua, Nicaragua
Julio 03 del 2017

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano de la F.T.C.
Su Despacho.-

Estimado Dr. Gutiérrez

Me dirijo a usted, para comunicarle que he revisado el trabajo de Tesina titulado **"DISEÑO DE 600 METROS LINEALES DE PAVIMENTO ARTICULADO DE ACCESO AL BARRIO SOLINGALPA, POR EL METODO AASHTO 93, EN EL MUNICIPIO DE MATAGALPA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA".** Realizado por las ***Brs. Byron José Zeledón Ruiz y Erick Salvador Olivas Weimar.***

La presente Tesina cumple con los objetivos planteados doy mi aprobación para su presentación y defensa ante el tribunal examinador nombrado por su persona.

Sin más que hacer referencia, aprovecho la oportunidad para desearle éxito en su gestión.

Atentamente,

Msc. Ing. José Fernando Bustamante A.
Tutor
UNI - RUPAP

CC: Archivo. -

Líder en Ciencia y Tecnología

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.570
Managua, agosto 19 del 2015

Bachilleres
BYRON JOSE ZELEDON RUIZ
ERICK SALVADOR OLIVAS WEIMAR
Presente

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema de Tesina titulado : **" DISEÑO DE 600 METROS LINEALES DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL METODO AASHTO 93, EN EL ACCESO AL BARRIO SOLINGALPA, EN EL MUNICIPIO DE MATAGALPA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA".** Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, de que el Ing. JOSE FERNANDO BUSTAMANTE ARTEAGA, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el 19 de noviembre del 2015.

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

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción
DECANATURA

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
DIOGS*mary

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

Líder en Ciencia y Tecnología

DEC.FTC.REF No. 068
Managua, 04 Septiembre del 2017.

Bachilleres
BYRON JOSÉ ZELEDÓN RUIZ
ERICK SALVADOR OLIVAS WEIMAR
Presentes

Estimados Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de **PRORROGA** de **(1 MES)**, para efectuar la defensa de su trabajo De **Tesina** titulado **"DISEÑO DE 600 METROS LINEALES DE PAVIMENTO ARTICULADO POR EL MÉTODO AASHTO – 93, EN EL ACCESO AL BARRIO SOLINGALPA, EN EL MUNICIPIO DE MATAGALPA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA".** Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberá presentar concluido su documento debidamente revisado por el tutor guía **el 04 de Octubre del 2017.** Para la programación de su defensa.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultada de Tecnología de la Construcción
DECANO
MANAGUA, NICARAGUA

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Tutor
Archivo-Consecutivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DEPARTAMENTO DE COORDINACION DE FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS

HOJA DE CONCLUSIÓN DE TESINA

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES: 1) Br. Byron José Zeledón Ruiz 2) Br. Erick Salvador Olivas Weimar.
NOMBRE DEL CURSO: Obras Horizontales
NOMBRE DE LA TESINA: **DISEÑO DE 600 METROS LINEALES DE PAVIMENTO ARTICULADO DE ACCESO AL BARRIO SOLINGALPA, POR EL MÉTODO AASHTO 93, EN EL MUNICIPIO DE MATAGALPA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA.**
ESPECIFIQUE LAS AREAS QUE ABORDARON EN LA TESINA: 1) Estudio de suelo. 2) Estudio de tránsito. 3) Diseño de estructura de pavimento articulado.
FECHA DE DEFENSA:
VALORACIÓN DEL TUTOR SOBRE LA TESINA:
JURADO CALIFICADOR DE LA TESINA: 1) Ing. Aldo Zamora. 2) Ing. Silvia Lindo. 3) Ing. Ivan Matus Lazo.
FIRMA COORDINADOR:_____

FIRMA DEL TUTOR ----------
CC: Archivo

DEDICATORIA

Con mucho amor dedico este trabajo:

A Dios, mi padre celestial, que nunca me ha dejado, siempre me ha dado las fuerzas necesarias para seguir adelante, me ha cuidado y ha tenido misericordia de mí.

A mi esposa linda Alondra Moraga que con mucho amor y paciencia me ha ayudado a seguir adelante para poder terminar mi carrera.

A mi hijito, Byron Javier, porque me inspira a ser mejor, para ser un ejemplo digno para él.

A mis padres, Byron y Nidia que de una u otra manera me han apoyado**.**

Br. Byron José Zeledón Ruiz

DEDICATORIA

A mi Maestro por excelencia Jehová Dios: en quien pongo mi confianza y mi fe de que cada paso que doy él me guía y sostiene sin importar en la situación que me encuentre, y quien me da la fortaleza para terminar mi carrera en esta vida y prometió darme vida eterna.

A mis padres, Salvador Olivas López y Eliz Mary Weimar Acuña que gracias a sus consejos y apoyo incondicional pude hacerle frente a la universidad y así culminar victorioso mis estudios.

A mi esposa, Rubenia Osiris Picado Picado por formar parte de mi vida y apoyarme en transcurso de mi formación profesional.

A mi Hija, Ariadna Nicole Olivas Picado por ser la luz que ilumina mi vida y mi inspiración para seguir adelante afrontando todos los obstáculos que se me pongan.

Br. Erick Salvador Olivas Weimar.

AGRADECIMIENTO

A ti padre Eterno, que iluminas el camino de quienes buscan de ti, por no dejarnos desfallecer y llenarnos de fuerza, por acompañarnos no sólo en todos los años de estudio, sino también durante toda nuestra formación tanto profesional como espiritual enseñándonos a perseverar para alcanzar nuestras metas.

Al Msc. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga por ser un excelente Tutor, que gracias a su apoyo profesional pudimos completar la elaboración de nuestra tesina y así culminar una etapa más en nuestra formación como profesionales.

Al Ing. Ilich Parajón por ser un excelente profesional y habernos brindado sus conocimientos en los momentos cuando más los necesitábamos y, sobre todo a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por haber formado los grandes profesionales que hoy somos y así poder solucionar todos los problemas constructivos de la población.

Gracias.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio denominado “Diseño de 600 metros lineales de pavimento articulado de acceso al barrio Solingalpa, por el método AASHTO 93, en el municipio de Matagalpa, departamento de Matagalpa.”; presenta la información básica y los criterios necesarios para el diseño de la estructura de pavimento con adoquín aplicando el método AASHTO-93.
Este trabajo contiene cinco capítulos; donde cada uno está constituido por un tema específico.

Capítulo I. Aspectos Generales: Se aborda las generalidades del tema; tales como: introducción, antecedentes, justificación y objetivos.

Capítulo II. Estudio de Suelos: Presenta la información sobre el estudio de suelo contratado por la alcaldía de Matagalpa y realizado por el laboratorio de materiales y suelos “Julio Padilla M.” en el tramo a adoquinar; donde se analizaron las características físico-mecánicas de los suelos para la determinación de su utilidad en la vía como base, sub-base y subrasante que soportarán las cargas a las que serán sometidas, inducidas por la cantidad de ejes equivalentes de diseño, el análisis granulométrico y su respectiva clasificación.

Capítulo III. Estudio de tránsito: se realizó un aforo vehicular el que se realizó en el mes de septiembre del año 2015, en un período de siete días a partir del lunes 07 al domingo 13 de septiembre durante doce horas iniciando a las 6:00 am y concluyendo a las 6:00 pm, en el cual se presenta el estudio y análisis del tránsito necesario para determinar el número ESALS. Describe la recopilación de datos, clasificación de vehículos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, tasas de crecimiento, período de diseño, proyección del tránsito, tránsito Inicial en el año 0, factor de crecimiento, factor de distribución direccional, factor carril, tránsito en el año y número de año en el período de diseño.

Capítulo IV. Diseño de estructuras de pavimento: está comprendido dentro de los siguientes parámetros principales que determinan el diseño de la carpeta de rodamiento:

1.1. Módulo Resiliente (MR).

1.2. Coeficientes estructurales de capa.

1.3. Coeficiente estructural de la carpeta (Adoquín) a1.

1.4. Coeficiente estructural para base granular a2.

2. Calculo de espesores: es el que determinara el tamaño de las capas que soportaran el flujo vehicular durante el periodo de vida útil en que se diseñó la vía.

Y por último las conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos propuestos.

INDICE GENERAL

CAPITULO I (ASPECTOS GENERALES).

1.1 Introducción 1

1.2 Antecedentes 2

1.3 Justificación 3

1.4 Objetivos 4

1.4.1 Objetivo General 4

1.4.2 Objetivos Específicos 4

1.5 Ubicación y localización del proyecto. 5

1.5.1 IMAGEN No 1. Macro localización 6

1.5.2 IMAGEN No 2. Micro localización 7

CAPITULO II (ESTUDIO DE SUELOS).

2.1 Estudio de suelo 8

2.1.1 Suelo 8

2.1.2 Meteorización 8

2.1.3 Las propiedades físico-mecánicas 8

2.1.4 Trabajo de campo 9

2.1.5 Estudio de laboratorio. 10

2.1.5.1 Resultados obtenidos 11

2.1.5.1.1 Sondeos manuales 11

2.1.6 Estratigrafía del suelo. 15

2.1.7 Determinación del CBR de diseño 16

2.1.8 Investigación de fuente de materiales 16

2.1.8.1.1 Banco de materiales "El Mirador" 16

2.1.9 Especificaciones técnicas de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento 18

2.1.9.1 Superficie de rodamiento 18

2.1.9.2 Base 18

2.1.9.3 Sub – base 19

2.1.9.4 Sub – rasante 20

CAPITULO III (ESTUDIO DE TRANSITO).

3.1 Estudio de tránsito. 21

3.1.1 Aforos vehiculares 21

3.1.2 Capacidad de la vía 21

3.1.3 Análisis de cargas equivalentes 21

3.1.4 El tránsito 22

3.1.5 Recopilación de datos 22

3.1.5.1 Clasificación vehicular 22

3.1.5.1.1 Vehículos de pasajeros 22

3.1.5.1.2 Vehículos de carga 22

3.1.5.1.3 Equipo pesado. 23

3.2 Estudios de campo. 23

3.2.1 Volumen de tránsito 23

3.2.2 Expansión a 24.0 Horas 24

3.3 Tránsito promedio diario semanal (TPDS). 26

3.4 Tránsito promedio diario anual (TPDA) 26

3.5 Proyección del tránsito. 28

3.5.1 Tasa de crecimiento vehicular (Tc) 28

3.5.1.1 Crecimiento poblacional 28

3.5.1.2 Crecimiento vehicular 29

3.5.1.3 Producto interno bruto (PIB): 29

3.6 Tránsito de diseño 30

3.6.1 Período de diseño (n) 30

3.6.2 Factor direccional (FD) 31

3.6.3 Factor de crecimiento (FC) 31

3.6.4 Factor de distribución por carril. 32

3.6.5 Determinación del tránsito de diseño 33

CAPITULO IV (DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO).

4.1 Introducción. 35

4.2.1 Índice de serviciabilidad 35

4.2.2 Serviciabilidad inicial: 35

4.2.3 Serviciabilidad final: 35

4.2.4 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) 36

4.3 Análisis de cargas y ejes equivalentes para el diseño de pavimento.. 36

4.4 Confiabilidad (R) 38

4.5 Desviación estándar (S_0) 39

4.6 Coeficiente de drenaje 40

4.7 Propiedades de los materiales 40

4.7.1 Determinación del CBR de diseño 40

4.7.2 Módulo Resiliente (MR) 42

4.7.3 Coeficientes estructurales de capas. 43

4.7.4 Coeficiente estructural de la carpeta (Adoquín) a1 44

4.7.5 Coeficiente estructural para base granular a2 44

4.8 Calculo de espesores. 44

4.8.1 Cálculo del número estructural (SN) y espesores de capas (D) 45

4.8.2 IMAGEN No 1. Cálculo del número estructural SN de la Sub-Rasante mediante el programa computarizado: SOFTWARE PARA PAVIMENTO AASHTO-93. 46
4.8.3 IMAGEN No 2. Cálculo del número estructural SN de la Base mediante el programa computarizado: SOFTWARE PARA PAVIMENTO AASHTO-93. 47
4.9 Criterios de estabilidad y posibilidad de construcción. 47
4.9.1 IMAGEN No 3, Espesores finales de la estructura de pavimento .. 48
4.10 IMAGEN No 4. Datos ingresados en el programa computarizado: Pavement Analysis Software¨, Pavement Desingend Analysis, versión 3.3….....49
4.11 IMAGEN No 5. Espesores Calculados mediante el programa computarizado: Pavement Analysis Software¨, Pavement Desingend Analysis, versión 3.3. 50
CONCLUSIONES 51
RECOMENDACIONES 52
BIBLIOGRAFÍA 53

INDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1. Sondeos efectuados **10**
Tabla N° 2. Ensayos de laboratotios **10**
Tabla Nº 3. Resultados de ensayos de suelo **14**
Tabla Nº 4. Estratigrafía del suelo **15**
Tabla N° 5. Valores de CBR **16**
Tabla N° 6. Resultados de ensayos de laboratorios del banco de Materiales. **17**
Tabla Nº. 7. Especificaciones de materiales para base granular **19**
Tabla Nº 8. Especificaciones de materiales para sub-base **19**
Tabla Nº 9. Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub-rasante.....**20**
Tabla N° 10. Aforo vehicular en ambos sentidos, del 07 al 13 de septiembre, año 2015 .....**23**

Tabla Nº 11. Factores de ajustes de la estación. Ent. Sistema penitenciario de Matagalpa **24**
Tabla Nº 12. Conteo Vehicular expandido a 24.0 Hrs. por Tipo de Vehículo en ambos sentidos del lunes 07 al domingo 13 de septiembre del año 2015 .....**25**
Tabla N° 13. TPDS para cada tipo de vehículo del lunes 07 al domingo 13 del mes de septiembre, año 2015 .....**26**
Tabla Nº 14. Cálculo del tránsito promedio diario anual del año 2015 .....**27**
Tabla Nº 15. Estimaciones y proyecciones de la población del municipio de Matagalpa **28**
Tabla Nº 16. Datos históricos del TPDA **29**
Tabla Nº 17. Producto interno bruto (PIB) **30**
Tabla Nº 18. Período de diseño (N).....**31**
Tabla Nº 19. Factor de distribución por dirección (FD) **31**
Tabla Nº 20. Factor de distribución por carril.....**32**
Tabla Nº 21. Tránsito proyectado, para el tramo de calle de acceso al barrio Solingalpa del municipio de Matagalpa al año 2035.....**33**
Tabla N° 22. Tránsito de diseño para el tramo de calle de acceso al barrio Solingalpa del municipio de Matagalpa al año 2035.....**34**
Tabla Nº 23. Cálculo de factor ESAL`s (factor equivalente de carga), para pavimento flexible, con eje simple, tándem, serviciabilidad Pt = 2 y un SN = 5 se tiene que.....**37**
Tabla Nº 24. Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).....**38**
Tabla Nº 25. Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferentes.....**39**
Tabla Nº 26. Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles **39**
Tabla Nº 27. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles **40**
Tabla N° 28. Valores de CBR para diseño **41**
Tabla Nº 29. Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar EL CBR de Diseño **41**
Tabla N° 30. Cálculo para determinar el CBR de diseño **42**
Tabla N° 31. Datos usados para calcular en número estructural **SN** para la sub-rasante y para la base; mediante el programa computarizado: SOFTWARE PARA PAVIMENTO AASHTO-93.....**46**

Tabla N° 32. Espesores mínimos sugeridos por la AASHTO-93; para capas de concreto asfálticos y base en función del tránsito. **48**
Tabla N° 33 Datos usados para calcular espesores en el programa Pavement Analysis Software AASHTO-93 ..... **49**

ANEXOS

Anexo N° 1. Clasificación de suelos, según AASHTO ..... **I**
Anexo N° 2. Clasificación unificada de suelos, según SUCS ..... **II**
Anexo N° 3. Correlación entre el tipo de material, CBR y K ..... **III**
Anexo N° 4 Estratigrafía del suelo – Nivel de Sub-Rasante ..... **IV**
Anexo N° 5. Relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores del CBR ..... **V**
Anexo N° 6. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos ..... **VI**
Anexo N°7 Diagrama de cargas permisibles aplicadas en los puntos de control ..... **VII**
Anexo N°8. Diagrama de cargas permisibles ..... **VII**
Anexo N°9 Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, ρ_t=2, SN= 5 ..... **VIII**
Anexo N°10.Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Tándem, ρ_t=2, SN= 5 ..... **IX**
Anexo N°11. Número Estructural SN para Sub-rasante y Base ..... **X**
Anexo N°12. Nomograma Relación entre el Coeficiente Estructural para Base Granular y distintos Parámetros Resistentes ..... **XI**

CAPITULO I

(ASPECTOS GENERALES).

