



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

**TESINA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TÍTULO:

**DISEÑO DE 4.75 KM LINEALES DE ADOQUINADO POR EL MÉTODO
AASHTO 93 DEL TRAMO CHIHUAHUA - EL ENCINO EN EL MUNICIPIO DE
LA SABANA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ**

Autores:

Br. Jasser Josué Rosales Morales
Br. Walter Antonio Blandón Sobalvarro
Br. Ronaldo José Rivas Cerrato

Tutor:

Ing. Ilich Parajón

Managua, Nicaragua

Diciembre 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

**TESINA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TÍTULO:

**DISEÑO DE 4.75 KM LINEALES DE ADOQUINADO POR EL MÉTODO
AASHTO 93 DEL TRAMO CHIHUAHUA - EL ENCINO EN EL MUNICIPIO DE
LA SABANA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ.**

Autores:

Br. Jasser Josué Rosales Morales
Br. Walter Antonio Blandón Sobalvarro
Br. Ronaldo José Rivas Cerrato

Tutor:

Ing. Ilich Parajón

Managua, Nicaragua

Diciembre 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Managua, Noviembre del 2016

Presente

Apreciable decano:

Dr. Oscar Gutiérrez el motivo de la presente es para confirmar que he leído y revisado la Tesina, **DISEÑO DE 4.75 KM LINEALES DE ADOQUINADO POR EL MÉTODO AASHTO 93 DEL TRAMO CHIHUAHUA - EL ENCINO EN EL MUNICIPIO DE LA SABANA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ**, la cual cumple con los objetivos propuestos, por tal razón encuentro satisfactorio que se haga la defensa ante las autoridades académicas correspondientes.



Ing. Ilich Parajon



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.0980
Managua, octubre 21 del 2013

Bachilleres
JASSER JOSUE ROSALES M.
WALTER ANTONIO BLANDON S.
RONALDO JOSE RIVAS CERRATO
Su despacho

Estimados Bachilleres:

Atendiendo solicitud con fecha 21 octubre del 2013, solicitando cambio de tutor en el tema: DISEÑO DE 4-75 KM LINEALES DE ADOQUINADO POR EL METODO AASSHTO 93, DEL TRAMO CHIHIAHUA- EL ENCINO EN EL MUNICIPIO DE LA SABANA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ”, tutoriado por el Ing. SERGIO JUNIOR NAVARRO HUDIEL, proponiendo al Ing. ILICH PARAJON CENTENO, como actual tutor.

Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,


DR. ING. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano

Cc: Ing. Ilich Parajon Centeno-Tutor
Ing. Sergio Junior Navarro Hudiel
Archivo-Consecutivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 078
Managua, enero 27 del 2015

Bachilleres
JASSER JOSUE ROSALES MORALES
WALTER ANTONIO BLANDON SOBALVARRO
RONALDO JOSE RIVAS CASTRO
Presente

Estimados Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de PRORROGA, para finalizar su trabajo De Tesina titulado "DISEÑO DE 4.75 KM LINEALES DE ADOQUINADO POR EL METODO AASSHTO 93 DEL TRAMO CHIHUAHUA - EL ENCINO EN EL MUNICIPIO DE LA SABANA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ". Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberán presentar concluida su Tesina debidamente revisada por el tutor guía el 22 de febrero del 2015.

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

Atentamente,


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción
DR. ING. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
Decano
MANAGUA

CC: Tutor
Archivo-Consecutivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.0933
Managua, octubre 31 de 2012

Bachilleres
JASSER JOSUE ROSALES MORALES
WALTER ANTONIO BLANDON SOBALVARRO
RONALDO JOSE RIVAS CERRATO
Presente

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema de Tesina titulado "DISEÑO DE 4.75 KM LINEALES DE ADOQUINADO POR EL METODO AASHTO 93, DEL TRAMO CHIHUAHUA-EL ENCINO EN EL MUNICIPIO DE LA SABANA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ". ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, de que el .Ing. **SERGIO JUNIOR NAVARRO HUDIEL**, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el 31 de enero de 2013.

Esperando puntualidad en la entrega del Trabajo, me despido.

Atentamente,



CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
DIOGS*mary



HOJA DE CONCLUSIÓN DE TESIS

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES:

Br. Jasser Josué Rosales Morales.
Br. Walter Antonio Blandón Sobalvarro.
Br. Ronaldo José Rivas Cerrato.

NOMBRE DEL CURSO:

Obras Viales2011-2012

NOMBRE DE LA TESIS:

Diseño de 4.75 km lineales de adoquinado por el método AASHTO 93 del tramo Chihuahua - El Encino en el municipio de La Sabana, departamento de Madriz

ESPECIFIQUE LAS AREAS QUE ABORDARON EN LA TESIS:

- 1) Estudio de Suelo.
- 2) Estudio de Tránsito.
- 3) Diseño de Pavimento.
- 4) Diseño Geométrico.

VALORACION DEL TUTOR SOBRE LA TESIS:

He leído y revisado dicha Tesina, la cual cumple con los objetivos propuestos, por tal razón encuentro satisfactorio que se haga la defensa ante las autoridades académicas correspondientes.

JURADO CALIFICADOR DE LA TESIS:

- 1) **Presidente:** Ing. José Bustamante
- 2) **Secretario:** Ing. Claudia Reyes
- 3) **Vocal:** Ing. Beatriz Torres

FIRMA DEL TUTOR : _____



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 0156
Managua, 05 Diciembre del 2016.

Bachilleres
JASSER JOSUE ROSALES MORALES
WALTER ANTONIO BLANDÓN SOBALVARRO
RONALD JOSÉ RIVAS CERRATO
Presentes

Estimados Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de **PRORROGA (DE 2 MESES)**, para finalizar su trabajo De **Tesina** titulado **"DISEÑO DE 4.75 KM LINEALES DE ADOQUINADO POR EL MÉTODO AASHTO 93, DEL TRAMO CHIHIAHUA-EL ENCINO EN EL MUNICIPIO DE LA SABANA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ"**. Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberá presentar concluido su documento debidamente revisado por el tutor guía **el 06 Febrero del 2017**.

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

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano



CC: Tutor
Archivo-Consecutivo

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor incondicional, por darnos salud y la fuerza necesaria para alcanzar este logro tan importante para nosotros.

A nuestros padres por brindarnos su apoyo, paciencia y sus consejos que nos permitió alcanzar este sueño.

A nuestros maestros por su capacidad para guiarnos con sus conocimientos para culminar esta tesina.

A nuestros familiares y amigos que nos brindaron su apoyo a lo largo de este proceso.

Br. Jasser Josué Rosales Morales

Br. Walter Antonio Blandón Sobalvarro

Br. Ronaldo José Rivas Cerrato

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por darme vida y la oportunidad de optar a desempeñar mi carrera, por darme fuerza y voluntad para seguir adelante.

A mis padres y mi hermano; quienes fueron fundamentales en todo el transcurso del desarrollo de mi carrera, gracias a ellos supe salir adelante y encontrar lo necesario para finalizar mi carrera, sus consejos y el deseo que me transmitieron por ser un profesional fue mi inspiración para llegar tan lejos.

Br. Jasser Josué Rosales Morales

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por darme el conocimiento para elaborar este documento, así como; darme fortaleza para enfrentar los retos que la vida que nos presenta.

A mi madre, por estar siempre a mi lado en las buenas y malas; ya que ha sido mi mayor fuente de inspiración para luchar en la vida, por darme la vida y porque me ha apoyado en todo mis estudios y en mi vida personal.

A todos los maestros, que me transmitieron conocimientos y en especial a mi tutor Ing. Ilich Parajón.

Br. Walter Antonio Blandón Sobalvarro

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primeramente a Dios, por haberme permitido llegar a este punto tan importante en mi vida y por haberme dado la sabiduría y la fuerza a lo largo de los años que duró la carrera a pesar de las dificultades que se me presentaron.

A mis padres Reyna Isabel Cerrato Rayo, Marcos Antonio Rivas Cruz, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida que me apoyaron de manera incondicional con su paciencia y su cariño y por siempre confiar en mis capacidades.

A mis hermanos y amigos que siempre creyeron en mí y por apoyarme siempre.

Br. Ronaldo José Rivas Cerrato.



RESUMEN EJECUTIVO

Una buena infraestructura de caminos brinda un mejor nivel de servicio al usuario, desde un punto de vista estructural la carga aplicada a los pavimentos está directamente relacionada con el peso y las dimensiones de los vehículos que transitan sobre el camino. El proyecto vial considera la necesidad de brindar un excelente nivel de servicio de transporte vehicular y mantener un adecuado funcionamiento de la carretera por lo que esto conlleva a proponer alternativas renovadas y viables que consideran un diseño basado en criterios y especificaciones de la **American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)**.

En este documento **DISEÑO DE 4.75 KM LINEALES DE ADOQUINADO POR EL MÉTODO AASHTO 93 DEL TRAMO CHIHUAHUA - EL ENCINO EN EL MUNICIPIO DE LA SABANA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ.**, se abordaron los siguientes estudios:

Estudio Geotécnico.

El estudio de suelo fue realizado por la empresa Consultoría de Transporte S.A. (CONSULTRANS).

Se determinaron las características del terreno a lo largo del camino en estudio a través de los resultados de ensayos de laboratorio aplicados a las muestras extraídas de los sondeos de línea, así como también de los bancos de materiales disponibles en la zona. Estos ensayos, tales como: clasificación de suelo, análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad y CBR fueron hechos de acuerdo a las especificaciones ASTM.



Estudio de Tránsito.

En este estudio se determinará el tránsito de diseño para conocer las cargas que deberá soportar la estructura durante su período de diseño (20 años), analizando previamente y estimando la tasa de crecimiento a utilizar tomando en cuenta datos de población, Producto Interno Bruto (PIB) e información obtenida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

En este estudio se realizó el conteo vehicular durante 7 días consecutivos de 12 horas al día, donde se refleja la composición vehicular del tránsito y la proyección vehicular para un periodo de diseño de veinte años, a través de una tasa de crecimiento estimada, tomando en cuenta todas las variables que la afectan y la expansión de los datos.

Diseño de Espesores de Pavimento.

En este apartado se determinarán diferentes parámetros que son necesarios para conocer cuáles serán los espesores, tanto de la carpeta de rodamiento como de la base; entre estos tenemos: confiabilidad, desviación estándar, serviciabilidad, módulo de resiliencia, CBR de diseño, coeficientes de capas estructurales y coeficientes de drenaje.

Del estudio de tránsito se obtiene el tránsito de diseño con el cual se determina el número de repeticiones y ejes equivalentes (ESAL's), con los cuales, además de los elementos mencionados anteriormente, se procederá a calcular los espesores de la estructura de pavimento haciendo uso del programa "Pavement Design & Analysis Life – Cicle Cost Analysis".



Diseño Geométrico.

Comprenderá el diseño óptimo de la línea definitiva, sujetándose principalmente a las alineaciones vertical, horizontal y el ancho del derecho de vía. Se establecerán los diferentes aspectos y elementos que técnicamente se proponen para cumplir con las normas generales de diseño, para lo cual se hará referencia al Manual de Diseño Geométrico de Carretera SIECA así como también del criterio del diseñador, de manera que esta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

INDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.1. MACROLOCALIZACION.....	6
1.1.2. MICROLOCALIZACION.....	7
1.2. ANTECEDENTES.....	8
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	10
1.4. OBJETIVOS.....	12
1.5. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS.....	13

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE SUELO.

2.1. INTRODUCCION.....	17
2.2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES QUE INTEGRAN EL PAVIMENTO SEMI – FLEXIBLE.....	18
2.3. TRABAJO DE CAMPO.....	20
2.4. TRABAJO DE LABORATORIO.....	20
2.5. ANÁLISIS DE LOS SONDEOS EN LINEA.....	21
2.6. FUENTES DE MATERIALES.....	21
2.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	22

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁNSITO.

3.1. INTRODUCCION.....	24
3.2. METODOLOGÍA.	24
3.3. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	25
3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS.	26
3.5. CLASIFICACIÓN VEHICULAR PROMEDIO.....	30
3.6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.	31
3.7. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO.....	34
3.8. TRÁNSITO DE DISEÑO. (TD).	36

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PAVIMENTO.

4.1. INTRODUCCIÓN.....	40
4.2. MÉTODO DE DISEÑO.....	42
4.3. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO AASHTO-93.....	43
4.4. PROPIEDAD DE LOS MATERIALES.....	49
4.5. COEFICIENTE DE CAPAS ESTRUCTURALES.....	56
4.6. DETERMINACIÓN DE ESPESORES Y NÚMEROS ESTRUCTURALES APORTADOS.	57

CAPÍTULO V: DISEÑO GEOMETRICO.

5.1. INTRODUCCIÓN.....	63
5.2. REVISIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO.....	65

5.3. CLASIFICACION FUNCIONAL DEL TRAMO DE CARRETERA EN ESTUDIO.....	65
5.4. VELOCIDAD DE DISEÑO.....	66
5.5 GENERALIDADES PARA EL TRAZADO DE CARRETERAS.....	68
5.11. LINEA PRELIMINAR.....	70
5.14. ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	75
5.15. ALINEAMIENTO VERTICAL.....	80
5.16. CALCULOS.....	83
5.17. DETERMINACION DE LA LONGITUD MINIMA DE TRANSICION (FORMULA MEXICANA).....	85

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES.....	88
6.2. RECOMENDACIONES.....	91
6.3. BIBLIOGRAFIA.....	92
6.4. GLOSARIO.....	93

CAPÍTULO VII: ANEXOS.

7.1. ANEXO A: ESTUDIO DE SUELO.....	100
7.2. ANEXO B: ESTUDIO DE TRÁNSITO.....	109
7.3. ANEXO C: DISEÑO DE PAVIMENTO.....	110
7.4. ANEXO D: DISEÑO GEOMETRICO.....	118
7.5. ANEXO E: FOTOS DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	151



CAPITULO I

GENERALIDADES





1.1 INTRODUCCION.

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.

La red vial de Nicaragua forma parte del corredor comercial que une a los países centroamericanos y constituye una de las más importantes formas de comunicación en la región, no sólo por su carácter comercial sino como indicador del desarrollo socioeconómico.

Debido al mal estado en que se encuentran parte de las carreteras mantenibles 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 económico de la nación a través de las actividades industriales, agrícolas, pecuarias y turísticas de la zona de influencia del proyecto, para lo cual es necesario mejorar las condiciones de transporte de los productos generados de dichas actividades.

Es importante señalar que la red vial pavimentada en el país corresponde casi en su totalidad a carreteras troncales y colectoras principales y muy pocas a caminos vecinales.

Esto significa que la gran mayoría de pueblos y comarcas de Nicaragua tienen caminos de acceso en malas condiciones para el tránsito vehicular, dada la vulnerabilidad de la capa de rodamiento de los caminos no pavimentados ante los agentes climatológicos; lo cual encarece los costos del transporte hacia esos lugares por el alto deterioro de los vehículos y mayor consumo de combustibles.



El municipio de La Sabana se encuentra ubicado en las coordenadas 13° 20' de latitud Norte y a 86° 37' de longitud Oeste, su cabecera municipal se localiza a 262 Km de Managua y a 24 Km de Somoto, cabecera departamental de Madriz posee una extensión territorial de 69 Km².

La longitud del tramo de estudio es de 4.75 Km lineales de camino ubicado en Chihuahua - El Encino en el municipio La Sabana.

El tramo antes descrito nunca ha tenido intervención alguna de parte de autoridades por falta recursos y de fondos para la formulación y gestión de un proyecto que dé respuesta a la problemática; la economía de esta comunidad está basada en la producción de café la cual se ve seriamente afectada en los periodos de cosecha por el difícil acceso a la misma.

El Instituto de Desarrollo Rural (IDR), en sus proyectos financiados pretende realizar una rehabilitación y mejoramiento del camino Chihuahua – El Encino por lo cual con esta tesina pretendemos colaborar en el mismo proponiendo un diseño de la superficie de rodamiento en que contribuirá a mejorar el acceso a mercados de café, nivel de vida, educación, salud y vivienda a la comunidad.

El proyecto beneficiará a la población del municipio, garantizando el acceso permanente a la zona y poblaciones aledañas, teniendo así un sistema de transporte que traiga consigo el desarrollo socioeconómico de la región.



1.1.1 Macro localización.

Figura No. 1. Mapa de División Política-Nicaragua, Municipio la Sabana.



Fuente: Alcaldía Municipal de La Sabana



1.1.2 Micro localización

Figura No. 2. Mapa de la ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



1.2. ANTECEDENTES

El desarrollo del sistema vial de Nicaragua ha ocupado un lugar preponderante y fundamental en el marco de la economía nacional, el desarrollo de la infraestructura vial en nuestro país tiene sus inicios en la década de los 40.

En el año de 1940 se crea el Departamento de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas, hoy Ministerio de Transporte e Infraestructura, en Nicaragua solo existían 201 Km. de carreteras de los cuales solamente 52 Km. eran pavimentadas.

A partir del año 1955, los préstamos públicos aumentaron y trajeron como resultado un nuevo empuje a la expansión de la red vial, a esa fecha existían en Nicaragua 3,687 km. de carretera, de los cuales 280 km. eran de pavimentación asfáltica, ya en 1965 se tenían 6,475 km de carretera, de los cuales 811Km eran de pavimentación asfáltica. En la actualidad la red vial de Nicaragua está conformada por 22,111.052 Km. de carreteras de las cuales 2,814.208 Km. (13%) son pavimentadas (Adoquinado, Asfalto y Concreto Hidráulico), y 19,296.844 Km. (87%) corresponden a no pavimentadas.

El tramo Chihuahua-El Encino no cuenta con ninguna intervención por parte de la alcaldía por falta de recursos y fondos para la formulación y gestión de un proyecto, por lo cual el camino está en malas condiciones, presenta un suelo desgastado por la poca impermeabilidad del terreno en el cual se encuentran fisuras y desniveles a lo largo de todo el tramo dificultando la accesibilidad y comodidad de los usuarios.



Aunque las estructuras de pavimento se han desarrollado por muchos años en nuestro país, a nivel local no existe ningún estudio relacionado al diseño de la estructura de pavimentos, este tramo no cuenta con un diseño geométrico adecuado y la superficie de rodamiento es de suelo natural, la cual es erosionada fácilmente por la esorrentía superficial y el tránsito vehicular continuo, esto conlleva a inversiones constantes en mantenimiento durante todo el año.



1.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente este tramo se clasifica por tipo de superficie como camino de todo tiempo por lo que es necesario realizar un diseño de pavimento con el fin de construir un adoquinado, el cual responda eficientemente a las cargas producidas por los vehículos que circulan en este lugar.

Cabe mencionar que ante la ausencia de un adecuado revestimiento de este tramo, los pobladores se ven gravemente afectados, ya que en época seca debido a la acción del viento y al tráfico vehicular se genera una gran cantidad de polvo, el que ocasiona problemas respiratorios, enfermedades diarreicas, dérmicas y oculares, entre otras. Por otro lado en época lluviosa, se generan estancamientos de aguas pluviales dado que la topografía de las vías es irregular.

Con este adoquinado se dará respuesta a las necesidades del municipio, tanto en el aspecto social (mejoramiento de los niveles de salud y calidad de vida), como en el aspecto vial (aumento de la fluidez, mayor confort, disminución del deterioro vehicular, etc.); cumpliendo así con las grandes necesidades que poseen los habitantes de la zona aledaños al proyecto.

La implementación de este proyecto también favorecerá el desarrollo económico de la zona y generará fuentes de trabajo a la población contribuyendo así a disminuir el nivel de desempleo durante la ejecución del proyecto y posteriormente los productos tendrán un mayor valor comercial al haber mayor fluidez y menor deterioro de los mismos.



Dicho diseño de pavimento será de adoquín empleando el método de la AASHTO 93, este por ser un sistema que tiene ventajas sobre otros materiales; como fácil manejo para su transporte y colocación, no requiere de mano de obra especializada, posee gran resistencia al desgaste lo cual brinda mayor seguridad para los peatones y el tráfico, es de gran durabilidad, mantenimiento y reparaciones de bajo costo.



1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Diseño de 4.75 km lineales de adoquinado por el método AASHTO 93 del tramo Chihuahua – El Encino en el municipio de La Sabana departamento de Madriz.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ❖ Evaluar estudios de suelos para el correcto diseño de espesores de capa basados en los datos geotécnicos facilitados por el IDR por el método AASHTO 93.
- ❖ Realizar un aforo vehicular para determinar la composición del tráfico, así como la cantidad de ejes equivalentes proyectados.
- ❖ Estimar las cargas de tránsito que circularán por la vía basados en datos de proyección.
- ❖ Realizar el diseño geométrico del tramo aplicando las normas vigentes del país.