1.1 Introducción

Las carreteras han sido durante décadas el principal medio de desplazamiento de viajeros y la vía principal para la distribución de mercancías; al conectar los pueblos y comunidades con las grandes ciudades y al fortalecer la integración de los países. Las carreteras han sido indispensables en el desarrollo de diversas actividades y regiones en todo el mundo.

Debido al mal estado en que se encuentran la gran parte de las carreteras de nuestro país, el gobierno de la República de Nicaragua a través del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) mantiene un plan de mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura vial del país con el fin de apoyar y fortalecer el desarrollo de la nación a través de las actividades industriales, agrícolas, pecuarias y turísticas.

La demanda de más y mejores vías vehiculares y calles adoquinadas por parte de la población de Matagalpa son una de las principales prioridades de la alcaldía municipal de Matagalpa en la actualidad.

El presente documento contiene la propuesta del diseño de 600m de camino de una vía secundaria que facilite el acceso al barrio Solingalpa, en la ciudad de Matagalpa. La obra es demandada por la ciudadanía debido a que existe solamente una vía de ingreso al mismo.

La ciudad de Matagalpa ha tenido un crecimiento considerable tanto demográfica como económicamente y la rapidez con la que ocurre está provocando un caos en el ordenamiento vial; por esta razón la necesidad de ampliar y mejorar las redes de comunicación viales se ha tornado tan relevante como lo es la creación de empleos en la ciudad.

1.2 Antecedentes

El municipio de Matagalpa está ubicado en la región central de Nicaragua, es cabecera departamental del departamento de Matagalpa, (ver anexo 1, macro-localización) y es el principal centro de comercio y servicios de la región. Su extensión territorial es de 640,65 km², con una densidad poblacional de 235,18 hab/km², la densidad en el área urbana es de 2,435 hab/km² y en el área rural es de 30 hab/km², se encuentra a una altitud de 681 msnm.

En el año 2007 gran parte del departamento de Matagalpa se encontraba aislado con vías de acceso apenas transitables, por lo que la población pasaba por incomodidades en los viajes y el costo de las mercancías y el de producción era muy alto.

Actualmente, este departamento cuenta con 168.86 kilómetros de nuevas carreteras, destacando las siguientes: la carretera Sébaco-Matagalpa (27.22 Km), San Ramón-Muy Muy (40.36 Km), Matagalpa- La Dalia (46.04 Km), Jinotega-Matagalpa (32.50 Km), y Guayacán-Jinotega (22.74 Km).

El acceso al barrio Solingalpa y a las calles de éste se compone de vías sin ningún tipo de carpeta de rodamiento que brinde protección a su estructura, (ver imagen No.2, micro-localización, página7).

El área de rodamiento existente de estas vías se encuentra revestida solamente con una mezcla de material selecto el cual presenta condiciones de circulación vehicular desfavorables; existe un gran número de fallas como baches y material suelto a causa de las lluvias ocasionando grandes charcas, dificultando así el flujo libre del transporte, la calidad y comodidad del mismo.

1.3 Justificación

Una comunicación vial adecuada es de vital importancia para el desarrollo de la ciudad; es por ello que en busca de una solución óptima a la problemática de no disponer de calles en buen estado surge la iniciativa de realizar el diseño de la estructura de pavimento articulado para un proyecto de 600 metros de adoquinado.

La población del barrio Solingalpa utiliza la avenida principal para poder realizar sus labores diarias, e ir a centro de estudios, ya que la mayoría de las personas, o en su totalidad, laboran en la zona central de la ciudad o fuera de la misma y tienen que emplear rutas más largas para llegar a dichos centros dado a la falta de buenas calles y carreteras.

La zona en estudio está constituida por un área de alto nivel poblacional, donde sus calles presentan una infraestructura que se manifiesta con un desgaste evidente en la capa de rodamiento, las mismas forman parte de la red vial urbana sin pavimentar y no hay definición de los derechos de vía.

Con el diseño de esta avenida se estaría beneficiando directamente los pobladores del barrio “Solingalpa”, transportistas que circulan diariamente por esta vía, al tener un buen diseño de carpeta de rodamiento las unidades de trasporte colectivo los costos de operación serán más bajos.

El número de beneficiarios directos es de 3100 según estudios demográficos actuales.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

➢ Diseñar 600 metros lineales de pavimento articulado de acceso al barrio Solingalpa, por el método AASHTO 93, en el municipio de Matagalpa, departamento de Matagalpa.

1.4.2 Objetivos Específicos

➢ Analizar el estudio Geotécnico sobre la línea de la calle y del banco de materiales con el fin de garantizar el material adecuado a utilizar en la calle en estudio.

➢ Determinar los ejes equivalentes de carga a la que estará sometida la estructura de pavimento a través del estudio de tránsito.

➢ Diseñar la estructura de pavimento articulado empleando el método de la AASHTO 93.

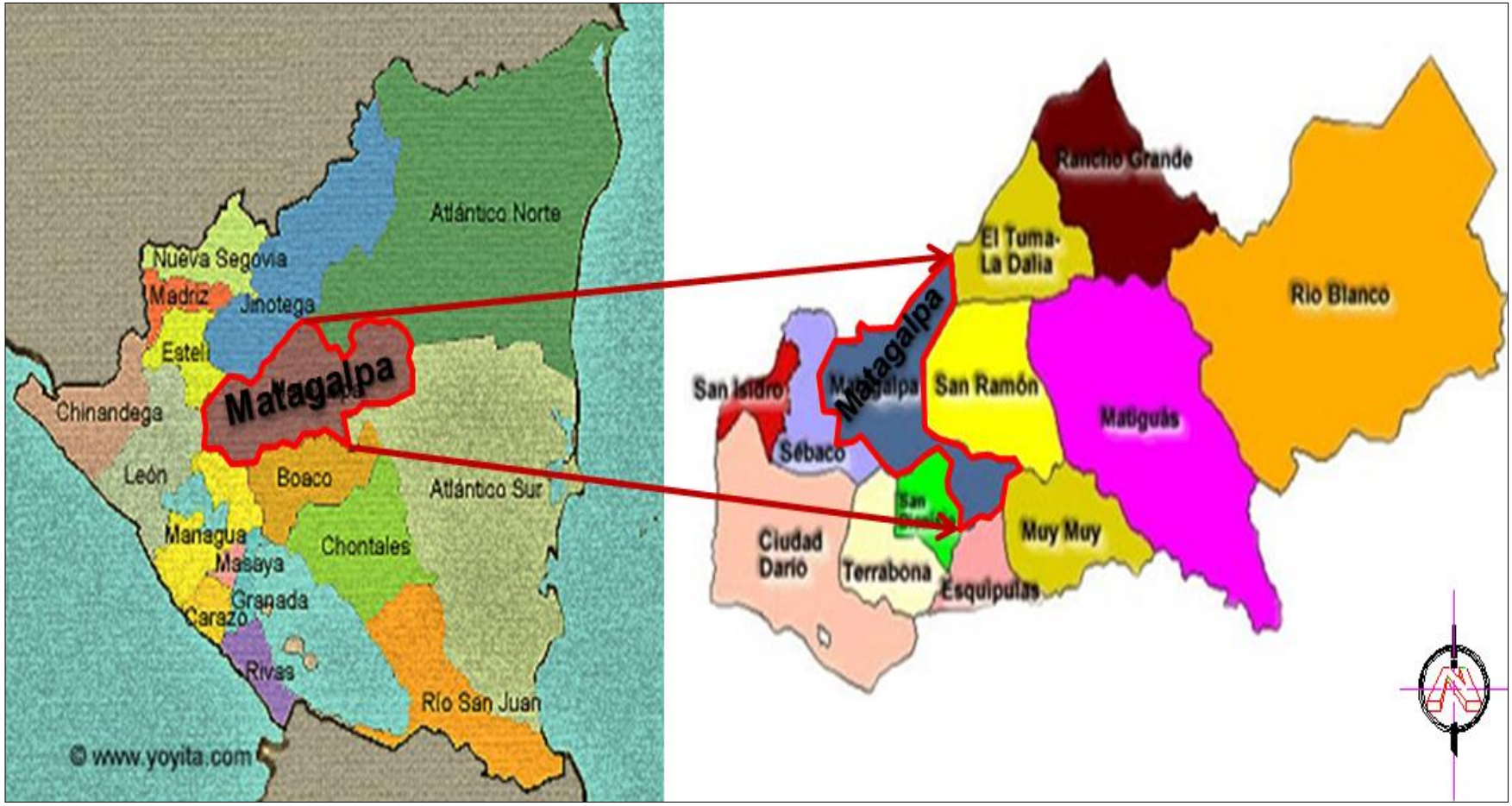
1.5 Ubicación y localización del proyecto.

El sitio del estudio se encuentra ubicado del kilómetro 128, Caserío Las Tejas, sobre la Carretera Sébaco – Matagalpa hacia el sur, sobre el acceso hacia el Barrio Solingalpa en el municipio de Matagalpa.

El proyecto da inicio en el Puente sobre el Río Grande de Matagalpa y concluye en el barrio Solingalpa a la altura de la Escuela del lugar.

El acceso y las calles sujetas del estudio forman parte de la red vial rural y urbana del municipio de Matagalpa.

1.5.1 IMAGEN No 1. Macro localización



1.5.2 IMAGEN No 2. Micro localización

Las flechas rojas indican el inicio y el fin del tramo de acceso hacia el barrio en estudio.

CAPITULO II

(ESTUDIO DE SUELOS).

2.1 Estudio de suelo

2.1.1 Suelo

Es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos (Meteorización).

2.1.2 Meteorización

Consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos.

2.1.3 Las propiedades físico-mecánicas

Son características que se utilizan para la selección de los materiales, las especificaciones de construcción y el control de calidad.

Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub-rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento.

Para conocer las propiedades de los suelos, es necesario tomar muestras; posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades: Granulometría, Límite de Atterberg (líquido e índice plástico), Valor Soporte (CBR), Densidad (próctor), Humedad.

Un suelo conforme a su granulometría se clasifica así:

- Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3”) hasta tamiz No. 10 (2mm)
- Arena gruesa: de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz No. 40 (0.425 mm)
- Arena fina: de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz N0. 200 (0.075 mm)
- Limos y arcillas: tamaños menores de 0.075 mm.

Las propiedades de plasticidad se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg, las cuales son:

- Límite líquido o LL: Es el estado de un suelo, cuando pasa de un estado plástico a un estado semilíquido.
- Límite plástico o LP: Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo
- Índice plástico o IP: es la diferencia entre LL y LP, que nos indica la plasticidad del material.

En este capítulo se plasman los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en el estudio de suelo en el proyecto de **"Adoquinado del tramo de acceso hacia el barrio Solingalpa",** el cual se encuentra localizado en el departamento de Matagalpa. Dicho estudio se realizó con el propósito de obtener las características principales del sub-suelo para realizar el diseño de estructuras de pavimento requeridas.

2.1.4 Trabajo de campo

Se efectuaron 4 sondeos manuales distribuidos cada 190 m, aproximadamente y variando de acuerdo a las condiciones críticas del suelo.

Para la ejecución de dichos sondeos se tomaron muestras alternadas representativas de cada estrato encontrado, marcando las profundidades respectivas, realizando cada uno a una profundidad de 1.50m.

La ubicación de los mismos en la plataforma de la carretera se hizo de forma alterna, al centro, derecha e izquierda del eje central de la vía; cabe mencionar que este estudio de suelos fue realizado por el laboratorio de materiales y suelos. Ing Julio Padilla. M.

Se hizo un recorrido en los alrededores del proyecto con la finalidad de identificar y muestrear una posible fuente de material que pueda suplir al proyecto de material de base y sub-base de adecuada calidad.

Las muestras obtenidas en el campo se examinaron y clasificaron In Situ por el personal de campo, tomándose muestras alternadas; correspondientes a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

Tabla Nº 1. Sondeos Efectuados.

Localización	Estación
Acceso hacia el barrio Solingalpa	Ubicada Frente a la Pulpería Ana; Sobre la Banda Izquierda, Estación 0 + 010
	Ubicada Frente a Escuela Solingalpa; Sobre la Banda Derecha, Estación 0 + 200
	Estación 0 + 390.Sobre la Banda Izquierda
	Estación 0 + 580, Ubicada a 20 metros antes del puente.

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Julio Padilla. M.

2.1.5 Estudio de laboratorio.

Las muestras obtenidas en el campo se reagruparon en el laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios, para tal efecto se utilizaron los procedimientos establecidos por las **Normas de la A.S.T.M.** (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), las que se mencionan a continuación:

Tabla Nº 2. Ensayos de laboratorios

Tipo de Ensayo	Designación A.A.S.H.T.O
Análisis granulométrico de los suelos	T 27 – 88
Límite líquido de los suelos	T 89 – 90
Índice de plasticidad de los suelos	T 90 – 97
Pesos Unitarios (*)	T 19 – 88
Ensayo Proctor Estándar (*)	T 180 – 90
Ensayo C.B.R. (*)	T 193 – 81

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Julio Padilla. M.

Los suelos en estudio se clasificaron por el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO** (Asociación Americana de Carreteras) en su designación **M 145 87**.