1.5. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS

En vista de fortalecer los conocimientos adquiridos en las materias relacionadas con el diseño de pavimento tales como: Hidrotecnia, Explanaciones, Diseño Geométrico de viales, Estudio de Tránsito y Mecánica de Suelos; mediante un repaso de las definiciones y conceptos empleados en el ámbito de estas materias, presentamos a continuación una descripción de los elementos técnicos más comunes en el contexto del diseño de pavimento.

Primeramente, comenzaremos con la definición y conceptos de los elementos del pavimento.

1.5.1 Estudio de Tránsito: Los estudios de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Estos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad de servicio prestado a los usuarios.

1.5.2 Estudio Geotécnico: Estudio de la composición y la estructura de la Tierra. En el diseño de pavimentos, es fundamental conocer algunas propiedades, composición, estructura de los suelos que nos permiten conocer sus características generales y sus comportamientos.



1.5.3 Clasificación de los Suelos: Es un indicador de las propiedades físico - mecánicas que tienen los suelos. El análisis granulométrico es necesario para la identificación de un suelo y permite establecer una clasificación primaria dentro de unos grupos amplios, con propiedades generales análogas.

1.5.4 Carreteras Pavimentadas: Se encuentran primordialmente en el sistema de carreteras troncales, clasificándose en: pavimentos Rígidos (Concreto Hidráulico), semirrígidas (Adoquines) y Flexibles, Tratamiento Superficial Bituminoso Simple y Doble (Concreto Asfáltico en caliente y en frío). Todas deben incorporar normas de diseño y drenaje apropiado.

1.5.5 Pavimento: Estructura formada por una o más capas de materiales seleccionados y eventualmente tratados, que se colocan sobre la sub-rasante con el objetivo de proveer una superficie de rodadura adecuada y segura bajo diferentes condiciones ambientales y que soporta las solicitaciones que impone el tránsito.

1.5.6 Calzada: Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

1.5.7 Adoquín: Material que es utilizado como carpeta de rodamiento en estructuras de pavimentos, tienen formas geométricas ejecutadas de piedras labradas (o prefabricadas) en forma de tronco de pirámide, de base rectangular, para su utilización en pavimentos.



1.5.8 Rasante: Línea de una vía considerada en su inclinación o paralelismo respecto del plano horizontal.

1.5.9 Sub-rasante: Plano superior del movimiento de tierra, que se ajusta a requerimientos específicos de geometría y que ha sido conformada para resistir los efectos del medio ambiente y las solicitaciones que genera el tránsito. Sobre la sub-rasante se construye el pavimento y las bermas.

1.5.10 Base: Es la capa de espesor de la estructura de pavimento destinada a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes sobre la cual se coloca la carpeta de rodamiento. Permite reducir el espesor de la carpeta de rodamiento. Es un elemento resistente que transmite a las cargas inferiores los esfuerzos producidos por el tránsito, además debe drenar el agua que entra por medio de la carpeta de rodamiento.

1.5.11 Sub-base: Es la capa situada debajo de la base, que complementa la función resistente de las capas superiores su función es similar a la base, es colocada para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltra, impide la ascensión capilar procedente de la terracería hacia la base, sirve de transición entre el material de base, transmite de forma adecuada los esfuerzos que el tránsito le impone a través de la base. Puede constar de una o dos capas, e incluso no existir.

1.5.12 Tránsito Medio Diario Anual (TMDA): Valor promedio aritmético de los volúmenes diarios de flujo vehicular para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía.



1.5.13 Diseño de Estructura de Pavimento: Es la determinación de los espesores de la estructura de pavimento. Un diseño "a ojo" dará un pavimento que se deteriorará rápidamente, perdiéndose toda, o parte de la inversión, o dará un pavimento por encima de lo que se necesita, con unos costos muy altos e innecesarios.

1.5.14 Módulo de Resiliencia: Es una medida del módulo de elasticidad de la cama del suelo u otra capa del material del pavimento.

1.5.15 Período de Diseño: Es el período de tiempo para el cual se hace el análisis económico y funcional, ordinariamente incluye al menos una actividad de rehabilitación.

1.5.16 Coeficientes de Drenaje: Factores usados para modificar los coeficientes de capas en el pavimento flexible o los esfuerzos en pavimentos rígidos como una función de que tan bien la estructura del pavimento puede soportar los efectos adversos de la infiltración de agua.

1.5.17 Carga por eje simple equivalente (ESALs): Suma de cargas por eje simple equivalente a 18,000 libras usada para combinar el tráfico mixto y obtener el tráfico de diseño para el período de diseño.

1.5.18 Desviación Estándar: Es el error en la predicción del comportamiento desarrollado en el tramo. Para pavimentos flexibles es de 0.35, lo cual corresponde a una desviación estándar total de 0.45.



CAPITULO II

ESTUDIO DE SUELO





2.1. INTRODUCCION

Desde el punto de vista de la Ingeniería Civil existe una variedad de suelos en nuestro país, sin embargo, al momento que se requiere emplear uno de estos, la selección es bastante rigurosa basada primeramente en las especificaciones del diseño y por consiguiente en las normas relacionadas en este caso la AASHTO y la ASTM en general.

Por tal razón es frecuente encontrar suelos no adecuados para el fin que se necesite, en un lugar específico y para resolver estas complicaciones se recomienda tres alternativas para la aceptación del material:

1. Aceptar el material tal como se encuentre, pero tomando en cuenta su calidad en el diseño efectuado.
2. Eliminar el material, sustituyéndolo por otros de características adecuadas.
3. Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir con los requerimientos establecidos.

Esta última da lugar a la aplicación de técnicas para la estabilización de suelos ya sea con cemento, cal o asfalto.



En este capítulo se presentan los resultados del estudio de suelos efectuado con el propósito de determinar las características del sub-suelo, para posteriormente realizar el diseño de espesores de pavimento del tramo en estudio.

Para este estudio nos auxiliamos con la información suministrada por la Empresa Consultoría de Transporte S.A. (CONSULTRANS).

2.2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES QUE INTEGRAN EL PAVIMENTO SEMI-FLEXIBLE.

2.2.1. Sub-Rasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. Las especificaciones para el uso del suelo como sub-rasante se encuentran en el Anexo A (Tabla No. 22, página 100).



2.2.2. Sub-Base

Parte de la estructura del pavimento construida directamente sobre la sub-rasante y que sirve de soporte a la base.

Esta capa destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicada a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes ha dicho suelo. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad de la sub-rasante que serían dañinos para el pavimento. En el Anexo A (Tabla No. 23, página 101), se muestran las especificaciones de los materiales requisitos para la sub-rasante granular.

2.2.3. Base

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub- base y a través de esta a la sub-rasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Las especificaciones de los materiales empleados en la capa base se plasman en la Tabla No. 24 (Ver Anexo A, Tabla No. 24, página 101).



2.3. TRABAJOS DE CAMPO

En los trabajos de campo; la ubicación, profundidad y número de perforaciones juegan un papel importante, ya que éstas determinan una variación en la calidad de los suelos. Estos trabajos consistieron en la ejecución de 11 sondeos manuales, a una profundidad de 1.50m distribuidos a lo largo del tramo en estudio, con una separación entre sondeos de 100m aproximadamente.

En todos los sondeos realizados se tomaron muestras alteradas (la muestra no guarda las mismas condiciones in situ) de los estratos de suelo encontrados, para ser ensayados posteriormente, con el fin de determinar los resultados finales que darán lugar a diseñar los espesores a colocar en el camino en estudio.

2.4. TRABAJOS DE LABORATORIO

Con el objeto de establecer las propiedades físicas de cada suelo y estimar su comportamiento bajo diversas condiciones, fue necesario someter a las muestras a ensayos de laboratorio, de acuerdo a las especificaciones según AASHTO y ASTM, tales como:

Tabla No. 1. Especificaciones según AASHTO Y ASTM.

Tipo de Ensaye	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los Suelos	T-88	D-422
Limite Líquido de los Suelos	T-89	D-423
Limite Plástico e índice de Plasticidad de los Suelos	T-90	D-424
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883

Fuente: Elaboración Propia.



En base a los resultados obtenidos, las muestras se clasificaron de acuerdo al sistema Highway Research Board (H.R.B, AASHTO M-145 / ASTM D-3282).

2.5. ANÁLISIS DE LOS SONDEOS EN LINEA

De acuerdo a los resultados obtenidos, los materiales predominantes a lo largo del tramo del camino investigado según el sistema de clasificación H.R.B., son grava arcillosa que clasifican como A-2-6, A-2-7 y arena limosa del tipo A-2-4, encontrándose en algunos sectores suelos arcillosos del tipo A-7-5, A-6 y suelos limosos A-4, (Ver Anexo A, Tabla No. 26 “Resultados de ensayos de laboratorio en línea de sondeo”, Página 103).

El índice de grupo (IG) de los suelos predominantes es de 0 para los A-2-6, A-2-7, A-4 y A-2-4; de 7 a 15 para los A-7-6 y de 6 a 8 para los A-7-5, lo que es indicativo de una calidad que va de regular a pobre para cimentación de terraplenes o estructuras de pavimento.

2.6 FUENTES DE MATERIALES

Se realizaron los muestreos en las posibles fuentes de materiales cercanos a la línea del camino, en los bancos de materiales se realizaron muestreos a través de sondeos de pozos a cielo abierto con las siguientes dimensiones 1.5m x 1.5m con una profundidad de 3 metros, mediante los cuales se obtuvieron muestras para la realización de los siguientes ensayos: limite líquido, limite plástico, CBR, PVSS, PVSC. PVS máxima Y humedad óptima.



De acuerdo a los resultados obtenidos (Anexo A, Tabla No. 27 “Fuentes de materiales”, Página 105), se observa que los 2 bancos de materiales se clasifican como A-2-7(0) o sea gravas con arenas limo arcillosas. En base al sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, este material se caracteriza de regular a pobre para ser utilizado como material de base y sub-base en estructura de pavimento.