2.1.5.1 Resultados obtenidos

2.1.5.1.1 Sondeos manuales

En base a los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que en todo el tramo en estudio predominan los siguientes tipos de suelo:

Estación.0 + 010. Frente a Pulpería Ana; Sobre la Banda Izquierda:

En el primer estrato se observa suelos con predominio de fracción gruesa, los que están conformados por gravas limosas de mala graduación de color café.

En el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) se clasifican del tipo **GC**. El sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, se clasifican del tipo **A –2 – 6 (0)** con índice de grupo de cero; la fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de baja plasticidad, en base a este último sistema se cataloga de excelente a bueno para ser utilizado como material de estructuras de pavimento.

- En la segunda capa se encuentra un manto rocoso.

Estación. 0 + 200. Frente a la Escuela Solingalpa; Sobre la Banda Derecha.

En este sondeo se observa en el primer estrato suelos con predominio de fracción gruesa, los que están conformados por gravas limosas de mala graduación de color café.

En el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se clasifican del tipo **GC**. Según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, se encuentran en el tipo **A –2 – 6 (0)**, con índice de grupo de cero, la fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de baja plasticidad; en base a lo último se cataloga de bueno para utilizarse como material de estructuras de pavimento.

- En la segunda capa se encuentra un manto rocoso.

Estación 0 + 390. Sobre la Banda Izquierda

- En este sondeo en el primer estrato se observa un material con predominio de fracción gruesa, los que están conformados por gravas limosas de mala graduación de color café.

En el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se clasifican del tipo **GC**. Según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, son de tipo **A –2 – 6 (0)**, con índice de grupo de cero. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de baja plasticidad; en base al dicho sistema este se cataloga de bueno para ser utilizado como material de estructuras de pavimento.

- En el segundo estrato se observa suelos con predominio de fracción gruesa, los que están conformados por gravas arcillosas de color café. En el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se clasifican del tipo **GC**. Según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, se clasifican del tipo **A–2–7**, con índice de grupo de cero.

La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de alta plasticidad. En base al sistema de clasificación suelos de la AASHTO este material se cataloga como bueno para ser utilizado como material de cimentación de terracería y/o estructuras de pavimento.

Estación 0 + 580, Ubicada en el Centro de la vía a 20 metros antes del puente.

- En este sondeo se observa suelos con predominio de fracción gruesa, los que están conformados por gravas limosas de buena graduación de color café. En el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se clasifican del tipo **GW –GM**.

- Según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, se clasifican del tipo **A–1–a**, con índice de grupo de cero; la fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad.

En base al sistema de clasificación suelos de la AASHTO el cual determina de la composición granulométrica de cada extracto encontrado, establece que los suelos encontrados son materiales formados por roca o grava los cuales tiene el 35% o menos del material fino que pasa por el tamiz N° 200 este material se cataloga de bueno para ser utilizado como material de cimentación de terracería y/o estructuras de pavimento.

Tabla Nº 3. Resultados de ensayos de suelo.

Ubicación	Sondeo	Muestra	Profundidad	% Que Pasa por el Tamiz										L.L.	I.P.	Clasificación	
	N°	N°	(metros)	2”	1 ½”	1”	¾”	½ “	3/8”	N°4	N°10	N°40	N°200	(%)	(%)	SUCS	AASHTO
Tramo de calle. Barrio Solingalpa las Tejas, Matagalpa.																	
Frente a Pulpería Ana; Sobre la Banda Izquierda. Estacion 0 + 010	Sm – 1	1	0.00 - 0.40	91	85	68	57	46	41	34	27	18	9	19.5	15	**GC**	**A - 2 - 6 (0)**
		2	0.40 - 1.50	Manto Rocoso													
Frente a Escuela Solingalpa; Sobre la Banda Derecha Estacion 0 + 200.	Sm – 2	1	0.00 - 0.30	91	85	68	57	46	41	34	27	18	9	19.5	15	**GC**	**A - 2 - 6 (0)**
		2	0.30 - 1.50	Manto Rocoso													
Estación 0 + 390; Sobre la Banda Izquierda.	Sm – 3	1	0.00 - 0.60	91	85	68	57	46	41	34	27	18	9	19.5	15	**GC**	**A - 2 - 6 (0)**
		2	0.60 - 1.50		100	83	76	67	54	31	25	17	13	48	23.6	**GC**	**A - 2 - 7 (0)**
Estación 1 + 580, a 20 m antes del puente.	Sm - 4	1	0.00 - 1.5		100	80	68	59	56	48	38	21	11	--	NP	**GW - GM**	**A-1-a (0)**
OBSERVACIONES:																	
L.L. : Límite Líquido I.P. : Indice Plástico I.G. : Indice de Grupo N.P. : Suelo No Plástico																	

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Julio Padilla. M.

2.1.6 Estratigrafía del suelo.

La secuencia estratigráfica del sitio en estudio se describe considerándose desde la superficie hasta la profundidad investigada, la cual se presenta a continuación:

Tabla Nº 4. Estratigrafía del suelo.

Estacion/Sondeo	Frente a pulperia Ana, Sobre la banda izquierda. Estacion 0 + 010.		Frente a Escuela Solingalpa, Sobre la banda derecha. Estacion 0 + 200.		Estacion 0 + 390, sobre la banda izquierda.		Estación 0 + 580. Ubicada a 20 metros antes del puente.	
Profundidad (m).	S1		S2		S3		S4	
	AASHTO	*SUCS*	*AASHTO*	*SUCS*	*AASHTO*	*SUCS*	*AASHTO*	*SUCS*
0.10	**A - 2 - 6(0);** (Fragmentos de piedra, grava y arena).	**GC** (Grava pobremente gabada con limos).	**A - 2 - 6(0);** (Fragmentos de piedra, grava y arena).	**GC** (Grava pobremente gabada con limos).	**A - 2 - 6(0);** (Fragmentos de piedra, grava y arena).	**GC** (Grava pobremente gabada con limos).	**A - 1 - a(0)**; (Fragmentos de piedra, grava y arena).	**GW - GM;** (Gravas limosas bien graduadas).
0.20								
0.30								
0.40			**Manto Rocoso.**					
0.50	**Manto Rocoso.**				**A - 2 - 7 (0)**; (Fragmentos de piedra, grava y arcilla).	**GC**; (Gravas arcillosas)		
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								

Fuente: Autoría propia

2.1.7 Determinación del CBR de diseño

Se procedió a encontrar los valores aproximados de CBR de los diferentes tipos de suelos localizados en la línea, que servirán como sub-rasante. Se eligieron los valores promedios de acuerdo a la tabla de relación aproximada entre los valores del CBR y la clasificación del suelo (**ver anexo N° 5, página V**).

Tabla N° 5. Valores de CBR.

Clasificación		CBR	Frecuencia (F)	Limite Líquido (L. L)	Índice Plástico (I. P)
AASHTO	**SUCS**	**95%**			
A - 2 - 6 (0)	**GC**	20	3	19.5	15
A - 2 - 7 (0)	**GC**	25	1	48	23.6
A - 1 - a (0)	**GW - GM**	40	1	--	NP

Fuente: Elaboración propia.

2.1.8 Investigación de fuente de materiales

Con el propósito de suministrar a la obra un material adecuado de cimentación, se tomó una muestra a la fuente de materiales **"El Mirador"** para su evaluación y análisis.

2.1.8.1.1 Banco de materiales "El Mirador"

Esta fuente de materiales está localizada a 7 km del casco urbano del municipio de Matagalpa, carretera hacia la ciudad de Jinotega. Sus características se describen a continuación.

Esta fuente está conformada por materiales granulares **A –1 –a.** En el sistema unificado de clasificación de suelos, **SUCS**, se clasifica del tipo **GW**. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se clasifica del tipo **A-1-a**, su índice de grupo es cero. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad, su CBR es de 81.6%, su densidad seca máxima es de 1,962 Kg/m³ y su humedad óptima es de 12.1%.

En base al 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 se pavimento.

Considerando los resultados de C.B.R. y el ensayo Proctor, este material puede ser utilizado como base y sub-base de buena calidad.

Tabla N° 6. Resultados de ensayos de laboratorios del banco de materiales.

PVSS	PVSC	Densidad	Humedad	C.B.R	% Que Pasa por el Tamiz										L.L.	I.P.	Clasificación	
Kg/m³	Kg/m³	Kg./m³	%	95%	2”	1 ½”	1”	¾”	½ “	3/8”	N°4	N°10	N°40	N°200	(%)	(%)	SUCS	AASHTO
Fuente de Materiales : “El Mirador”																		
1,213	1,320	1,962	12.1	81.6			100	85	70	48	16	14	7	8	--	NP	GW	A-1-a (0)
OBSERVACIONES:																		
PVSS = Peso Volumétrico, Seco Suelto, PVSC = Peso Volumétrico Seco Compacto, L.L. = Límite Líquido, I.P. = Indice de Plasticidad																		

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Julio Padilla. M.

2.1.9 Especificaciones técnicas de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento

2.1.9.1 Superficie de rodamiento

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

Los bloques o adoquines son elementos construidos con material pétreo y cemento pudiendo tener varias formas, todas ellas regulares, y que son colocados sobre una cama de arena de 3 a 5 centímetros de espesor, la que tiene como función primordial absorber las irregularidades que pudiera tener la base, proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado y ofreciendo una sustentación y apoyo uniforme en toda su superficie. Además sirve para drenar el agua que se filtra por las juntas, evitando que se dañe la base.

El adoquín a utilizarse será denominado tipo tráfico cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor de 350 kg/cm^2 (5000 PSI)[1].

2.1.9.2 Base

La base estará constituida por agregados seleccionados, compuestos preferiblemente de grava o de agregados triturados. La base se deberá colocar en una capa y compactarse a un mínimo de 95% Proctor Modificado (ASTM D 1557). El material usado como base deberá satisfacer los siguientes requisitos:

[1] Normas NIC-2000. Sección 502. Pavimentos de adoquines de concreto. Página.273.

Tabla Nº 7. Especificaciones de materiales para base granular

N°	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
3	CBR	40% min	AASHTO-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

2.1.9.3 Sub – base

Esta deberá ser colocada sobre la terracería en una capa compactada hasta alcanzar el 95% mínimo de su peso volumétrico seco máximo (ASTM D 1557). El material a utilizarse como capa de sub-base deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Tabla Nº 8 Especificaciones de materiales para sub-base

N°	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla No. 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Límite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15% máx.	10% máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10% min	20% máx.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95% min. 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 NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (a).

2.1.9.4 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.

Tabla Nº 9. Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub-rasante.

N°	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla No. 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Límite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15% máx.	10% máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10% min	20% máx.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % min, Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95% min, 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 NIC-2000 Sección 203. 11 (b), 1003. 21, 1003. 24 (g).

CAPITULO III

(ESTUDIO DE TRÁNSITO).

3.1 Estudio de tránsito.

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

El tránsito permite determinar la cantidad de vehículos que se trasladan de un lugar a otro. Se utiliza para evaluar la situación actual de una vía en la cual se hace un diagnóstico de la demanda vehicular.

Los factores referentes al tránsito se obtienen a través del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el porcentaje que representa cada tipo de eje, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el período de diseño.

3.1.1 Aforos vehiculares

Es el estudio cuyo objetivo es cuantificarlos volúmenes actuales de tránsito, con las condiciones presentes y pronosticar los volúmenes que serán atraídos y generados como resultado de su rehabilitación y mejoras.

3.1.2 Capacidad de la vía

Es el máximo volumen horario de tránsito que puede circular por un punto o una sección.

3.1.3 Análisis de cargas equivalentes

Para el cálculo de los ejes equivalentes se consideran los tipos de vehículos obtenidos en los conteos o aforos vehiculares y los pesos sugeridos por la AASHTO para cada uno de ellos. Esto se hace cuando en el tramo de estudio no se cuenta con una báscula que permita el pesaje de los vehículos (en todo caso es el MTI).

3.1.4 El tránsito

Es una variable importante para el diseño de una vía ya que el número y el peso de los ejes de los vehículos son factores que influyen en la estructura de pavimento y de esta manera poder calcular los espesores del mismo.

Para su correcta elaboración se realizaron tres etapas:

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

3.1.5 Recopilación de datos

El conteo vehicular se realizó frente a la pulpería Solingalpa en la calle de acceso al barrio con el mismo nombre; este conteo fue ejecutado en el mes de septiembre del año 2015 en un período de siete días a partir del lunes 07aldomingo13 de septiembre durante doce horas, iniciando a las 6:00 am y concluyendo a las 6:00 pm.

3.1.5.1 Clasificación vehicular

Para la clasificación de los vehículos el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado cuatro categorías (**ver anexo N° 6, página VI**).

3.1.5.1.1 Vehículos de pasajeros

Son motocicletas, automóviles, jeep, camionetas, microbús (capacidad menor o igual a 14 pasajeros), minibús (capacidad de 15 a 30 pasajeros), bus (capacidad mayor de 30 pasajeros).

3.1.5.1.2 Vehículos de carga

Estos son vehículos livianos de carga (peso máximo de 4 toneladas), camiones de carga C2 – C3 (peso mayor de 5 toneladas), camiones de carga pesada (tipo Tx-Sx≤4 ejes), camiones Tx-Sx≥5 ejes (considerados combinaciones de tractor, camión y semirremolque), camión Cx-Rx≤4 ejes (combinación camión remolque), Cx-Rx≥5 ejes (combinación camión remolque).

3.1.5.1.3 Equipo pesado.

Estos son los vehículos agrícolas y vehículos de construcción.

Otros

Remolques y tráileres (pequeños que sean halados por cualquier clase de vehículo automotor).

3.2 Estudios de campo.

3.2.1 Volumen de tránsito

El estudio de los volúmenes de tránsito, su composición y comportamiento, forman parte de los parámetros fundamentales para el método de diseño de pavimento articulado.

El volumen de tránsito que circula por la vía, se determinó a través de aforos. El aforo se realizó durante una semana; en un período de tiempo de 12 horas correspondiente de 6:00 am a 6:00 pm cada día; a continuación se presenta el resultado del conteo vehicular (ver tabla 10).

Tabla N° 10. Aforo vehicular en ambos sentidos, del 07 al 13 de septiembre, año 2015.

Aforo Vehicular de 12 horas										
Día	Vehículos de Pasajeros					Vehículos de Carga				
	Motos	Autos	Jeep	Camionetas	Micro Bus	Bus	Liviano de carga	C2	C3	TOTAL
Lunes 07/09/2015	52	25	12	35	12	24	18	10	8	**196**
Martes 08/09/2015	42	22	15	36	14	25	12	9	11	**186**
Miércoles 09/09/2015	58	28	18	28	13	22	17	9	10	**203**
Jueves 10/09/2015	65	30	9	39	15	24	22	8	15	**227**
Viernes 11/09/2015	69	35	14	42	14	26	23	13	13	**249**
Sábado 12/09/2015	68	38	16	45	16	27	25	10	18	**263**
Domingo 13/09/2015	57	26	12	35	8	12	13	7	5	**175**
TOTAL	**411**	**204**	**96**	**260**	**92**	**160**	**130**	**66**	**80**	**1499**

Fuente: Autoría propia

3.2.2 Expansión a 24.0 Horas

Los volúmenes de tráfico diario se expandieron a tráfico de veinticuatro horas, haciendo uso del factor de expansión día por tipo de vehículo de la estación. Entrada Sistema penitenciario de Matagalpa.