Tomando en cuenta los bajos resultados de C.B.R. que varían entre 26% y 38% al 95% Proctor, este material no puede ser utilizado para suplir material de sub-base y base. Además, que según las especificaciones del NIC-2000 (AASHTO T89, T90) el límite líquido debe ser menor o igual que 25%, el índice de plasticidad menor o igual que 6% y los materiales analizados en el banco poseen mayores porcentajes a estos. (Ver Anexo A, Tabla No. 23 y 24, página 101)

2.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Debido a que el suelo existente a lo largo de la vía (Ver Anexo A pág. 106, Perfil Estratigráfico del Proyecto), así como los bancos de materiales no cumplen con las especificaciones para ser utilizados como capas estructurales y por el costo que implica traer material de otro lugar que cumpla con estas especificaciones, la mejor solución, aprovechando el material del sitio es estabilizarlo con cemento (Ver Anexo A, Estabilización con cemento Portland, Página 107), de tal manera que se proporcione la una resistencia última a la compresión de por lo menos 1,800 KN/m² equivalentes 19 kg/cm², medida después de siete días de curado, (Ver Anexo A, Norma NIC-2000 Sección 1003.23-II.d, Página 107). Para encontrar el porcentaje de los materiales que intervendrán en la mezcla, se requerirá que en el laboratorio se estudien diversas proporciones, tanto como para bajar la plasticidad como para aumentar la resistencia.



Para modificar las propiedades del suelo, el porcentaje de cemento varía del 1 al 4%, con esto solo se logra disminuir la plasticidad y el incremento en la resistencia resulta muy bajo. En cambio para obtener una estabilización más rígida, el porcentaje de cemento varía de 5 a 14%, este tipo de mejoramiento es muy común en las bases, ya que resulta muy importante que éstas y la carpeta presente un módulo de elasticidad semejante y con ello se evita un probable fracturamiento de la carpeta.



CAPITULO III

ESTUDIO DE TRÁNSITO





3.1. INTRODUCCION

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 medios de aforos (Conteos Vehiculares), ubicados en el tramo a estudiar, para determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causen al pavimento.

En este capítulo se dan a conocer los datos de tránsito para el diseño de pavimento, consideraciones para el cálculo del tránsito de carril de diseño. Toda esta información permitirá determinar el espesor de pavimento que se requiere para soportar las cargas (Ejes equivalentes) que producirán dicho tránsito, considerando el periodo de diseño propuesto.

3.2. METODOLOGÍA.

En este estudio de tráfico se contemplan tres etapas claramente definidas:

- **Recopilación de datos:** Se realizó por medio de conteos volumétricos que consisten en medir el volumen de tráfico que transita en una carretera o en segmentos específicos de carretera durante un período de tiempo determinado. La recolección de datos se realizó durante una semana siendo el período comprendido entre el 05 al 11 de marzo del 2012.
- **Procesamiento de información:** Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual se aplicaron los diferentes métodos para obtener los mejores resultados.



- **Análisis de la información obtenida:** En este proceso se usaron los criterios para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

3.3. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Se realizó el conteo de forma manual durante un periodo de 7 días consecutivos durante 12 horas, de 6:00 am - 6:00 pm.

La estación de conteo vehicular se ubicó en un lugar estratégico y seguro, que permita captar el tráfico del tramo en estudio, dicho lugar fue ubicado en el empalme Chihuahua.

3.3.1. Hoja de Campo

La hoja de campo utilizada está compuesta de una leyenda donde se anotan datos generales referentes al sitio donde se realizó el conteo: Nombre de la Estación, Sentido, Fecha y Nombre del Aforador. Así mismo, la hoja contiene un cuadro conformado de columnas correspondientes a los tipos de vehículos de la clasificación de tránsito nacional, siendo estos los siguientes:

3.3.1.1. Motos: Vehículos automotores de dos ruedas.

3.3.1.2. Vehículos Livianos: Vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen: automóviles, camionetas (Pick-ups) y Jeeps.



3.3.1.3. Vehículos Pesados de Pasajeros: Vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen: microbuses pequeños (hasta 15 pasajeros), microbuses medianos (mayores de 15 pasajeros), buses grandes y camiones utilizados para el transporte de pasajeros.

3.3.1.4. Vehículos Pesados de Carga: Vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen: camiones pequeños de dos ejes (C2 Liviano), camiones de dos ejes mayores a cinco toneladas (C2), camiones de tres ejes (C3), camiones de cuatro ejes (C4), camiones combinados con remolque del tipo (C2R2) y (C2R3) y los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3).

3.3.1.5. Vehículos Pesados de Carga: Vehículos pesados, tales como vehículos agrícolas y de construcción.

3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS.

La tabulación de la información corresponde directamente al trabajo de gabinete luego de haberse realizado el trabajo de campo, esta misma fue procesada en Excel mediante hojas de cálculo (Ver Tabla No. 2):



Tabla No. 2. Resumen semanal por tipología vehicular.

Días	Vehículos de pasajeros					Pesados de cargo		Total
	Motos	Autos	Jeep	Camionetas	Bus	C2	C3	
Lunes	33	26	8	22	4	3	1	97
Martes	18	25	9	39	4	4	2	101
Miércoles	16	23	12	33	4	6	0	94
Jueves	31	33	11	21	4	4	3	107
Viernes	23	27	5	19	4	5	1	84
Sábado	27	19	2	29	4	2	1	84
Domingo	41	22	2	23	4	2	2	96
Total VPD 12 HRS.	27	25	7	27	4	4	1	95
% Total	29	26	7	29	4	4	1	100

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que los conteos se realizaron durante horas diurnas, de 06:00 am a 6:00 pm, es necesario expandir los resultados obtenidos a tráfico día y a tráfico noche.

El Ministerio de Transporte e Infraestructura como instancia rectora de la vialidad de Nicaragua (MTI), publica de forma regular anualmente los resultados de los conteos de tránsito, incluye con éstos los factores de expansión oficiales para el tráfico diurno, tráfico semanal y de temporada.

Se revisaron las revistas de los años 2009, encontrándose que existe una estación sumaria de conteos de tránsito N°7703, ubicada en el tramo en estudio, esta estación está dentro del sistema de estaciones afectadas por la estación permanente N°111: Condega – Shell Palacaguina.



Con lo anterior se encontró que en la estación sumaria N°7703 se tienen conteos de tránsito en años no consecutivos, siendo el último realizado en el año 2009, la revista de conteos de ese año presenta además los factores de expansión asociados a ella y por lo tanto serán lo que se utilizarán para expandir los datos levantados en el conteo vehicular.

La siguiente tabla (Ver Tabla No. 3), muestra los datos recopilados de las diferentes estaciones de conteo asociadas a la Estación de mayor cobertura 111: Condega – Shell Palacaguina.

Tabla No. 3. Estaciones de conteo de la estación permanente 111.

Numero de estación	Nombre del tramo
113	Somoto – El Espino
125	Macuelizo – Santa María
128	Jalapa – Teotecacinte – El Porvenir
1501	Yalaguina - Ocotál
1502	Ocotál – Las Manos
2901	Ocotál – San Fernando
2903	Santa clara – Jalapa
2905	Jalapa – El Escambray
2906	Jalapa – Monte Frio
3805	Condega – Pueblo Nuevo
5301	Ocotál – Macuelizo
5501	El Jícaro – Murra – El Rosario
5503	Sabana Larga – Valla Siapali
7701	Somoto – San Lucas
7703	San Lucas – Las Sabanas
7704	La Sabana – San José de Cusmapa
8303	La Mía – El Jícaro
307	El Tule – Condega (INTER NIC-1)
3507	Empalme Chilamatillo - Escuela Miraflores
3508	Escuela Miraflores – San Sebastián de Yali

Fuente: Revista de Conteo de Tráfico del año 2009. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).



Tabla No. 4. Factores de ajustes para el tramo: Chihuahua – El Encino

Camino: NN-4	Estación: 7703 Tramo: San Lucas - La sabana. Período: L Dias: 3 Horas: 12 Mes/Año: Noviembre 2013 Km: 229.540																	
Grupos	Motos	Vehículos de Pasajeros						Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Autos	Jeep	Cam.	Mc Bus <15 s.	Mn Bus 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)	74	2	14	65			8	6	3	2								174
Factor Día	1.25	1.36	1.34	1.31	1.36	1.30	1.21	1.22	1.45	1.30	2.00	1.58	2.13	1.00	2.00	1.00	1.32	
Factor Semana	1.00	1.08	1.03	1.00	1.05	1.55	0.99	0.90	0.92	0.92	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.15	
Fac. Expansión	0.88	0.84	0.98	0.98	1.02	1.65	1.02	0.95	1.06	1.25	2.75	1.03	1.00	1.00	1.00	1.00	1.29	
TPD Enero-abril	82	2	19	83			9	6	5	4								210
% TPDA	39.03	1.18	9.25	39.31				4.47	2.83	2.25	1.68							100.0
% Vehículos liviano	88.77							11.23										100

Fuente: Revista de Conteo de Tráfico del año 2009. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).



Tabla No. 5. Resultado del tránsito promedio aplicando los factores de ajustes.

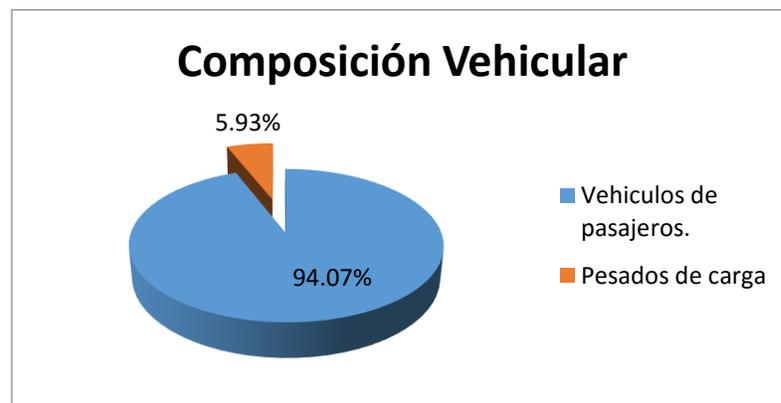
Grupo	Motos	Vehículos de pasajeros				Pesados de carga		Total
		Autos	Jeep	Camionetas	Bus	C2	C3	
TPD	27	25	7	27	4	4	1	95
Factor día	1.25	1.36	1.34	1.31	1.21	1.45	1.3	-
Factor semana	1	1.08	1.03	1	0.99	0.92	0.92	-
Factor temporada	0.88	0.84	0.98	0.98	1.02	1.06	1.06	-
TPD	30	31	10	35	5	6	1	118
Composición Vehicular		94.07				5.93		100

Fuente: Elaboración propia.

3.5. CLASIFICACIÓN VEHICULAR PROMEDIO

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra, la cual indica que el 94.07 % del tráfico corresponde a vehículos de pasajeros, el 5.93 % corresponde a vehículos de carga (Ver Figura No. 3).