Tabla Nº 11. Factores de ajustes de la estación. Entrada Sistema penitenciario de Matagalpa.

Camino:	Estación:	Tramo:	Ent. Sist. Penitenciario de Matagalpa					Período	L	Dias:	5	Horas:		Mes/Año	Enero	2014	Km:	
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga							Equipo Pesado			Total
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.	Otros	
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21	
TP(D)	140	44	19	119	13		27	30	37	4		2				0	1	435
Factor Dia	1.26	1.49	1.31	1.32	1.27	1.18	1.28	1.25	1.24	1.07	1.00	1.48	1.00	1.00	1.00	1.00	1.41	
Factor Semana	0.97	1.11	1.08	1.03	0.98	0.95	0.95	0.91	0.85	0.89	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.75	
Factor Expansión	1.02	0.97	0.97	0.96	1.01	1.01	1.04	0.93	1.07	1.21	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	
TPDA Ene-Abr	173	71	26	156	16		34	31	42	5		2					2	558
% TPDA	31.00	13	5	28	3		6	6	8	1		0					0	100
% Vehiculos Livianos			79.21%				% Vehiculos Pesados					20.43%					0.36%	100.00%

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI. Año 2014. Página 355.

Tabla Nº 12. Conteo Vehicular expandido a 24.0 horas por Tipo de Vehículo en ambos sentidos del lunes 07 al domingo 13 de septiembre del año 2015.

Conteo Vehicular expandido a 24 Hrs. Por tipo de vehiculo en ambos sentidos del lunes 07 al domingo 13 de septiembre del año 2015. Utilizando los Factores de ajuste de la Estacion- Entrada al sistema penitenciario de Matagalpa.																
Tipo de Vehiculo.	Factor Dia	Dia Lunes		Dia Martes		Dia Miercoles		Dia Jueves		Dia Viernes		Dia Sabado		Dia Domingo		Transito total expandido a 24 horas
		12 Horas	24 Horas	12 Horas	24 Horas	12 Horas	24 Horas	12 Horas	24 Horas	12 Horas	24 Horas	12 Horas	24 Horas	12 Horas	24 Horas	
Motos	1.26	52	65.52	42	52.92	58	73.08	65	81.90	69	86.94	68	85.68	57	71.82	**518** Veh/Sem
Autos	1.49	25	37.25	22	32.78	28	41.72	30	44.70	35	52.15	38	56.62	26	38.74	**304** Veh/Sem
Jeep	1.31	12	15.72	15	19.65	18	23.58	9	11.79	14	18.34	16	20.96	12	15.72	**126** Veh/Sem
Camionetas	1.32	35	46.20	36	47.52	28	36.96	39	51.48	42	55.44	45	59.40	35	46.20	**343** Veh/Sem
Micro Bus	1.27	12	15.24	14	17.78	13	16.51	15	19.05	14	17.78	16	20.32	8	10.16	**117** Veh/Sem
Bus	1.28	24	30.72	25	32.00	22	28.16	24	30.72	26	33.28	27	34.56	12	15.36	**205** Veh/Sem
Liviano de Carga	1.25	18	22.50	12	15.00	17	21.25	22	27.50	23	28.75	25	31.25	13	16.25	**163** Veh/Sem
C2	1.24	10	12.40	9	11.16	9	11.16	8	9.92	13	16.12	10	12.40	7	8.68	**82** Veh/Sem
C3	1.07	8	8.56	11	11.77	10	10.70	15	16.05	13	13.91	18	19.26	5	5.35	**86** Veh/Sem
TOTAL		**196**	**254.11**	**186**	**240.58**	**203**	**263.12**	**227**	**293.11**	**249**	**322.71**	**263**	**340.45**	**175**	**228.28**	**1944 Veh/Sem**

Fuente: Autoría propia

Tránsito expandido 24 hrs, = Factor día * Tránsito 12 hrs. (Ec - 3.2)

Tránsito expandido 24 hrs. Autos Lunes, = 1.49 * 25 = 37.25

3.3 Tránsito promedio diario semanal (TPDS).

Es el tránsito total registrado por día, dividido por los siete días de la semana del conteo elaborado frente a la pulpería Solingalpa en la calle de acceso al barrio (**ver tabla 13**).

Se determina el transito promedio diario por medio de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{TPDS} = \frac{\Sigma \mathbf{TDiario}}{\mathbf{7}} \mathbf{(EC.\ 3.4)}$$

TPDS = Tránsito promedio diario semanal.

ΣTDi = Suma de Tránsito diario.

Tabla N° 13. TPDS para cada tipo de vehículo del lunes 07 al domingo 13 del mes de septiembre, año 2015.

Tipo de vehículo	Tránsito semanal (TS)	T. P. D. S (veh/día)
Motos	518	74
Autos	304	43.43
Jeep	126	18
Camionetas	343	49
Micro Bus	117	16.71
Bus	205	29.29
Liviano de carga	163	23.29
C2	82	11.71
C3	86	12.29
Total	**1944**	**278**

Fuente: Autoría propia.

$$\mathbf{TPDS}_{\mathbf{autos}} = 304 \div 7 = 43.43 \text{ Veh / día}$$

3.4 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 obtener el tránsito promedio diario del tramo de calle del acceso al barrio Solingalpa, se tomó como referencia los datos registrados por el MTI; mediante aforos que dicha institución realiza en estaciones, ubicadas en toda la red vial del país.

El MTI ha desarrollado factores de ajuste; pretendiendo que al momento de llevar a cabo un conteo vehicular sea posible aplicarlos, desarrollados a partir de la estación que está asociada con el tramo de calle en estudio localizada en la **"Entrada al sistema penitenciario de Matagalpa"** (Ver tabla Nº 11) y obtener así el TPDA en un tramo de vía previamente establecido.

Tomando los valores del TPDS, de la tabla 13 y los factores de expansión de la tabla 11; determinamos el TPDA para cada tipo de vehículo.

$$\mathbf{TPDA} = \mathbf{TPDiario} \times \mathbf{factor\ expansión} \qquad (\mathbf{EC.3.6})$$

$$\%\mathbf{TPDA} = \frac{\mathbf{TPDA\ Moto}}{\mathbf{TOTAL\ TPDA}} \times 100 \quad (\mathbf{EC.\ 3.7})$$

Tabla Nº 14. Cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) del año 2015.

Calculo de transito promedio diario anual con el factor de expansión del tramo: Entrada al sistema penitenciario - Matagalpa.										
Vehiculos	**Motos**	**Autos**	**Jeep**	**Camionetas**	**Micro Bus**	**Bus**	**Liviano de Carga**	**C2**	**C3**	**Total**
TPDiario	74	43.43	18	49	16.71	29.29	23.29	11.71	12.29	277.7
Factor expansion	1.02	0.97	0.97	0.96	1.01	1.04	0.93	1.07	1.21	
TPDA	76	43	18	48	17	31	22	13	15	283
% TPDA	26.6455	15.6381	6.4813	17.6437	6.0169	10.5466	8.3861	4.2165	4.4253	100
% de Vehiculos livianos				**66.4086**	**% de Vehiculos pesados**				**33.5914**	**100.00**

Fuente: Autoría propia

% Vehículos livianos = 26.6455+ 15.6381 + 6.4813 + 17.6437 = 66.4086

% Vehículos pesados = 6.0169 + 10.5466+ 8.3861 + 4.2165 + 4.4253= 33.5914.

3.5 Proyección del tránsito.

3.5.1 Tasa de crecimiento vehicular (Tc)

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía expresado en porcentajes. Se determina basándose en los datos de las estaciones de conteo, tomando en consideración las variables que se describen a continuación:

3.5.1.1 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.

Según las estadísticas poblacionales cuantificadas por el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC), actualmente Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) se obtuvieron las tasas de crecimiento por municipio, las cuales fueron ajustadas a las tasas estimadas para los departamentos.

Finalmente, para la proyección hasta el año 2020, se tomó la población base del año 2005 ajustándose a los techos departamentales proyectados al 30 de junio de cada año. **(Ver tabla Nº 15 y tabla Nº 16).**

Tabla Nº 15. Estimaciones y proyecciones de la población del municipio de Matagalpa

AÑO	Tasa de Crecimiento. (TC)
2005 – 2010	1.1
2010 – 2015	0.8
2015 – 2020	0.9
Promedio TC	**0.93**

Fuente: Estimaciones y proyecciones de población. INIDE. Año 2007.

Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE); en el año 2015 la tasa de crecimiento poblacional en el municipio de Matagalpa es de 0.93.

3.5.1.2 Crecimiento vehicular

Para determinar la tasa de crecimiento vehicular aplicamos la siguiente ecuación.

$$TC = \left[\left(\frac{TPDAi}{TPDAo}\right)^{\frac{1}{n}} - 1\right] * 100 \text{ (EC. 3.8)}$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento vehicular.

TPDAi: Tráfico promedio diario actual.

TPDAo: Tráfico promedio diario del año base.

n: Diferencia de años.

Para el comportamiento vehicular tomamos en cuenta el tránsito de la estación de corta duración Entrada al Sistema penitenciario de Matagalpa; al que corresponde nuestro tramo en estudio.

Tabla Nº 16. Datos históricos del TPDA

Entrada al Sistema penitenciario de Matagalpa. Estación. EDM	
AÑO	2014
TPDA	558

Fuente: Anuario de aforos de tráfico año 2014 MTI. Pág.227

Concluimos que en esta estación solo se registra el TPDA del año 2014

3.5.1.3 Producto interno bruto (PIB):

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.

El PIB promedio de los últimos 10 años es de 4.17 %.

Tabla Nº 17. Producto interno bruto (PIB).

AÑO	PIB	% CRECIMIENTO PIB
2003	28,795.50	2.5
2004	30,325.20	5.3
2005	31623.9	4.3
2006	119,235.20	4.2
2007	125,231.50	5
2008	130,235.00	4
2009	127397.7	2.2
2010	132,012.90	3.60
2011	139,206.30	5.4
2012	146,451.30	5.2
Promedio		**4.17**

Fuente: Estadísticas macroeconómicas, BCN. Anuario 2012.

Tomando en cuenta la tasa de crecimiento vehicular, crecimiento económico y poblacional presentados anteriormente (0.93 + 4.17)/2 y dado a que en promedio nos da un valor de 2.55% lo utilizaremos para las proyecciones del tránsito en la zona, ya que se considera una tasa adecuada al sitio del proyecto.

3.6 Tránsito de diseño

3.6.1 Período de diseño (n)

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

En base al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA 2001, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio clasificado como colectora sub urbana es de 10 a 20 años según Pág. 10 del manual.

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de **20 años.**

Hoy en día se recomienda que se estudien los pavimentos para un período de comportamiento mayor, ya que ellos pueden dar lugar a una mejor evaluación de las alternativas a largo plazo basadas en análisis de corto-tiempo.

Tabla Nº 18. Período de diseño (n)

Tipo de carretera	Período de diseño (años)
Autopista Regional	20 – 40
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	**10 – 20**
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001. Pág. 10.

3.6.2 Factor direccional (FD)

Es el factor del total del flujo vehicular censado; generalmente su valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección; y la otra mitad va en otra.

Tabla Nº 19.Factor de distribución por dirección (FD)

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	**50**
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.+

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

3.6.3 Factor de crecimiento (FC)

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectará el tránsito; la tasa del incremento anual vehicular además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño.

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} * 365 \qquad \textbf{(Ec. 3.9)}$$

Dónde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento del tránsito (%).

n: Período de diseño (años).

365: Días del año.

Sustituyendo valores obtenemos:

i: 2.54 %.

n: 20 años.

$$FC = \frac{(1+0.0254)^{20} - 1}{0.0254} * 365 \qquad (EC.3.10)$$

$$FC = 9,361.43 \qquad \approx 9,362$$

3.6.4 Factor de distribución por carril.

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

Tabla Nº 20. Factor de distribución por carril.

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	**1**
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2001.

Para el tramo en estudio se asigna el valor de **Fc' = 1** puesto que la vía posee un solo carril para un sólo sentido direccional.

3.6.5 Determinación del tránsito de diseño

Es el volumen de tránsito para un año cualquiera; siendo el número de veces que pasara el tránsito por la vía en (n) años.

$$TPDA_{2035} = To_{2015} * (1 + i)^{n} (EC. 3.11)$$

Dónde:

To = Tránsito Inicial en el año n.

i= Tasa de crecimiento anual en %

n= Número de año en el período de diseño.

Tabla Nº 21.Tránsito proyectado, para el tramo de calle de acceso al barrio Solingalpa del municipio de Matagalpa al año 2035.

Tipo de vehículo	$TPDA_{2015}$	Tasa de crecimiento	n	TPDA Proyectado 2035
Motos	76	0.0255	20	126
Autos	43	0.0255	20	72
Jeep	18	0.0255	20	30
Camionetas	48	0.0255	20	80
Micro Bus	17	0.0255	20	29
Bus	31	0.0255	20	52
Liviano de carga	22	0.0255	20	37
C2	13	0.0255	20	22
C3	15	0.0255	20	25
Total				**473**

Fuente: Autoría propia

$$TPDA_{2035} = To_{2015} * (1 + i)^{n}$$

$$\mathbf{TPDA_{2035}}\ \text{AUTOS} = 43 * (1 + 0.0255)^{20}$$

$$\mathbf{TPDA_{2035}}\ \text{AUTOS} = 43 * 1.6546 = 71.15 = 72$$

Teniendo el tránsito proyectado se determinó el tránsito de diseño de la siguiente manera:

$$T_D = TPDA_0 * FC * FD * F_C'$$

$$T_D = TPDA_{2015} * FC * FD * F_C' \quad \textbf{(EC. 3.12)}$$

Dónde:

$TPDA_0$: Tránsito Promedio Diario Anual del año cero.

FC: Factor de crecimiento

FD: Factor de distribución por sentido

Fc': Factor de distribución por carril.

Tabla N° 22. Tránsito de diseño para el tramo de calle de acceso al barrio Solingalpa del municipio de Matagalpa al año 2035.

Tipo de vehículo	TPDA 2015	FC	FD	Fc'	TD 2035
Motos	76	9362	0.5	1	355,756
Autos	43	9362	0.5	1	201,283
Jeep	18	9362	0.5	1	84,258
Camionetas	48	9362	0.5	1	224,688
Micro Bus	17	9362	0.5	1	79,577
Bus	31	9362	0.5	1	145,111
Liviano de carga	22	9362	0.5	1	102982
C2	13	9362	0.5	1	60,853
C3	15	9362	0.5	1	70,215
Total					**1, 324,723 Veh.**

Fuente: Autoría propia

$$T_{D\ 2035}\ AUTOS = 43 * 9362 * 0.5 * 1$$

$$T_{D\ 2035}\ AUTOS = 201{,}283$$

CAPITULO IV

(DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS).

4.1 Introducción.

El diseño de pavimentos consiste en determinar cada uno de los espesores de las capas que conforman la superficie de rodadura. Este está basado en los estudios del tránsito, las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como otras variables descritas en este capítulo.

4.2 Método AASHTO-93:

Método utilizado para efectuar el diseño, el cual consiste en la habilidad que tiene un pavimento para servir al tráfico a lo largo del tiempo, caracterizándose por considerar las siguientes variables:

4.2.1 Índice de serviciabilidad

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. La mejor forma para evaluar esto es por el índice de servicio presente (PSI), en una escala de 0 a 5, entre mayor sea el número, mejor será su condición al tráfico.

Para ello debe asumirse la serviciabilidad inicial; ρ_0 es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción y la serviciabilidad final o terminal, ρ_t es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista. Los valores recomendados son los que se obtuvieron en el AASHTO Road Test**:**

4.2.2 Serviciabilidad inicial:

po = 4.5 para pavimentos rígidos.

po = 4.2 para pavimentos flexibles.

4.2.3 Serviciabilidad final:

pt = 2.5 Lo más para caminos muy importantes.

pt = 2.0 para caminos de menor tránsito[2].

[2]Diseño de pavimentos AASHTO 93. Edición 2006. Página 172.

Para la determinación de la serviciabilidad de un pavimento se toma en cuenta que la serviciabilidad final de un pavimento (Pt) depende del tránsito y del índice de servicio inicial (Po).

ρ_0 (Serviciabilidad Inicial)= 4.2 Para pavimentos flexibles.
ρ_t (Serviciabilidad Final) = 2 Para vías de tráfico normal.

4.2.4 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la Serviciabilidad inicial y la final. (Diseño de pavimentos AASHTO 93. Edición 2006. Página 172).

Se calcula con la siguiente ecuación:

$\Delta PSI = \rho_0 - \rho_t$ **(Ec - 4.1)**

$\Delta PSI = 4.2 – 2.0$

$\Delta PSI = 2.2$

4.3 Análisis de cargas y ejes equivalentes para el diseño de pavimento

Definiremos como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips ó18, 000 libras en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento, haciendo uso del factor de equivalencia de carga, acumulados durante el período de diseño, se hará uso de las cargas por ejes por cada tipo de vehículo permitidas por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (**ver Anexos N° 7 y 8, página VII**).

Para el cálculo de ejes equivalentes (ESAL's) existe un factor correspondiente que se obtienen de las tablas de la AASHTO 93, de los ejes sencillos y dobles, para cada eje de los vehículos la cual a su vez se sugiere utilizar el valor de SN 5, el cual transforma la carga por eje a un número de ejes equivalentes (**ver Anexos 9 y 10, páginas VIII y IX**).

Los ejes equivalentes se obtienen conociendo el tránsito de diseño y los factores de equivalencia, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Esal 0 W18} = \text{TD} * \text{FactorCarga} \quad \textbf{(EC – 4.2)}$$

Para realizar el cálculo del **ESALs** de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularán por el camino durante el período de diseño y el factor de equivalencia de carga. Para obtener dicho factor se considera una **serviciabilidad final de 2.0**, que es el valor que se recomienda para camino de tránsito menor y un **coeficiente estructural de carga SN=5.**

Calculamos el factor equivalente de carga (LEF) para cada tipo de vehículo según su peso por eje.

Para un C3 el eje delantero y el eje trasero poseen pesos diferentes, según diagrama de cargas permisibles de vehículos livianos. Peso del eje delantero: 11000 lbs.= 11 Kips y el peso del eje trasero es de: 36300 lbs = 36.3 Kips.

Tabla Nº 23. Calculo de factor ESAL`s (factor equivalente de carga), para pavimento flexible, con eje simple, tándem, serviciabilidad Pt = 2 y un SN = 5 se tiene que:

Camion C3					
Ejes Simples			Ejes Tandem		
Peso (Libs.)	SN= 5 y Pt= 2	Factor ESAL's	Peso (Libs.)	SN= 5 y Pt= 2	Factor ESAL's
10,000	→	0.079	36,000	→	1.38
11,000	→	X	36,300	→	X
12,000	→	0.174	38,000	→	1.73
$y_x = y_o + \frac{x - x_o}{x_1 - x_o}(y_1 - y_o)$			$y_x = y_o + \frac{x - x_o}{x_1 - x_o}(y_1 - y_o)$		
$X = 0.079 + \frac{11{,}000 - 10{,}000}{12{,}000 - 10{,}000} \times (0.174 - 0.079)$			$X = 1.38 + \frac{36{,}300 - 36{,}000}{38{,}000 - 36{,}000} \times (1.73 - 1.38)$		
Factor equivalente de carga= 0.1265			**Factor equivalente de carga=** 1.4325		

En la siguiente tabla se presentan los valores de coeficientes de carga ESALs de diseño para cada tipo de vehículo.

Tabla Nº 24. Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton) con un periodo de diseño n=20, una serviciavilidad final= 2, un SN=5 y una tasa de crecimiento de 2.55 %

Tipo de vehículo	TPDA 2015	Peso por eje en LBS	Tipo de eje	TD	F. ESAL	ESAL Diseño
Autos	43	2200	Simple	201283	0.00038	76.49
		2200	Simple	201283	0.00038	76.49
Jeep	18	2200	Simple	84258	0.00038	32.02
		2200	Simple	84258	0.00038	32.02
Camionetas	48	2200	Simple	224688	0.00038	85.38
		4400	Simple	224688	0.0034	763.94
Micro Bus	17	4400	Simple	79577	0.0034	270.56
		8800	Simple	79577	0.0502	3994.77
Bus	31	11000	Simple	145111	0.1265	18356.54
		22000	Simple	145111	2.35	341010.85
Liviano de cargas	22	8800	Simple	102982	0.0502	5169.7
		17600	Simple	102982	0.9206	94805.23
C2	13	11000	Simple	60853	0.1265	7697.9
		22000	Simple	60853	2.35	143004.55
C3	15	11000	Simple	70215	0.1265	8882.2
		36300	Tándem	70215	1.4325	100582.99
CANTIDAD DE VEHICULOS	**207**			**ESAL's de diseño**		**724,842.00**

Fuente: Autoría propia.

Para el diseño del tramo de vía en estudio se obtuvo un valor de:

ESAL o W18 = 724,842 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

4.4 Confiabilidad (R)

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, la guía de la AASHTO - 1993 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para nuestro tramo y dada la ubicación en la que se encuentra la vía y que el tránsito que circula es liviano se asume un valor de confiabilidad **(R)** de **85 %,** que corresponde a un valor recomendado, para una clasificación como una zona urbana y para tipo de caminos colectores.

Tabla Nº 25. Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferentes.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rurales interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	**80 – 95**	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 137.

4.5 Desviación estándar (S_0)

La desviación estándar (S_0), es un factor que representa la cantidad de datos dispersos dentro de los cuales pasa la curva real del comportamiento de la estructura.

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. Es un valor representativo de las condiciones locales particulares; este parámetro está ligado directamente y depende del nivel de confiabilidad (R) seleccionado. En este paso deberá seleccionarse un valor So. "Desviación Estándar Global" representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

La guía de la AASHTO-1993 recomienda adoptar valores de So comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

Tabla Nº 26. Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles

Condiciones de diseño	Desviación estándar
Para pavimento flexible	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.35 - 0.40
En sobre capas	0.5

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento SIECA. Capítulo 7, página 5 135

En el presente estudio se utilizará un valor de desviación estándar de **S_o = 0.45** para este diseño.

4.6 Coeficiente de drenaje

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

A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje.

Tabla Nº 27. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1%	**1 – 5 %**	**5 – 25%**	**< 25%**
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.2
Bueno	1.35 – 1-25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	**1**
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.8
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.6
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.4

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO-93. Tercera edición. Página 148.

El valor asumido en este diseño fue del 1.00, considerando que el tiempo a que el pavimento está expuesto a la humedad es menor al 25 %.

4.7 Propiedades de los materiales

4.7.1 Determinación del CBR de diseño

Con los ensayos de laboratorio en las muestras tomadas del tramo en estudio; se observa que estos resultados no son constantes dado a las características granulométricas; es por eso que es necesario seleccionar un CBR de diseño para todo el sitio del proyecto que tome en cuenta la capacidad de soporte de los materiales existentes en el camino.

El suelo de la sub-rasante de una unidad de diseño es un material sobre el cual se efectuaron 4 ensayos de CBR a una profundidad de 30 cm y los resultados fueron 20 y 40%. Con estos datos se calcula el CBR de diseño para un tránsito de 7.24842× 10^6 ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas durante el período de diseño.

Solución:

Presentamos una tabla de resumen con los datos de CBR de la sub-rasante considerando una profundidad de 30 cm de la superficie:

Tabla N° 28. Valores de CBR para diseño

Clasificación		CBR	Frecuencia (F)	Limite Liquido (L. L)	Índice Plástico (I. P)
AASHTO	SUCS	95%			
A - 2 - 6 (0)	GC	20	3	19.5	15
A – 2 – 7 (0)	GC	25	1	48	23.6
A – 1 – a (0)	GW - GM	40	1	--	NP

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Julio Padilla. M.

Tabla Nº 29. Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar El CBR de Diseño.

Límites para Selección de Resistencia.	
Número de ejes de 8.2 ton en el Carril de diseño (n)	**Percentil a seleccionar para hallar la resistencia**
< 10^4	60
10^4 a 10^6	**75**
> 10^6	87.5

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Ing. Alfonso Montejo Fonseca. Segunda Edición 2001. Página 68.

ESAL o W18 = 724,842 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

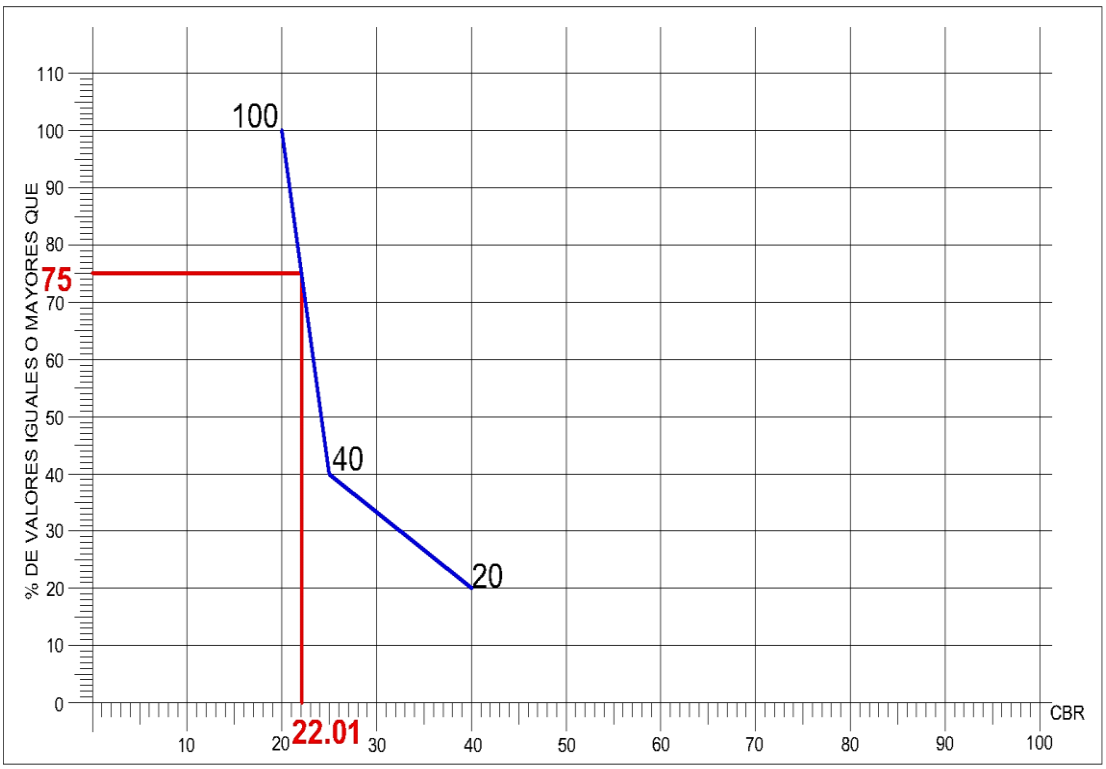
Se ordenan los valores de resistencia de menor a mayor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.

Tabla N° 30. Cálculo para determinar el CBR de diseño.

Clasificación		CBR	Frecuencia (F)	Número de valores iguales o mayores que	% de valores iguales o mayores
AASHTO	SUCS	95%			
A - 2 - 6 (0)	GC	20	3	5	(5/5)*100 = 100
A - 2 - 7 (0)	GC	25	1	2	(2/5)*100 = 40
A - 1 - a (0)	GW - GM	40	1	1	(1/5)*100 = 20
			5		

Fuente: Autoría propia.

Gráfico Nº.4.1. Determinación del CBR de la sub-rasante



Al trazar la tangente sobre el valor percentil de 75% obtenemos el CBR de diseño para la sub-rasante igual a 22.01%.

4.7.2 Módulo Resiliente (MR)

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de la fundación del camino y otras capas. Para su determinación se ha establecido correlaciones a partir de otros ensayos como el CBR encontrándose que su relación se define como:

Las ecuaciones de correlación recomendadas son las siguientes:

- Para materiales de sub-rasante con CBR igual o menor a 10%

$$MR = 1,500 \times CBR$$

- Para materiales de sub-rasante con valores de CBR mayores a 20 %

$$MR = 4,326 \times ln(CBR) + 241$$

Cálculo para determinar el módulo de resiliencia, para CBR de 22.01 % en la sub-rasante.

$$MR = 4,326 \times ln(CBR) + 241$$

$$MR = 4,326 \times ln(22.01) + 241$$

$$MR = 13,614.82 \text{ PSI}$$

Hay que destacar que el material usado en el diseño de la base pertenece al banco de materiales El Mirador, con **CBR 81.6%**

El módulo resiliente de la base dio un resultado de 28,600 PSI, se calculó por medio del nomograma de relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes. (**Ver anexo 12, página XI**).

4.7.3 Coeficientes estructurales de capas.

Son factores estructurales que involucran las características físicas y propiedades de los diferentes materiales, para servir como componente estructural del pavimento.

Los coeficientes estructurales de capa son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos, lo que permite convertir los espesores reales a los números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

Mediante el uso de nomogramas de la guía AASHTO; se determina el coeficiente estructural de cada capa.

4.7.4 Coeficiente estructural de la carpeta (Adoquín) a1

Para el coeficiente estructural del adoquín se utilizó el valor de **0.45,** empleado en el ejercicio de diseño de pavimento articulado por el método AASHTO 93, ilustrado en el Manual Centroamericano de Pavimento pág. 107.

Este ensayo fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas.