Figura No. 3. Composición Vehicular.



Fuente: Elaboración Propia



3.6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.

3.6.1. Tasas de crecimiento

3.6.1.1. Evolución del Producto Interno Bruto (PIB).

Según los anuarios históricos del Banco Central de Nicaragua (BCN), el crecimiento del producto interno bruto (PIB), fue de 4.5% para el año 2013. Sin embargo si analizamos el periodo del 2003 al 2013, la tasa de crecimiento promedio es de 3.41%. Los datos del producto interno bruto se presentan en la siguiente tabla (Ver Tabla No.6):

Tabla No. 6. Evolución histórica del PIB

Producto Interno Bruto (M-C\$)		
Año	PIB	Tasas
2003	28796	2.30%
2004	30325	4.00%
2005	31624	4.00%
2006	32937	3.70%
2007	34137	3.80%
2008	35079	3.20%
2009	34563	-1.50%
2010	36112	4.50%
2011	37793	4.70%
2012	39683	4.30%
2013	41667	4.50%
Promedio =		3.41%

Fuente: Boletín Estadístico Banco Central de Nicaragua.



3.6.1.2. Historia de tránsito.

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

Para la variable del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), se estudió el registro histórico de la estación de control N° 7703, la cual corresponde al tramo San Lucas – Las Sabanas del camino NN-4, (Ver Tabla No. 7), cuya tasa de crecimiento promedio según la revista de tráfico 2009, publicada por el sistema de administración de pavimento, del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), es del 5.54 % entre los años 2000 - 2009.

Tabla No. 7. Estación Control N°7703

Transito Promedio Diario Anual (Est. Sumaria 3211)		
Año	TPDA	TCA
2000	104	
2002	83	-10.66%
2003	97	5.33%
2006	137	12.20%
2009	210	15.30%
Promedio (Est. Sumaria)		5.54%

Fuente: Revista de Conteo de Tráfico del año 2009. Ministerio de Transporte e Infraestructura.



3.6.1.3. Crecimiento Poblacional

Según el último censo comprendido entre el periodo 2010 - 2015, realizado por el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC), actualmente Instituto de Información de Desarrollo (INIDE), la tasa de crecimiento poblacional en el municipio de La Sabana es de 0.6 % anual.

Esta tasa de crecimiento se comparó con las tasas promedio del PIB y TPDA obtenidas de los cálculos anteriores, con el objetivo de encontrar una tasa que se ajuste a la realidad económica actual del país y que sirva para encontrar el TPDA del año base, a partir del cual se harán las proyecciones para el tránsito futuro.

3.6.1.4. Análisis de la tasa de crecimiento utilizada

Tomando en cuenta la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), la tasa del crecimiento vehicular de la zona, la tasa de crecimiento poblacional del municipio y las condiciones actuales que está viviendo el país y el resto del mundo, que en común se ve afectado por la crisis económica (variaciones del precio del petróleo, crisis financiera, etc.) se utilizará una Tasa Anual de Crecimiento (TAC) del 0.6%, la cual se considera como tasa de crecimiento estable y conservadora dentro de la economía del país, sin embargo ésta tasa tiende a sufrir un incremento o decremento debido a las posibles variaciones económicas que pueda presentar la economía mundial.



3.7. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

Para realizar la proyección del tránsito vehicular es necesario contar con cierta información tales como: el volumen de vehículos para el año de inicio del proyecto (tránsito inicial), la tasa de crecimiento del parque vehicular de la zona de estudio, además del período al cual se pretende proyectar (período de diseño). Todas estas consideraciones se hacen con el propósito de estimar el volumen de tránsito al cual será sometida la estructura de pavimento durante el período de diseño.

3.7.1. Periodo de Diseño (n).

Es el número de años para el cual se diseña específicamente el pavimento; generalmente varía entre los 10 y 40 años. De acuerdo a las características geométricas de la vía y al volumen actual de tránsito que circula por ella, la carretera en estudio la podemos clasificar de acuerdo a su función vial como colectoras suburbanas por lo tanto elegimos un valor máximo de 20 años para el período de diseño (Ver Tabla No. 8).

Tabla No. 8. Periodo de Diseño

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

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



Para la proyección del tránsito promedio diario anual que circulará en el año horizonte es realizó bajo la aplicación del modelo matemático siguiente:

$$T = T_0 (1 + i)^n \quad (\text{EC. 1})$$

Donde:

T: Tránsito en el año de puesta en marcha del proyecto.

T₀: Tránsito inicial en el último año conocido (2009).

n: Período de análisis en años (20 años).

i: Tasa anual de crecimiento (0.6 %).

El volumen del tránsito en el año horizonte se presenta en la siguiente tabla:

Tabla No. 9. Volumen de tránsito en el horizonte.

Tipos de Vehículos	T ₀ (2013)	T _d (2033)
Motos	30	34
Autos	31	35
Jeep	10	12
Camionetas	35	40
Bus	5	6
C2	6	7
C3	1	2
Total	118	136

Fuente: Elaboración propia.



3.8. TRÁNSITO DE DISEÑO (TD).

Es el valor acumulado de la cantidad de vehículos que circularán en la vía durante la vida de diseño a la cual fue proyectada y se calcula usando la siguiente ecuación:

$$TD: T_o * FC * FD * FC' \quad (EC. 2)$$

Donde:

TD: Tránsito de Diseño.

To: Tránsito Base (2013).

FC: Factor de Crecimiento.

FD: Factor de Distribución.

FC': Factor Carril.



3.9.1. Factor de crecimiento (FC).

El factor de crecimiento indica la medida en como aumentará el tránsito conforme pase el tiempo y está determinado por el período de diseño y la tasa anual de crecimiento vehicular. Este factor se determina utilizando la siguiente ecuación:

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

i: tasa de crecimiento (0.6%).

n: período de diseño (20 años).

Sustituyendo los valores en la ecuación tenemos:

$$FC = \frac{(1 + 0.006)^{20} - 1}{0.006} \times 365 = 7,731.47$$

3.9.2. Factores de Distribución del Tránsito (FD).

Es el factor del total del flujo vehicular censado. En la mayoría de casos este valor es de 0.5 ya que la mitad de los vehículos van en una sola dirección y la otra mitad en la otra dirección.

Para la vía en estudio por ser una carretera rural con ambas direcciones de circulación se ha tomado el factor de 0.5, considerándolo como valor ideal para vías de dos carriles con sentido de circulación opuesto. (Ver Tabla No. 10)



Tabla No. 10. Factor de Distribución por dirección.

Número de carriles en ambas Direcciones	FD (%)
2	50
4	45
6 ó más	40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Nov. 2002

3.9.3. Factor de Distribución por carril (FC').

Es conveniente tener en cuenta que para efectos de dimensionamiento de un pavimento interesa el tránsito que pasa sobre un carril, al cual se le denomina carril de diseño. Se define por el carril de diseño aquel que recibe mayor número de ESAL'S.

Para un camino de dos carriles cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de varios carriles el de diseño será el extremo por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril, para el caso del tramo en estudio por ser de un solo carril por sentido, dicho factor será igual a 1 (Ver Tabla No. 11).



Tabla No.11. Factor de Distribución por Carril.

Número de carriles en una sola dirección	FC' (%)
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Nov. 2002.

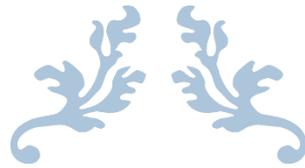
3.9.4. Estimación del tránsito de diseño

La tabla siguiente presenta el cálculo del tránsito de diseño para un período de 20 años con una tasa de crecimiento de 0.6%.

Tabla No. 12. Tránsito de Diseño.

Tipos de Vehículos	T ₀	FC	FD	FC'	TD
Motos	30	7731.47	0.5	1	115,972
Autos	31				119,838
Jeep	10				38,657
Camionetas	35				135,301
Bus	5				19,329
C2	6				23,194
C3	1				3,866
Total	88				340,185

Fuente: Elaboración Propia



CAPITULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTO





4.1. INTRODUCCIÓN

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub-rasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de explanación y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

De acuerdo al Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento de la SIECA el cual, señala cuatro métodos para el diseño de pavimento con carpeta de adoquín los cuales son los siguientes:

- Método de Murillo López de Souza.
- Método Argentino.
- Método Británico.
- Método A.A.S.H.T.O 93.

El método A.A.S.H.T.O. 93 es el más usado y cuenta con dos técnicas de diseño para estructuras de pavimento: rígido y flexible. Para el diseño propuesto a continuación se utilizó el método flexible tomando ciertas consideraciones:

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



En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpetas de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, de concreto y adoquinado.

Debido a su fácil trabajabilidad y otras características se eligen adoquines de hormigón en este estudio. En todo caso resulta ser una alternativa económica y de fácil mantenimiento.

El cálculo de espesores del pavimento semi-flexible se realizará de acuerdo al método desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials correspondiente a la versión de 1993 (AASHTO, 1993), mediante el programa computarizado: "Pavement Analysis Software", Pavement Desing and Analysis, versión 3.3.



4.2. MÉTODO DE DISEÑO

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un "número estructural SN" para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado, la determinación de este valor también se puede hacer haciendo uso de ábacos o de fórmula, la única diferencia radica en la precisión. Siendo el nomograma el más rápido pero de poca precisión.

La ecuación utilizada para obtener el SN se expresa de la siguiente forma:

$$SN = a_1 * m_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3 \quad (EC.4)$$

Donde:

a_i : Coeficiente estructural de la capa i , el cual depende de las características del material con que aquella se construya.

D : Espesor propuesto de la capa i en pulgadas

M : Coeficiente de drenaje

Esta ecuación no tiene una única solución existen muchas combinaciones de espesores que la pueden satisfacer, no obstante se dan normativas tendientes a dar espesores de capas que puedan ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes por las capas superiores más resistentes.

El método también requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito.



Los criterios que considera el método para el cálculo de espesores de capa son:

1. Determinar el número de ejes equivalentes (ESAL'S).
2. Obtener las variables de diseño:
 - Factores equivalentes de carga.
 - Peso por ejes.
 - Confiabilidad deseada (R).
 - Desviación estándar (S_o).
 - Serviciabilidad (ΔPSI).
 - Módulo de resiliencia (M_r).
3. Establecer las propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales (a_i).
4. Calcular los espesores del pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

4.3. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO AASHTO-93

4.3.1. Serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento se puede definir como la manera en que un pavimento cumple su función de ser cómoda, fácil, rápida y segura para la circulación de los vehículos y la capacidad que tiene de atender el tránsito. El índice de serviciabilidad varía de 5 (Excelente) a 0 (Pésimo).