4.7.5 Coeficiente estructural para base granular a2

El coeficiente estructural para el caso de que la capa base esté constituida por agregados no-tratados (**ab**) (tal como es el caso de las bases de piedra picada, grava triturada, grava cernida, macadam hidráulico, etc.), se determina, a partir del Módulo Resiliente.

El coeficiente estructural **a2 es 0.136**, el cual se obtiene del nomograma para bases granulares no-tratadas de la AASHTO-93 página número 35. (**Ver anexo 12, página XI**).

4.8 Calculo de espesores.

Valores encontrados anteriormente:

- Ejes equivalentes ESALs: 724,842 ejes equivalentes por carril de diseño.
- Confiabilidad (%) R: 85.
- Desviación Estándar So: 0.45
- Serviciabilidad Inicial Po: 4.2
- Serviciabilidad final Pt: 2.0
- Serviciabilidad (Δ psi): 2.2
- Propiedades de los materiales
- Módulo Resiliente Sub – Rasante:13,614.82PSI
- Módulo Resiliente Base: 28,600PSI
- Coeficiente Estructural Carpeta Adoquín a1: 0.45
- Coeficiente Estructural Base a2: 0.136
- Drenaje (mi): 1.00

4.8.1 Cálculo del número estructural (SN) y espesores de capas (D)

Para el cálculo de SN; utilizamos el nomograma para resolver la ecuación AASHTO, (**ver anexo 11, página X**).

Obteniendo un resultado de SN para sub-rasante = 2.47 y SN para base = 1.87

El espesor del adoquín es estándar de 4 pulgadas. Por tanto SN1 ya está dado:

$D1^{*}$= 4 Pulg de espesor

SN1=D1* x a1

SN1* = (4 X 0.45)

SN1 *= 1.8

BASE

SN = SN2* - SN1*

SN = 2.47 - 1.8

SN =0.67

D2 = SN/a2 x m

D2 = 0.67/ (0.136*1)

D2* = 4.93 pulgadas de base

Como verificación:

SN = a1 x D1 + a2 x D2 x m2

SN = (0.45 x 4) + (0.136 x 4.93x 1.00)

SN = 1.8 + 0.67

SN = 2.47

SN1* + SN2 ≥ SN

1.80 + 0.67 ≥2.47

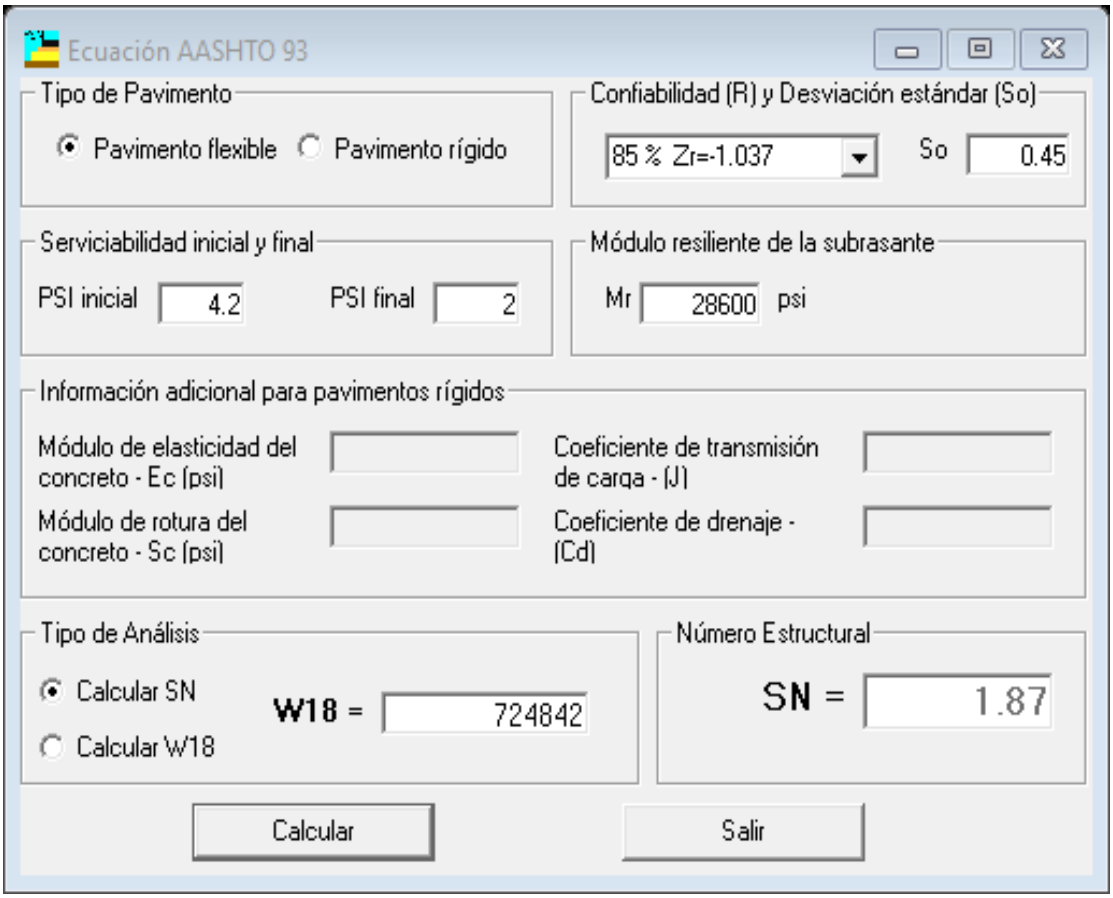
2.47 ≥ 2.47 **OK**

Tabla N °31. Datos usados para calcular en número estructural **SN** para la sub-rasante y para la base; mediante el programa computarizado: SOFTWARE PARA PAVIMENTO AASHTO-93.

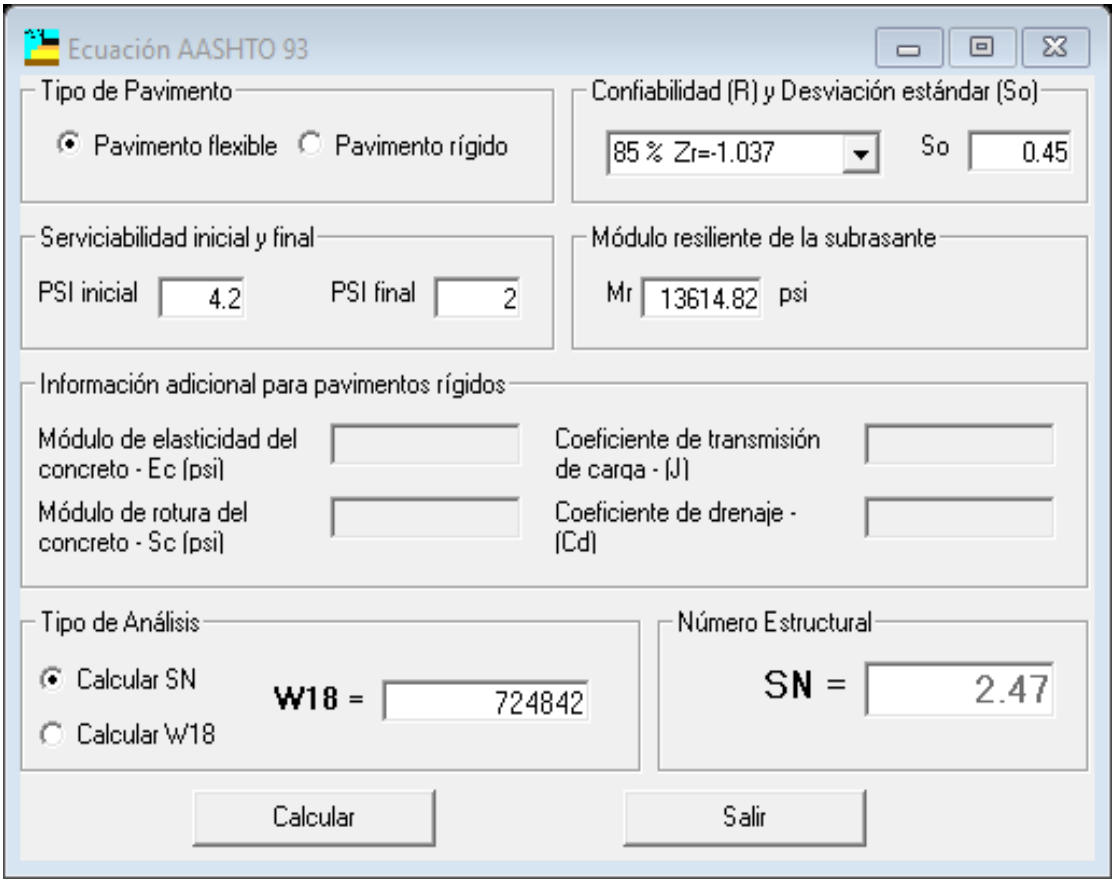
Variables	Valores
ESALs	724,842 ejes equivalentes por carril de diseño
Confiabilidad	85%
Desviación estándar (S_0)	0.45
MR Sub-Rasante.	13,614.82 PSI
MR Base.	28,600.00 PSI
Serviciabilidad inicial (P_0)	4.2
Serviciabilidad final (P_t)	2

Fuente: Autoría propia.

4.8.2 IMAGEN No 1. Cálculo del número estructural SN de la Sub-Rasante mediante el programa computarizado: SOFTWARE PARA PAVIMENTO AASHTO-93.



4.8.3 IMAGEN No 2. Cálculo del número estructural SN de la Base mediante el programa computarizado: SOFTWARE PARA PAVIMENTO AASHTO-93.



4.9 Criterios de estabilidad y posibilidad de construcción.

Es normalmente impráctico y antieconómico el extender y compactar capas que tengan un espesor menor a determinados mínimos. El tráfico, por otra parte, puede dictaminar otros espesores mínimos recomendables para lograr que las mezclas tengan estabilidad y cohesión satisfactorias.

La tabla N° 32, que se presenta a continuación, sugiere algunos espesores mínimos para capas de rodamiento y bases, en función de los valores de cargas equivalentes en el período de diseño.

Tabla Nº 32. Nota: Según la AASHTO-93 los espesores mínimos sugeridos para capas de concreto asfáltico y base en función del tránsito son los siguientes:

Número de ESALs	Concreto Asfáltico	Base Granular
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000 – 15,000	5,0 cm	10 cm
150,000 – 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 – 2,000,000	7.5 cm	**15 cm**
2,000,000 – 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía de Diseño AASTHO 93, Capítulo 3, pág. 46

El resultado de espesor en el diseño de la base granular es de 4.93 pulgadas, el cual no cumple con las especificaciones de la AASHTO – 93, dado a eso tomamos el valor que sugiere la AASHTO de 15 cm para Numero de ESAL s entre 500,000 y 2, 000,000.

- ✓ Capa de rodamiento (adoquín) = 4 " (10 centímetros)
- ✓ Colchón de arena = 2” (5 centímetros)
- ✓ Base = 6'' (15centímetros)

4.9.1 IMAGEN No 3, Espesores finales de la estructura de pavimento.

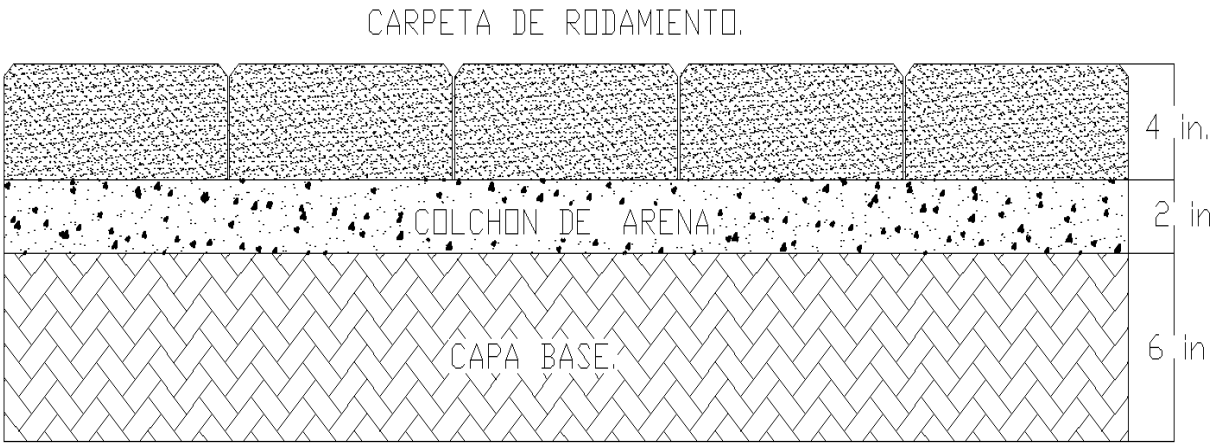
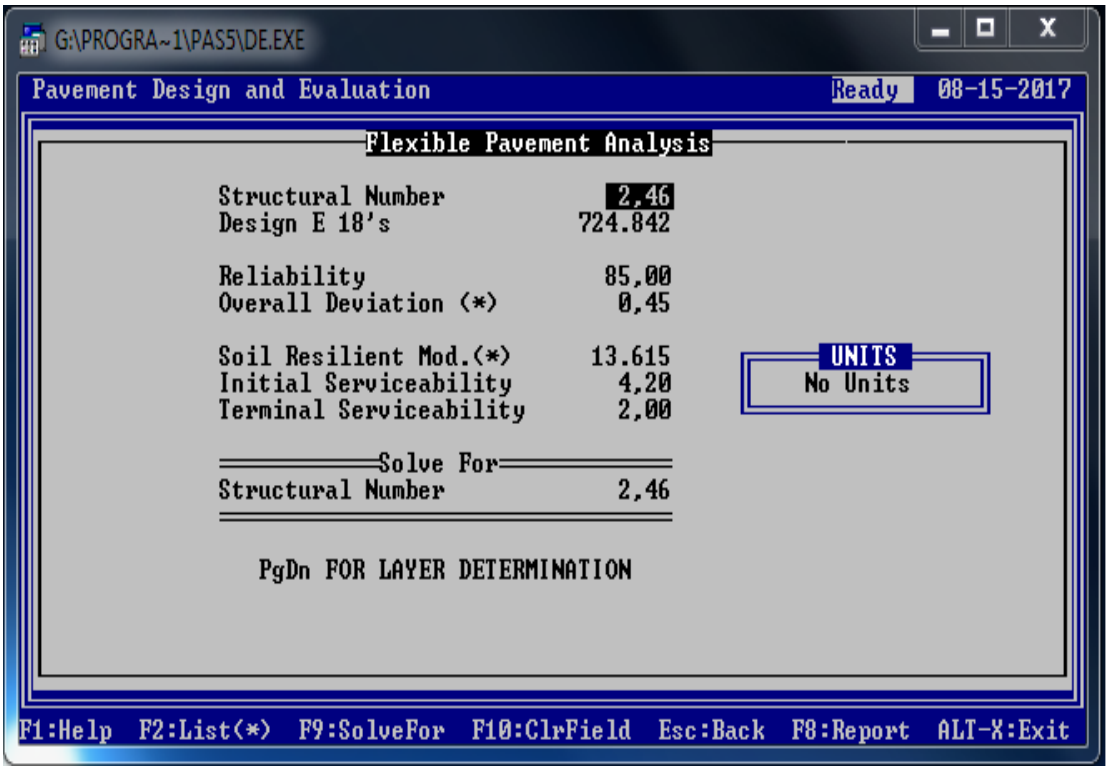


Tabla N° 33. Datos usados para calcular espesores en el programa para diseño de pavimentos AASHTO-93.