La serviciabilidad de un pavimento se ve afectada conforme el uso que tiene a lo largo de su vida útil, por tanto para el diseño se necesitará definir la serviciabilidad inicial (P_0) y la serviciabilidad final (P_t), para poder determinar la pérdida total en el Índice de serviciabilidad (ΔPSI).

La pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI , mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t \quad (\text{EC. 5})$$

Donde:

ΔPSI : Diferencia entre los índices de servicio inicial y final deseados.

P_0 : Índice de servicio inicial.

P_t : Índice de servicio terminal.

Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y la final; la inicial (P_0) en función directa del diseño de la estructura de pavimento y de la calidad con que se construye la carretera; la final o terminal (P_t) va en función de la categoría del camino, se adopta en base a esto y al criterio del diseñador.



Los valores recomendados por la AASHTO y por experiencia son:

- Serviciabilidad inicial

$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles

- Serviciabilidad final

$P_t = 2.5$ ó más para caminos principales $P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

Para este caso se ha tomado un valor $P_o = 4.2$ y $P_t = 2$, correspondiente para una carretera de pavimento flexible y tránsito menor.

Por lo tanto, el valor de la pérdida de la serviciabilidad para nuestro diseño es:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 = 2.20$$

4.3.2. Número Estructural Asumido (SN):

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

Para este Diseño seleccionamos el valor $SN = 5$.



4.3.3. Factor de Equivalencia (F.ESAL):

Se obtiene las tablas de la AASHTO-93 apéndice D (Tabla D-1 a D-3 adjuntas en Anexos C, Tabla No. 29, 30 y 31 pág. 110, 111, 112), para ejes Sencillos, Dobles. Conociendo la serviciabilidad final ($P_t = 2.0$), el número estructural asumido ($SN = 5$) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips) se obtienen los factores de equivalencia (F.ESAL ver tabla en anexos). Si los pesos de los ejes no se encuentran en estas Tablas se deben de Interpolar dichos valores.

4.3.4. Ejes Equivalentes (ESAL o W18):

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

$$E \text{´} \text{SAL } \acute{o} \text{ W18} = \text{TD} * \text{FESAL} \quad (\text{EC. 6})$$

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



Tabla No. 13. Ejes equivalentes (ESAL´S) para cada eje y tipo de vehículos.

Tipo de vehículos	Peso por eje (kips)	TD	F.ESAL´S	ESAL´S DE DISEÑO
Autos	2.2	119,838	0.00038	45.54
	2.2		0.00038	45.54
Jeep	2.2	38,657	0.00038	14.69
	2.2		0.00038	14.69
Camionetas	2.2	135,301	0.00038	51.41
	4.4		0.0034	460.02
Bus	11	19,329	0.1265	2,445.08
	22		2.35	45,422.39
C2	11	23,194	0.1265	2,934.09
	22		2.35	54,506.86
C3	11	3,866	0.1265	489.02
	36.3		1.4325	5,537.67
Total		340,185		111,967

Fuente: Elaboración propia.

Para el Diseño de la carretera en estudio se obtuvo un valor de:

$$\text{ESAL o W18} = 111,967$$

4.3.5. Confiabilidad

Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño y comportamiento de un pavimento, a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportara satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.



La confiabilidad pretende incorporar un grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de éste se mantengan durante el periodo de diseño. Con este parámetro se consideran posibles variaciones tanto en las predicciones del tránsito en ejes acumulados como en la predicción del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza en que los tramos del pavimento sobrevivirán al período para el cual fueron diseñados.

Tabla No. 14. Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.

Clasificación	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 – 90	75 – 95
Colectoras de Tránsitos	80 – 95	75 – 95
Colectoras locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO – 1993

Para el diseño, según la Tabla No. 14, se toma un nivel de confiabilidad de 85% para una carretera clasificada como colectora de tránsito rural.

4.3.6. Desviación Estándar (So).

La desviación estándar del sistema toma en cuenta las variaciones en las ecuaciones, las mediciones y los materiales. Se selecciona un nivel de confiabilidad para determinar con que confianza se espera que el pavimento dure el periodo de tiempo para el que fue diseñado.



Los valores varían dependiendo del tipo de pavimento que se construya y el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos en su Capítulo 7, página 5, recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

- Para pavimentos flexibles 0.40 - 0.50
- En construcción nueva 0.35 - 0.40
- En sobre-capas 0.50

Para el diseño, se tomó una desviación estándar, **So** = 0.45

4.4. PROPIEDAD DE LOS MATERIALES.

4.4.1. Determinación del CBR de Diseño.

Es necesario recordar que el ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “RELACIÓN DE SOPORTE” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la A.A.S.H.T.O. con el número T-193.

De la estación 0+000 a la estación 0 + 427 y de la estación 3 + 845 a la estación 4 + 272, se considera como sub-rasante el nivel del terreno natural, debido a que en este tramo predomina un material granular del tipo A-2-6 (0) en la capa superficial con un espesor de 20 cm o mayor a este.



Continuando de la estación 0 + 854 a la estación 3 + 418, también se considera como sub-rasante el nivel del terreno natural, debido a que en este tramo predomina un material granular del tipo A-2-4 (0) en la capa superficial con un espesor de 20 cm.

Teniendo en cuenta que estos materiales poseen altos valores de límite líquido e índice de plasticidad, se considerará un corte de 20 cm como nivel de sub-rasante del nivel del terreno natural, para así realizar la estabilización de suelo con cemento que es una de las más utilizadas en el presente.

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR DE DISEÑO, el cual recomienda tomar un valor tal, que el 60%, el 75% o el 87.5%, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores que él, de acuerdo al tránsito que se espera que circule por el pavimento, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla No. 15. Límites para la selección de CBR de diseño.

No. De ejes (8.2 ton) Carril de Diseño	Percentil a seleccionar para CBR de Diseño
$< 10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
10^6	87.5

Fuente: Ingeniería de Pavimentos de Carreteras. Fonseca Montejo.

Para nuestro estudio en particular el valor ESAL'S es de **111,967** por lo tanto el valor percentil a utilizar corresponde a **75%**.



4.4.1.1. Metodología para la selección del CBR de diseño:

El Instituto del Asfalto define que el CBR de diseño es aquel valor que es igualado o superado por un determinado porcentaje de los valores de las pruebas efectuadas, estableciendo el procedimiento siguiente:

- a) Se ordenan todos los valores de CBR obtenidos de menor a mayor.
- b) Para cada valor numérico diferente de CBR, comenzando desde el menor, se calcula el número y el porcentaje de valores de CBR que son mayores o iguales a él.
- c) Se dibujan los resultados en un gráfico CBR versus el porcentaje de valores mayores o iguales, uniendo en una curva los valores dibujados en él.
- d) El CBR de diseño es el correspondiente al valor en las ordenadas según el tránsito estimado para la vía objeto del análisis.
- e) El criterio para determinar el percentil de diseño a utilizar será por medio del número de ejes equivalentes en el carril de diseño.
- f) Aplicando la metodología, ordenando los valores CBR de menor a mayor obtenemos la siguiente tabla (Ver Tabla No. 16):

Tabla No. 16. Cálculo del CBR de Diseño.

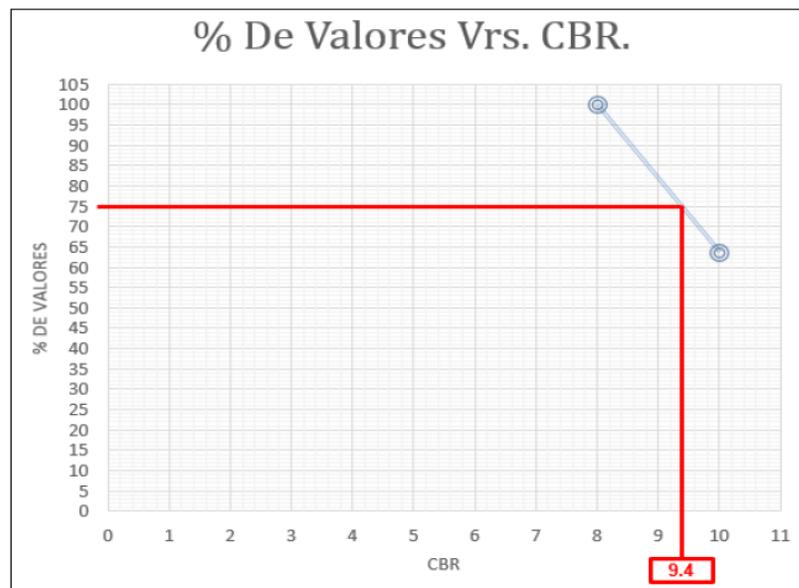
Cálculo del CBR de diseño			
CBR	Frecuencia	Número de valores ≥	%
8	4	11	$11/11*100 = 100\%$
10	7	7	$7/11*100 = 63.63\%$
	11		

Fuente: Elaboración propia



Con los valores CBR y % de valores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para sub-rasante. El resultado se muestra en la siguiente figura:

Figura No. 4. CBR de Diseño para la Sub-rasante.



Fuente: Elaboración Propia

Al trazar tangente sobre el valor percentil de 75% obtenemos el CBR de diseño para la sub-rasante igual a 9.4%.

4.4.2. Módulo Resiliente de la Sub-rasante.

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



El método de la A.A.S.H.T.O. requiere el módulo resiliente (M_r) de la sub-rasante para cuantificar la capacidad de soporte de los pavimentos flexibles. El ensayo del módulo resiliente (M_r) proporciona una propiedad del material que representa mucho mejor el comportamiento de los suelos y bases bajo cargas en movimiento.

Este módulo se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, y por tal motivo se han establecido correlaciones para determinarlo a partir de otros ensayos, tales como el CBR, encontrándose que, el parámetro para la caracterización de los materiales de sub-rasante en este método, es el módulo resiliente o elástico.

La guía de la A.A.S.H.T.O. 93 propone determinar el módulo resiliente (M_r) con el uso de la conocida correlación con el CBR (suelo de la sub-rasante) versus módulo resiliente para suelos granulares.

$$M_r \text{ (PSI)} = 1500 \text{ CBR}$$



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

$$\mathbf{MR (psi) = 1500 \times CBR \quad (EC.7)}$$

(Para suelos finos con valores de $CBR < 10\%$ sugerida por la A.A.S.H.T.O. 93)

$$\mathbf{MR = 3000 \times CBR^{0.65} \quad (EC.8)}$$

Para CBR de 7.2% a 20% (esta ecuación fue desarrollada en Sudáfrica para suelos finos).

$$\mathbf{MR = 4326 \times \ln CBR + 241 \quad (Utilizada para suelos granulares) \quad (EC.9)}$$

En nuestro diseño utilizaremos la ecuación 8 para calcular el módulo de resiliencia de la sub-rasante, por medio del CBR promedio, ya que es la recomendada para valores entre 7.2 % y 20%. En nuestro caso el CBR promedio fue de 9.4 %.

$$Mr = 3000 \times CBR^{0.65}$$

$$Mr = 3000 \times (9.4)^{0.65}$$

$$Mr = 12,872.25 \text{ PSI}$$



4.4.3. Drenaje (mi).

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

El coeficiente de drenaje se expresa en la fórmula del número estructural por medio del drenaje (**mi**) que toma en cuenta las capas no ligadas.

La A.A.S.H.T.O. recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de espesores de los miembros (Ver Tabla No.17).

Tabla No. 17. Coeficiente de Drenaje para Pavimentos Flexibles

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo en 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	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO 1993.



Dado que el ensayo del CBR se hizo en condición saturado, es decir en la condición más crítica, se asumirá que más del 25 % del tiempo el pavimento estará expuesto a niveles de humedad cercana a la saturación, para la cual se considera la calidad del drenaje como buena, por lo tanto se asume un valor de $m_i = 1.00$, ya que el suelo existente en la base fue estabilizado con cemento para obtener una resistencia permisible, por tal motivo asumimos el valor antes mencionado de acuerdo a la Tabla No.17.

4.5. COEFICIENTE DE CAPAS ESTRUCTURALES

El método asigna para cada capa de pavimento un coeficiente a_i los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento.

Mediante el uso de nomogramas de la guía A.A.S.H.T.O, se determina el coeficiente estructural de cada capa de la estructura de pavimento, según el método de diseño. Estas, están representadas con la siguiente simbología:

- a_1 = Para la carpeta de rodamiento
- a_2 = Para la base

4.5.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) a_1 .

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



4.5.2. Coeficiente estructural para material granular estabilizado con cemento a2.

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento (a2) se determina con el uso del nomograma para de la Figura No. 13 del Anexo C (pág. 113) Tomando como dato de entrada la resistencia ultima a la compresión a los 7 días de 19 kg/cm² equivalente a 261 PSI, que deberá tener el suelo estabilizado. (Ver Anexo A, Norma NIC-2000 Sección 1003.23- II.d, página 107) que deberá tener el suelo estabilizado. Luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda.

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento es:

$$a2 = 0.135$$

4.6. DETERMINACIÓN DE ESPESORES Y NÚMEROS ESTRUCTURALES APORTADOS.

4.6.1. Número estructural

El SN es un número abstracto que representa la resistencia estructural de un pavimento requerido, para una relación dada de soporte de suelo (Mr), el tránsito total (W18), de la serviciabilidad final y de las condiciones ambientales.

El cálculo del SN se determinará mediante la implementación del nomograma, donde se obtuvo un valor de SN = 2.2 (Ver Anexo C, Figura No. 14 Pág. 114).



4.6.2. Determinación de los espesores de capas requeridos

El método de diseño utiliza la siguiente ecuación para obtener los espesores de las capas del pavimento; la superficie de rodamiento o carpeta y la base de suelo estabilizada con cemento.

$$SN= a1* D1+ a2*D2 \quad (EC.10)$$

Donde:

a1 y a2: coeficientes de capa representativos de carpeta y base respectivamente.

D1 y D2: Espesor de la carpeta y base respectivamente, en pulgadas.

Cálculo de espesores:

SN: Número estructural requerido = 2.0

a1: Coeficiente de carpeta de adoquín = 0.45

a2: Coeficiente de base de suelo- cemento = 0.135

D1: Espesor del adoquín (10 cm) = 4 pulg. = 10 cm

D2: Espesor de la base =?



Sustituyendo en la Ecuación 10, tenemos:

$$2.2 = 0.45 * 4 \text{ pulg} + 0.135 * D2$$

$$D2 = 2.2 - (0.45 * 4 \text{ pulg}) / 0.135$$

$$D2 = 2.96 \text{ pulg} \approx 3 \text{ pulg.}$$

Ya que 3 plg es menor que el espesor mínimo recomendado por la norma, del manual Centro Americano de Diseño, usaremos 4 pulgadas para el espesor de la base (mínimo sugerido), (Ver Anexo C Tabla No. 32. Pág. 117).

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anterior se determinarán los espesores de las diferentes capas de pavimento utilizando el programa "Pavement Design & Analysis Life _ Cicle Cost Analysis", creado por Thomas P. Harman, M.S.C.E, que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO, ya que resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño.

Los valores de los parámetros de entrada se muestran en la siguiente tabla:

Tabla No. 18: Parámetros de entrada para el programa AASHTO´86

Confiabilidad	85
Índice de servicio inicial	4.2
Índice de servicio final	2
Índice de servicio de diseño	2.2
Desviación estándar	0.45
Período de diseño	20
Número de ejes equivalentes	111,967
Coefficiente estructural a ₁	0.45
Coefficiente estructural a ₂	0.135
Coefficiente de drenaje m ₁	1
Módulo de resiliencia	11,500.24

Fuente: Elaboración Propia



A continuación, se presenta el diseño, paso a paso en el programa:

Se introdujeron al programa los valores de Número de ejes equivalentes, confiabilidad, desviación estándar, módulo resiliente, serviciabilidad inicial y final; obteniéndose un Número estructural mínimo requerido de 1.94 (Ver Figura No.5).

Figura No. 5. Cálculo del Número Estructural mínimo requerido.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Pavement Analysis: READY Page: 6
AASHTO '86 Design Equations
**** Flexible Pavement Analysis ****
[1] Design E 18's          111.967
[2] Reliability            85.00
[3] Overall Deviation      0.45

[4] Soil Resilient Mod.   11,500.2
[5] Initial Serviceability 4.20
[6] Terminal Serviceability 2.00
Flexible Structural Number 1.94
Press Enter to Continue or <↑↓< to Edit your Inputs
Special Keys: F1: HELP F2: EXIT F5: MENU <PgUp> <PgDn> <↑↓<
```

Fuente: Programa computarizado "Diseño y Análisis de pavimento, de la AASHTO.



Figura No. 6. Resultados de espesores requeridos para el diseño de pavimento.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Pavement Analysis: READY Page: 7
Flexible Thickness Determination

Layer Number      Layer Coefficient      Drainage Coefficient      Layer Thickness      a(i)*Cd*t      Thickness Needed
=====          == a (i) ==          == m (i) ==          === t ===          =====          =====
Upper
2                 0.45                 1.00                 4.00                 1.80
3                 0.14                 1.00                 4.00                 0.56
4
5
6

                                     =====
                                     SM Required = 2.36
                                     <Ok>

Press [F10] to Clear an Input & <PgDn> to Continue when finished.

Special Keys:  F1: HELP  F2: EXIT  F5: MENU  <PgUp>  <PgDn>  <↑↓←>
    
```

Fuente: Programa computarizado "Diseño y Análisis de pavimento, de la AASHTO

Luego de introducir al programa los valores de los coeficientes estructurales de capa y de drenaje, se tomó un espesor de carpeta de rodamiento de 4 pulgadas por ser este de adoquín y para la base estabilizada con cemento se obtuvo un espesor de 8 pulgadas. Puede verificarse que con los espesores propuestos, el diseño cumple con los requisitos estructurales.

SN calculado para proteger la estructura del Pavimento = 2.36

SN Requerido para proteger la estructura del Pavimento = 1.94

SN Calculado 2.36 > 1.94 SN Requerido ¡OK!...



4.6.3. Resumen de Espesores de Pavimento.

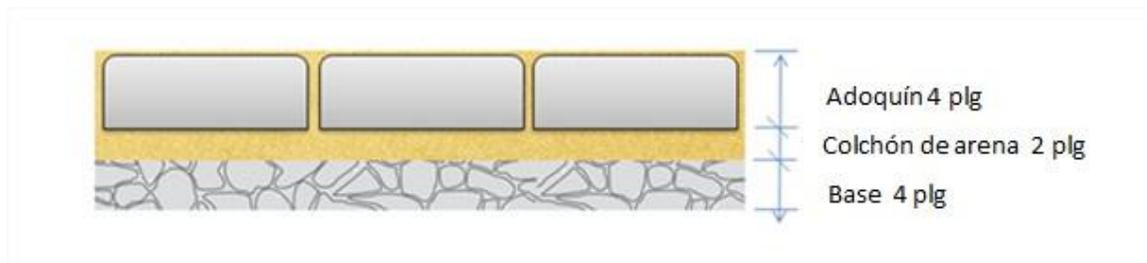
La siguiente tabla resume los espesores de pavimento obtenidos con el diseño:

Tabla No. 19. Espesores de Pavimento con Adoquín

Capa	Espesores
Adoquín (carpeta de rodamiento)	4plg
Cama de arena para Adoquín	2plg
Base estabilizada con cemento	4plg

Fuente: Elaboración Propia.

Figura No. 7. Espesores de Capa de la estructura de pavimento flexible





CAPITULO V
DISEÑO GEOMETRICO





5.1. INTRODUCCIÓN

El diseño de una carretera responde a una necesidad justificada social y económicamente según las perspectivas de desarrollo de un país. Ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la carretera que se proyecta a fin de que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere del servicio normalmente en situación de limitaciones de recursos locales y nacionales.

Básicamente el diseño geométrico de una carretera comprenderá el diseño óptimo de la línea definitiva, y estará sujeta principalmente a la función que esta tendrá, lo cual está íntimamente relacionado a la demanda o volumen de tránsito que se deberá satisfacer a una cierta velocidad de diseño.

Para satisfacer esta velocidad se debe tener una buena coordinación en su alineación vertical y horizontal, número y ancho de carriles, distancia a obstáculos laterales y el ancho del derecho de vía, distancia de visibilidad de parada y de rebase, bombeo, peraltes y sobre-ancho de calzada si lo amerita lo cual implica cumplir ciertas especificaciones establecidas según su clasificación funcional, de manera que esta sea segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.