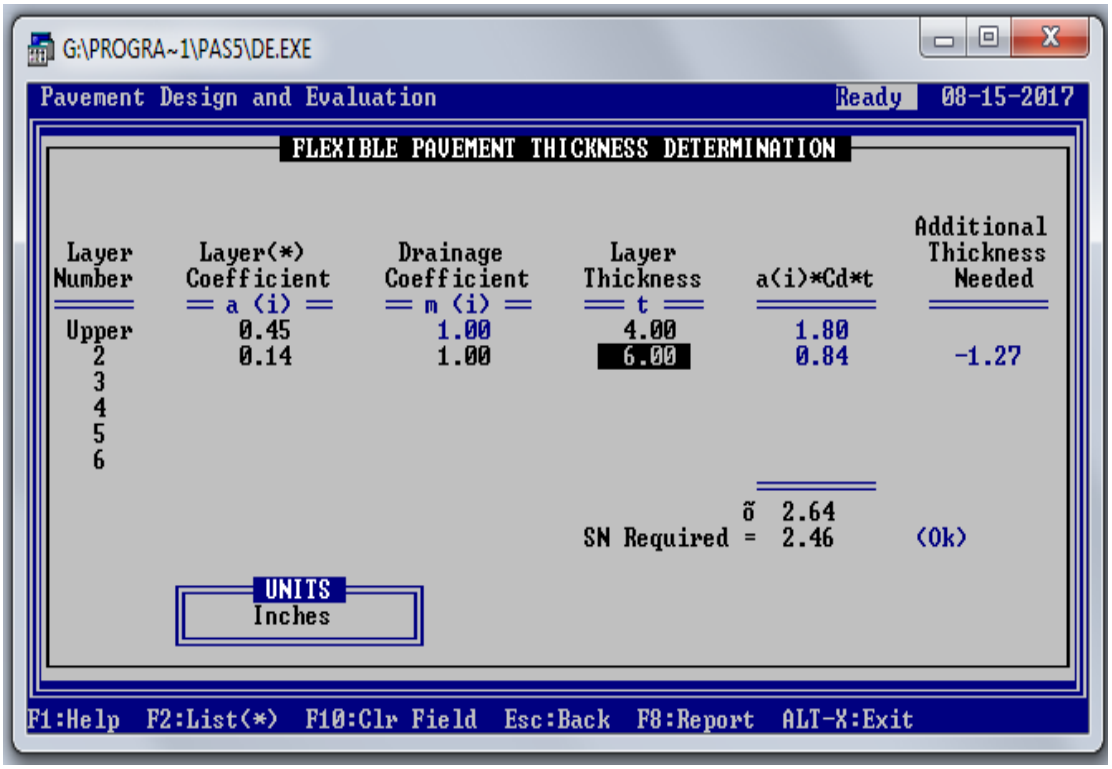
Variables	Valores
SN	2.47
ESALs	724,842 ejes equivalentes por carril de diseño
Confiabilidad	85%
Desviación estándar (S_0)	0.45
MR	13,614.82 PSI
Serviciabilidad inicial (P_0)	4.2
Serviciabilidad final (P_t)	2
Coeficiente de drenaje (m1)	1
Coeficiente de capa a1	0.45
Coeficiente de capa a2	0.136

Fuente: Autoría propia

4.10 IMAGEN No 4. Datos ingresados en el programa computarizado: Pavement Analysis Software¨, Pavement Desingend Analysis, versión 3.3.



4.11 IMAGEN No 5. Espesores Calculados mediante el programa computarizado: Pavement Analysis Software¨, Pavement Desingend Analysis, versión 3.3.



CONCLUSIONES

Sondeos de Línea:

- Los estudios geotécnicos que se realizaron en la investigación de la fuente de materiales “El Mirador” determinaron que los materiales existentes en ella son aptos para su uso en las capas de pavimentos con la salvedad de que el material del banco analizado, antes de conformar la base deberá eliminarse las partículas mayores de 1 ½” pulgadas y de una pulgada.

- Los suelos correspondientes al primer estrato estudiado, de acuerdo con los resultados obtenidos, se clasifican principalmente como, A- 2 -6 y A – 1- a según la clasificación AASHTO.

Estudio de transito:

- El estudio de tránsito refleja que la mayor afluencia vehicular es de vehículos livianos con un 66.4086%. El ESAL´s obtenido fue 724,842 ejes equivalentes por carril de diseño.

Estructura de pavimento:

- El resultado de espesor en el diseño de la base granular según el cálculo es de 4.38pulgadas; el cual no cumple con las especificaciones de la AASHTO–93, que sugiere 15 cm (6 pulgadas) para ESALs entre 500,000 y 2000,000.

- Para el cálculo de la estructura de pavimento se utilizó el método de la AASHTO-93, se hizo de manera manual y se comprobó a través del programa computarizado AASHTO 86 obteniendo los siguientes resultados:

Una estructura de pavimento constituida por 3 capas: la de rodadura con adoquín de 4 pulgadas, la cama de arena de 2 pulgadas y una capa base de 6 pulgadas. Debido a que el tránsito es bajo, no se propone sub-base.

RECOMENDACIONES

- Colocar las capas de la estructura de pavimento de acuerdo a los cálculos realizados.

- Antes de conformar se deberá eliminar las partículas gruesas mayores de 1 ½ pulgada y de 1 pulgada del material a utilizar en la base, aunque el estudio no refleje partículas mayores.

- Realizar pruebas de resistencia a los adoquines, para comprobar que cumple las especificaciones técnicas propuestas en el presente documento.

- Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.

- El adoquín a utilizarse será denominado tipo tráfico cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor de 350 kg/cm^2 (5000 PSI)[3].

- Se deberá llevar un estricto control de compactación de campo al momento de colocar los materiales de los bancos.

- Se recomienda que la arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular, uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos. Su graduación será tal que pase por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. Recomendamos el espesor de esta capa, de 5 centímetros.

BIBLIOGRAFÍA

- Anuario de Aforos de tráfico 2014. MTI.
- Design Procedure for New Pavements. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO-93). Tercera Edición.
- Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes, NIC – 2000.
- Ingeniería de Pavimentos para Carretera. 2da edición, año 2001.Alfonso Montejo Fonseca.
- Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. (Sistema de Integración Económica Centroamericana-SIECA).Ing. Jorge Coronado Iturbide.
- Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 93
- MTI, Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. NIC 2000. Año 1999.
- Proyecciones de la población municipal, INIDE 2008.

Otros

- Rehabilitación y Mantenimiento de Calles y Caminos. Manuales Elementales de Servicios Municipales. García, L y Aburto, A. 2003. Managua, Nicaragua. 205 p.
- Programa Computarizado.
- PAVEMENT DESINGS & ANALISIS: Created by Thomas P. Harman, M.S. C.E In Conjunction with Randell C. Riley. P.E & William Feltz. F.E. American Concrete Pavement Association. The Ohio Ready Mixed Concrete Association. <Version 3.3><Copyright 1988>

ANEXOS

ANEXO N°1.

ESTUDIO DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS, SEGÚN AASHTO.

Clasificación de suelos por el método AASHTO

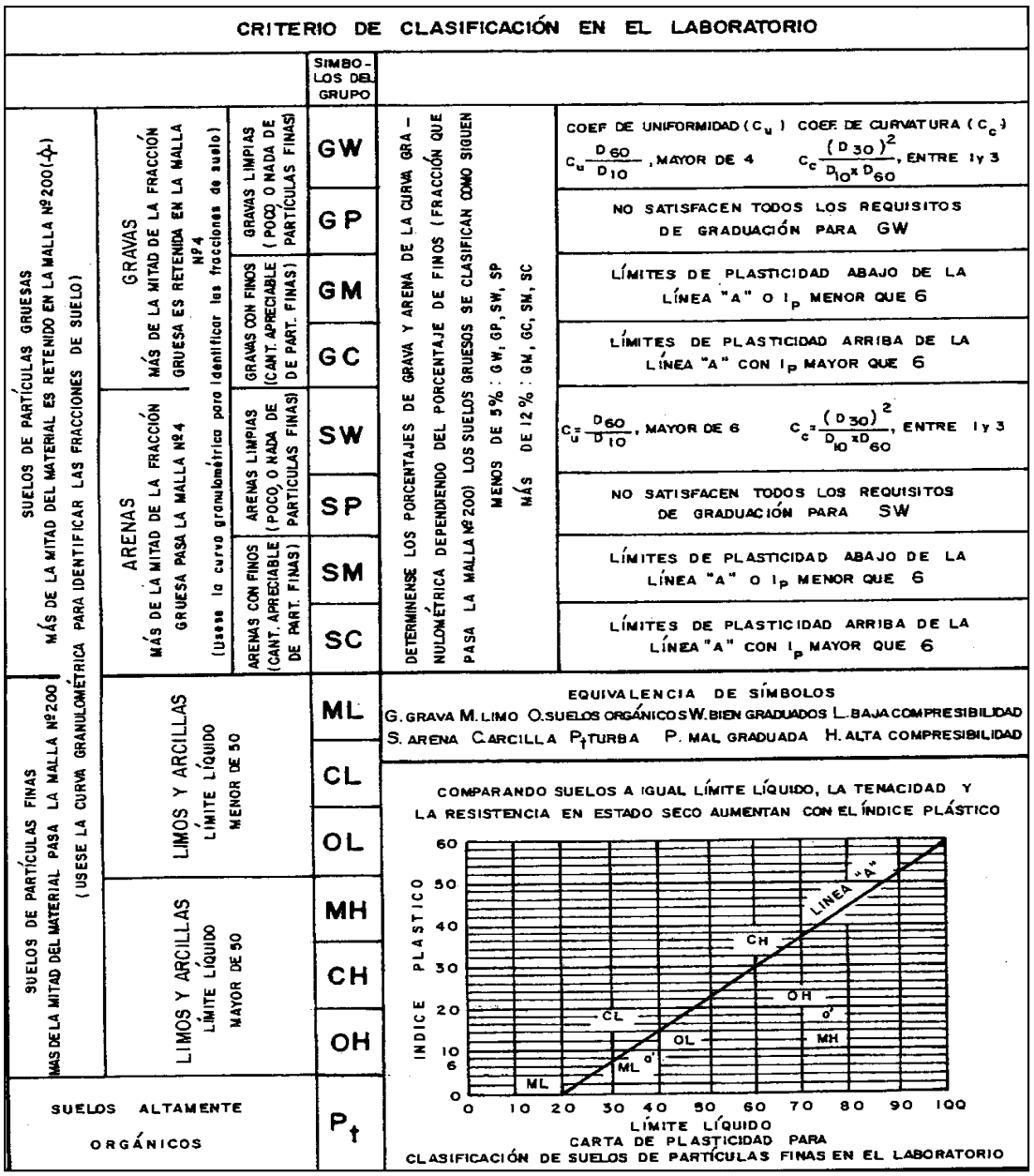
Clasificación general	Materiales granulares (35%, ó menos, pasa el tamiz No. 200)							Materiales limo-arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz No. 200)			
Grupos	A - 1		A - 2								A-7
Subgrupos	A-1-a	A-1-b	A - 3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz:											
No. 10 (2.00 mm)	50 máx.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
No. 40 (0.425 mm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	–	–	–	–	–	–	–	
No. 200 (0.075 mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm):											
Límite líquido	–		–	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.*
Terreno de fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			

* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual ó menor a LI-30.
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LI-30.

Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejo, pág 46.

ANEXO N°2

CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS, SEGÚN SUCS.



Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejo, pág 53.

ANEXO N°3.

CORRELACIÓN ENTRE EL TIPO DE MATERIAL, CBR Y K.

Clasificación ASSHTO	Descripción	Clasif. S. U.	Densidad Seca (kg/m3)	CBR (%)	Valor K (psi/in)
Suelos granulares:					
A-1-a, bien graduada	Grava	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 – 450
A-1-a, mal graduada			120 - 130	35 - 60	300 – 400
A-1-b	Arena Gruesa	SW	110 – 130	20 - 40	200 – 400
A-3	Arena Fina	SP	105 – 120	15 -25	150 – 300
A-2 Material granular con alto contenido de finos					
A-2-4 gravoso	Grava Limosa	GM	130 - 145	40-80	300 – 500
A-2-5, gravoso	Grava Areno Limosa				
A-2-4, arenoso	Arena Limosa	SM	120 - 135	20 – 40	300 – 400
A-2-5, arenoso	Arena Gravo Limosa				
A-2-6, gravoso	Grava Arcillosa	GC	120 - 140	20 – 40	200 – 450
A-2-7, gravoso	Grava Areno Arcillosa				
A-2-6, arenoso	Arcilla Arenosa	SC	105 - 130	10 – 20	150 – 350
A-2-7, arenoso	Arcilla Grava Arenosa				
Suelos finos:					
A-4	Limo	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 – 165*
	Mezclas de Limo/Arena/ Grava		100 - 125	5 - 15	40 – 220 *
A – 5	Limo mal graduado	MH	80 - 100	4 - 8	25 – 190*
A - 6	Arcilla plástica	CL	100 - 125	5 - 15	25 – 255*
A-7-5	Arcilla Elástica moderadamente plástica	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 – 125 *
A-7-6	Arcilla muy plástica	CH, OH	80 - 110	3 – 5	40 – 220*

Fuente: Diseño de pavimentos, AASHTO 93, Cap. 4, Página 86.

ANEXO N°4.

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO-NIVEL DE SUBRASANTE.

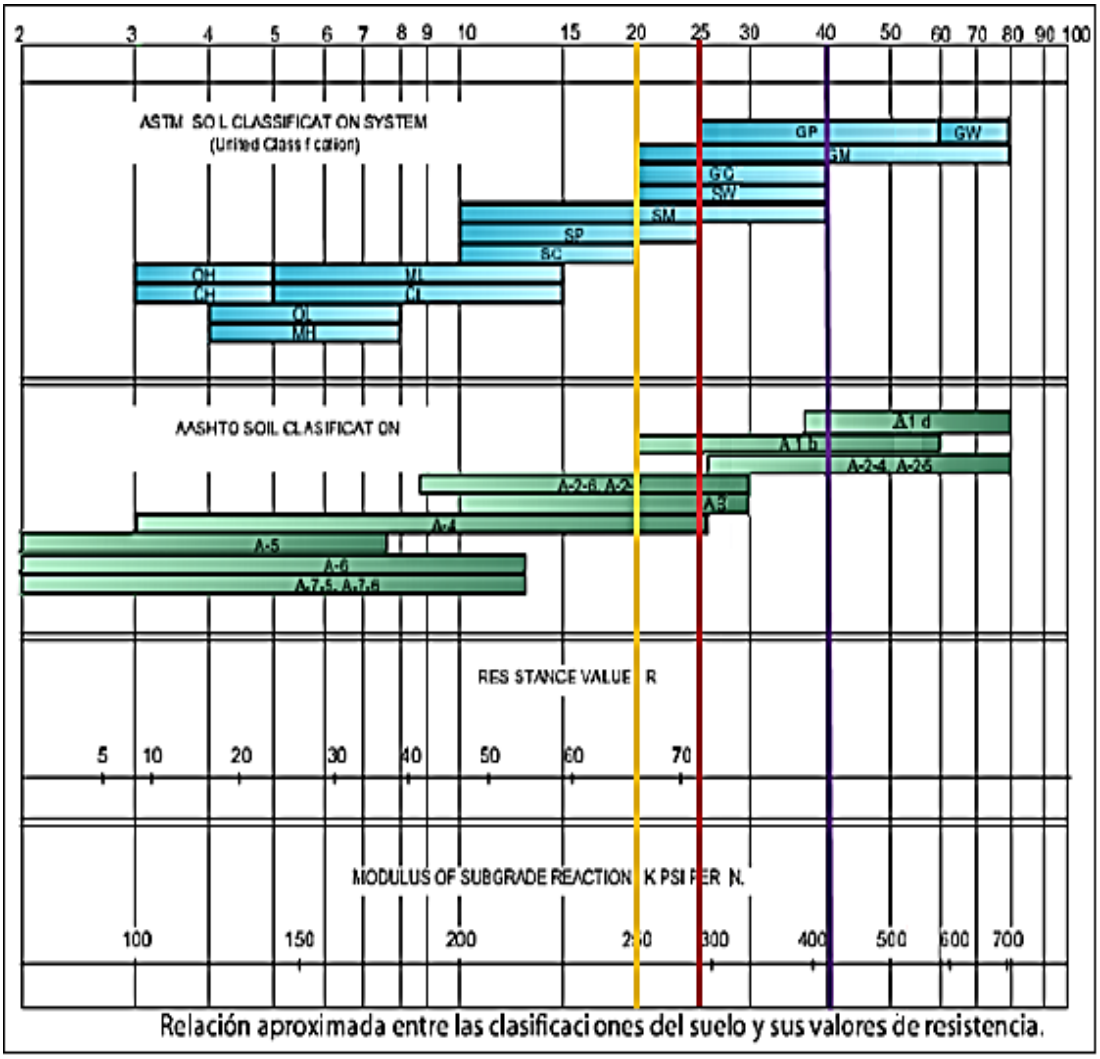
Estacion/Sondeo	Frente a pulperia Ana, Sobre la banda izquierda. Estacion 0 + 010.		Frente a Escuela Solingalpa, Sobre la banda derecha. Estacion 0 + 200.		Estacion 0 + 390, sobre la banda izquierda.		Estación 0 + 580. Ubicada a 20 metros antes del puente.	
Profundidad (m).	S1		S2		S3		S4	
	AASHTO	*SUCS*	*AASHTO*	*SUCS*	*AASHTO*	*SUCS*	*AASHTO*	*SUCS*
0.10	A - 2 - 6(0); (Fragmentos de piedra, grava y arena).	GC (Grava pobremente gabada con limos).	A - 2 - 6(0); (Fragmentos de piedra, grava y arena).	GC (Grava pobremente gabada con limos).	A - 2 - 6(0); (Fragmentos de piedra, grava y arena).	GC (Grava pobremente gabada con limos).	A - 1 - a(0); (Fragmentos de piedra, grava y arena).	GW - GM; (Gravas limosas bien graduadas).
0.20								
0.30								
0.40			Manto Rocoso.					
0.50	Manto Rocoso.							
0.60								
0.70					A - 2 - 7 (0); (Fragmentos de piedra, grava y arcilla).	GC; (Gravas arcillosas)		
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								

NIVEL DE SUB-RASANTE= 30 cm

Fuente: Autoría propia.

ANEXO N°5

RELACIÓN APROXIMADA ENTRE LA CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y LOS ALORES DEL CBR.



Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejo, pág. 66.

ANEXO Nº 6

ESTUDIO DE TRÁNSITO.

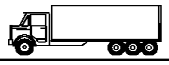
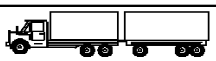
Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimotos, Cuadracicios,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.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasejeros 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. Tambien se incluyen las fugonetas 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, tambien se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

ANEXO N° 7

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES APLICADAS EN LOS PUNTOS DE CONTROL.

PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
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: Anuario de aforos de tráfico 2011. Pag, 28.

ANEXO N°8

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES.

Tipo de Vehículo	Peso por eje en TON	Peso por eje en Lbs
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-12-30	4/8	8800/17600
C2-LIV	4/8	8800/17600
BUS = C2	5/10	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI

ANEXO N°9

DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, EJES SIMPLES, P_T =2, SN= 5.

Carga p/eje (kips)[6]	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.079	0.076
12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA. Capítulo3. Pag 6.

ANEXO N°10

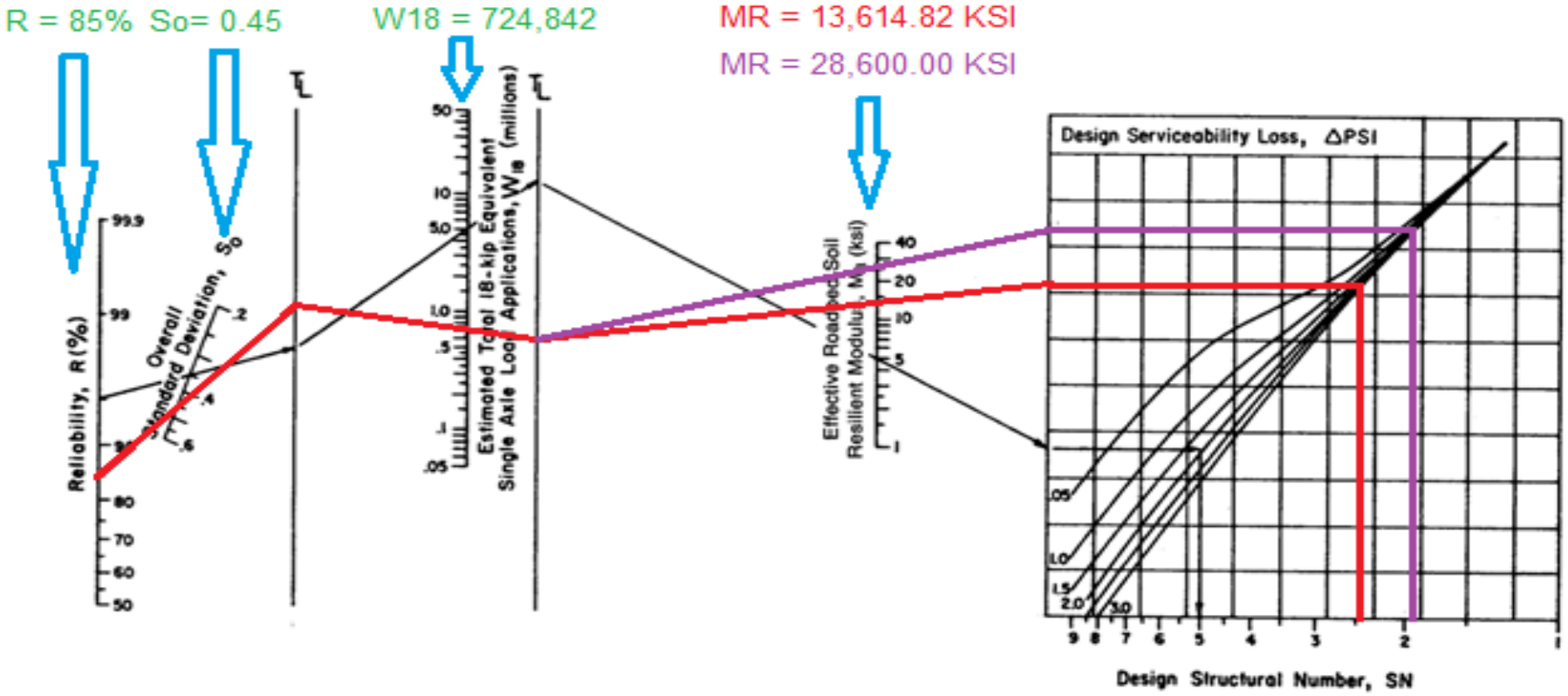
FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, EJES TÁNDEM, P_T =2, SN= 5.

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Manual Centroamericano para diseño de pavimentos SIECA. Capítulo3. Pag 7

ANEXO N°11

NÚMERO ESTRUCTURAL SN PARA SUB-RASANTE Y BASE.



ΔPSI = 2.2

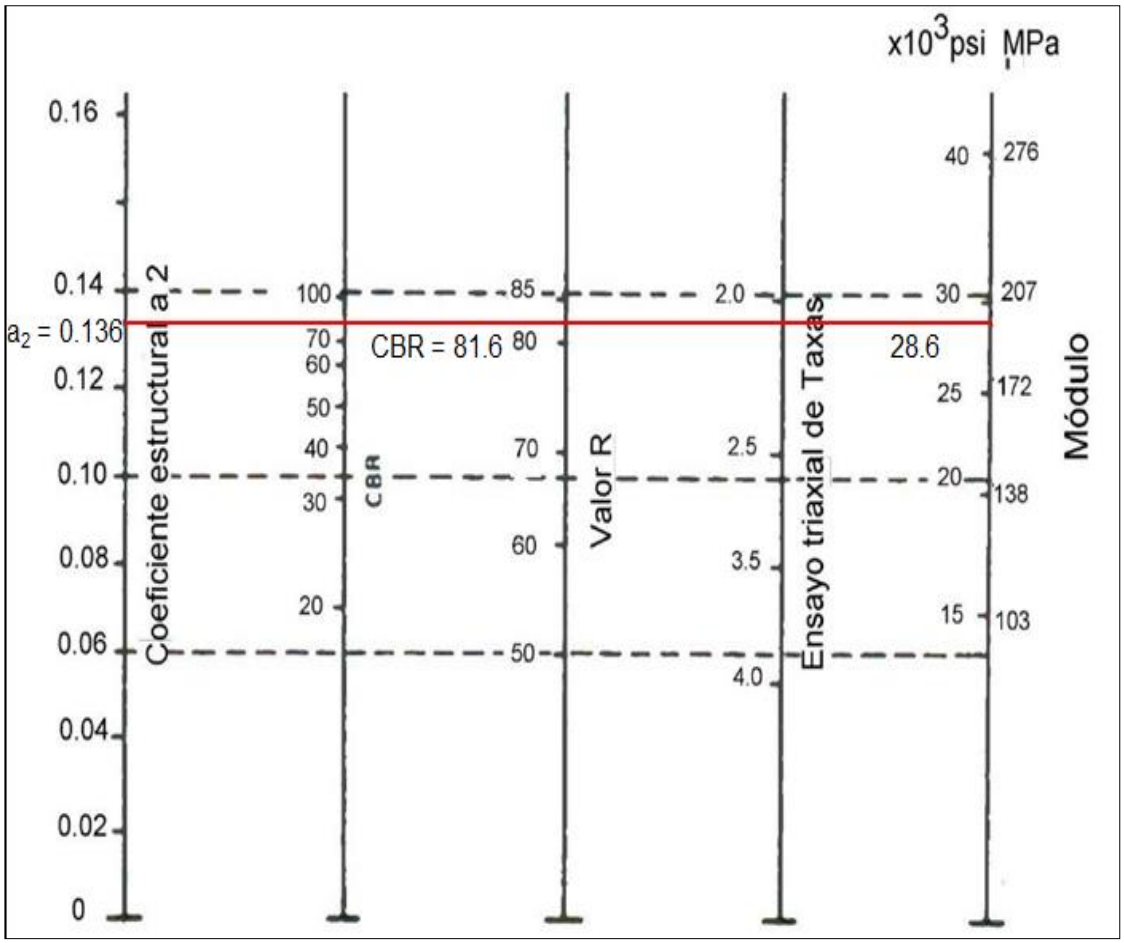
SN = 2.47 (SUB-RASANTE)

SN = 1.87 (BASE)

Fuente: Ing. de Pavimentos para Carreteras, 2 da Edición, Alfonso Montejo, pág. 276.

ANEXO N° 12

NOMOGRAMA RELACIÓN ENTRE EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL PARA BASE GRANULAR Y DISTINTOS PARÁMETROS RESISTENTES.



Fuente: Guía de Diseño para Pavimentos. AASHTO 93, Cap. 3, pá

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción, hace constar que el (a) **BR. BYRON JOSE ZELEDON RUIZ**, Carné No. 2006-21280, Turno diurno de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL.**

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud de la parte interesada en la Ciudad de Managua, a los 04 días del mes de Septiembre del año dos mil diecisiete.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción
SECRETARIA ACADEMICA
Managua, Nicaragua

DR. ING. EFRAIN CHAMORRO BLANDON.
Secretario de Facultad

Cc: Archivo.
DIFECB/Claus*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción, hace constar que el (a) **BR. ERICK SALVADOR OLIVAS WEIMAR**, Carné No. 2005-22300, Turno diurno de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL.**

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud de la parte interesada en la Ciudad de Managua, a los 04 días del mes de Septiembre del año dos mil diecisiete.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción
SECRETARIA ACADEMICA
Managua, Nicaragua

DR. ING. EFRAIN CHAMORRO BLANDON.
Secretario de Facultad

Cc: Archivo.
DIFECB/Claus*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA

AÑO ACADEMICO 2017

84777 No. Inscripción:84777

NOMBRE Y APELLIDOS:BYRON JOSE ZELEDON RUIZ

CARRERA: INGENIERIA CIVIL CARNET:2006-21280 TURNO: DIURNO

PLAN DE ESTUDIO: 97 SEMESTRE: II SEMESTRE 2017 FECHA: 04/09/2017

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
	----------ULTIMA LINEA----------					

F: Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

Cmperez

GRABADOR

FIRMA DEL ESTUDIANTE

FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

SECRETARIA ACADEMICA Managua, Nicaragua

cc: ORIGINAL: ESTUDIANTE - COPIA: EXPEDIENTE

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 04-SEP-2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA

AÑO ACADEMICO 2017

84778 No. Inscripción:84778

NOMBRE Y APELLIDOS:ERICK SALVADOR OLIVAS WEIMAR

CARRERA: INGENIERIA CIVIL CARNET:2005-22300 TURNO: DIURNO

PLAN DE ESTUDIO: 97 SEMESTRE: II SEMESTRE 2017 FECHA: 04/09/2017

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
	----------ULTIMA LINEA----------					

F: Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

Cmperez

GRABADOR

FIRMA DEL ESTUDIANTE

FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA SECRETARIA ACADEMICA Managua, Nicaragua

cc: ORIGINAL: ESTUDIANTE - COPIA: EXPEDIENTE

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 04-SEP-2017