Actualmente se puede observar que en las rehabilitaciones y mejoramientos de caminos y carreteras nacionales, no se cambian o modifican los alineamientos del camino que conlleven a mejorar el trazo existente; esto es justificado por la situación económica nacional e internacional; sin embargo si se hiciera una mejor gestión y se llevara a cabo el pago de la indemnización de las áreas afectadas por las modificaciones a costos reales no se tendría limitantes en las obras de estructura de pavimento y de drenaje.

Tomando en cuenta esta problemática el trazado del eje central de la vía se apega en su mayoría al existente.

En los siguientes acápite se definen, analizan y establecen los diferentes aspectos y elementos que técnicamente se proponen para cumplir con las “Normas Generales de Diseño”, que serán considerados para la realización del Diseño Vial y sobre este la estructura de pavimento con carpeta de rodamiento de adoquín del tramo “Chihuahua- El Encino, Municipio de La Sabana, Departamento de Madriz”.

Para la definición y establecimiento de estos elementos se hará referencia al Manual de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (Documento oficial Nicaragua y Centroamérica), emitido por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), así como la complementación con otros documentos y Manuales entre ellos las Normas Generales de Diseño, de la AASHTO en sus diferentes ediciones.



5.2. REVISIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO.

Uno de los elementos de mayor importancia en la realización de los Estudios y Diseños Viales, radica principalmente en tener una visión clara de la situación existente en el campo donde se proyectará el alineamiento, para lo cual fue necesario visitar y conocer el terreno donde se desarrollará el proyecto teniendo en cuenta que no se realizará localización del trazado sino que una adaptación de las normas de Diseño Geométrico al eje existente por las razones antes expuestas (modificaciones mínimas en planta y en perfil) .

Durante la visita se le dio mayor importancia a los tramos críticos con curvas horizontales cerradas y curvas verticales con pendientes fuertes o mala coordinación entre ellas, lo mismo que al estado actual del drenaje longitudinal y transversal para lograr las mejores condiciones posibles en trazado final.

5.3. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DEL TRAMO DE CARRETERA EN ESTUDIO.

La clasificación funcional de un Sistema Vial es la distribución de los caminos y carreteras según el carácter del servicio que prestan en relación a la red vial. Las carreteras y caminos públicos desempeñan dos funciones de servicio: suministrar acceso a propiedades e instalaciones privadas, y permitir la circulación del tráfico a mayores distancias.

La primera función es desempeñada por los caminos radiales y la segunda por las carreteras importantes, estableciéndose así la premisa básica de la clasificación funcional.



Para la clasificación funcional del tramo de carretera estamos partiendo del volumen actual de tránsito en la vía y de las características que actualmente presenta. Aunque el tránsito actual de la carretera no alcanza el volumen de diseño mínimo de 500 vpd, de acuerdo a una visión futura y esperando que la construcción de la infraestructura vial genere un mayor volumen de tránsito, esta vía se clasifica como Colectora Rural de acuerdo al Manual de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA), (Ver Anexo D, Tabla No. 39. página No. 150).

5.4. VELOCIDAD DE DISEÑO.

Esta es muy importante para establecer las características del trazado en planta, perfil y sección transversal de la carretera, y ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y elementos geométricos del camino en su aspecto operacional, obteniendo un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor.

Para el tramo en estudio clasificado como Colectora Rural y de acuerdo al volumen de tránsito le corresponde una Velocidad de Proyecto de 50 km/hr, la que puede variar en algunos tramos para que se ajuste en todo lo posible a las necesidades, características y condiciones existentes en el corredor del camino, tomando en cuenta que a los conductores no les podemos imponer velocidades si ésta no está relacionada a las condiciones existentes.

En general el corredor del camino se localiza en una zona rural, enmarcada en un tipo de terreno montañoso, pasando por pequeñas comunidades a la orilla de éste que en la mayor parte inciden en la reducción del área de derecho de vía.



En el aspecto planimétrico, la trayectoria del camino en toda su longitud presenta una geometría bastante regular con curvas horizontales de cierta amplitud, exceptuados algunos sectores en que se presentan curvas horizontales con radios de curvatura bien reducidas.

Altimétricamente existen pendientes longitudinales hasta de aproximadamente 15% a las cuales se ha tenido que adaptar en lo posible debido a que es un camino existente y al realizar modificaciones grandes implicaría la ejecución de obras de movimiento de tierra de gran consideración que conllevaría al incremento de costos del proyecto.

De acuerdo a las características anteriormente señaladas a continuación se presenta una tabla resumen de los elementos, normas y especificaciones técnicas utilizadas para el diseño de la geometría vial del camino.

Tabla No. 20. Especificaciones Técnicas

Nº	DESCRIPCIÓN / PARAMETRO.	FORMA	UNIDAD.	VALORES.
01	Clasificación Funcional.	Colectora Rural.		
02	Velocidad de Diseño.	VD	KPH	50.00
03	Tránsito de diseño	To	Veh/día	340,185.00
04	Vehículo de Diseño.	Veh.	Tipo.	C2
05	Tipo de Terreno	Montañoso		
06	Número de Carriles de Rodamiento.	Nc	Unid.	2.00
07	Ancho Carril de Rodamiento.	AC	mt.	3.3
08	Ancho Total de Rodamiento.	AR	mt.	6.60
09	Ancho de Derecho de Vía	ADV	mt.	20.00-30.00
10	Pendiente Transversal.(Bombeo)	B	%	3.00
11	Sobre- elevación Máxima (Peralte).	emax.	%	10.00
12	Coeficiente de Fricción Lateral.	f1	S/U	0.16
13	Superficie-carpeta de Rodamiento.	Srod.	Tipo.	Adoquín

Fuente: Elaboración Propia.

Definida la velocidad de diseño para la circulación del tránsito automotor y el eje de la vía (poligonal abierta) con sus ángulos de inflexión y estaciones cada 20 metros, se procede al diseño de las curvas horizontales que no es más que el enlace entre esos tramos rectos (en tangente) con curvas circulares.



Luego se elaboró el perfil longitudinal del eje que es la base para el diseño de la rasante (depende de velocidad de diseño, de las pendientes máximas y mínimas, de las distancias de visibilidad etc.), el diseño de las curvas verticales y de último los peraltes y sobre ancho si lo amerita, todo esto tratando fundamentalmente de conservar el trazado original del camino y adaptándonos a las condiciones actuales.

5.5 Generalidades para el trazado de carreteras

El estudio de una vía de comunicación, cualquiera que sea la naturaleza; terrestre, aérea, o acuática es un proceso complejo que solo se debe emprender, tras una planificación del transporte a nivel regional, nacional o local, según el rango de la vía.

Como se mencionó en el CAPITULO I Generalidades en la introducción el tramo de estudio nunca ha tenido intervención alguna de parte de autoridades por falta recursos y de fondos para la formulación y gestión de un proyecto por lo cual este diseño no es consecuencia de un deseo personal ni satisfacción de una necesidad aislada tiene el propósito de desarrollar la red vial del país y mejorar las condiciones del tramo Chihuahua - El Encino.

5.6 Estudio de la ruta para el trazado de la carretera.

La primera etapa en la elaboración de un proyecto vial consiste en el estudio de las rutas.

Por ruta se entiende la faja de terreno de ancho variable, que se extiende entre los puntos terminales e intermedios (controles no técnicos). Por donde la carretera tiene obligatoriamente que pasar, y dentro de la cual podrá localizarse el trazado de la vía.



El estudio es por consiguiente un proceso altamente influenciado por los mismos factores que afectan el trazado y abarca actividades que van desde la obtención de información hasta la evaluación.

5.7 Fase que se tomaron en cuenta para el trazado de la carretera.

- 1- Selección y evaluación de las rutas, lo cual lo efectuó el IDR.
- 2- Trazado de la vía.

5.8 Reconocimiento y selección de rutas.

Inicialmente se debe recopilar toda la información disponible necesaria para poder llevar a cabo el estudio de las posibles rutas. Esta información puede constar de:

- Fotografías aéreas. Ver (Figura No. 8 Línea preliminar del tramo Chihuahua – El Encino).
- Reconocimientos topográficos existentes de la región (ANEXOS D, desde la tabla 36 a 36.11)
- Estudios de tránsito (ver CAPITULO III)

5.9 Influencia de la topografía en el trazado

Se debe establecer desde un principio las características geométricas de la vía, como radio mínimo, pendiente máxima, vehículo de diseño, sección transversal, etc.

Como el problema radica en determinar la ruta que mejor satisfaga las especificaciones técnicas que se han establecido y para lo cual las características topográficas, naturaleza de los suelos y el drenaje son determinantes, el método de estudio variara de acuerdo al tipo de terreno. Se considera entonces el análisis por separado según trate de terreno plano u ondulado.



5.10 Reconocimientos topográficos y terrestres.

Los reconocimientos topográficos terrestres fueron elaborados por el IDR (Instituto de Desarrollo Rural) y estos se realizaron recorriendo el tramo Chihuahua - El Encino sobre las posibles rutas a trazar la vía después de haber llevado a cabo los reconocimientos preliminares.

Este recorrido tenía como objetivo obtener información sobre la ruta y establecer una línea o poligonal que constituyera el trazado de la carretera, adaptándose a las características topográficas de la ruta escogida.

5.11 Línea preliminar

Luego de obtener los datos de los levantamientos de campo (topográficos) del IDR (Instituto de desarrollo Rural) se procede a decidir cuál de las alternativas en estudio presenta las mejores condiciones para definir la línea preliminar o La poligonal del proyecto, para así realizar el diseño geométrico o materialización del eje de la vía.

Con ayuda esta información y tomando en cuenta sobre los puntos donde obligatoriamente se tiene que trazar la vía ver ANEXOS sección FOTOS DEL TRAMO DE ESTUDIO se obtiene la siguiente figura.



Figura No.8. Línea preliminar del tramo Chihuahua – El Encino



Fuente: IDR (instituto de desarrollo rural)

5.12 Trazado en planta

La alineación debe ser tan directa como sea posible, pero, debe estar de acuerdo con la topografía.

Una alineación sinuosa que en términos generales, siga los contornos naturales, es estéticamente preferible a una con grandes tangentes que irrumpa a través del terreno, pues así la huellas de la construcción pueden ser reducidas a un mínimo y conservar las pendientes y árboles naturales.

Para lograr el criterio anterior, es importante determinar lo que se denomina: Línea a pelo de tierra.

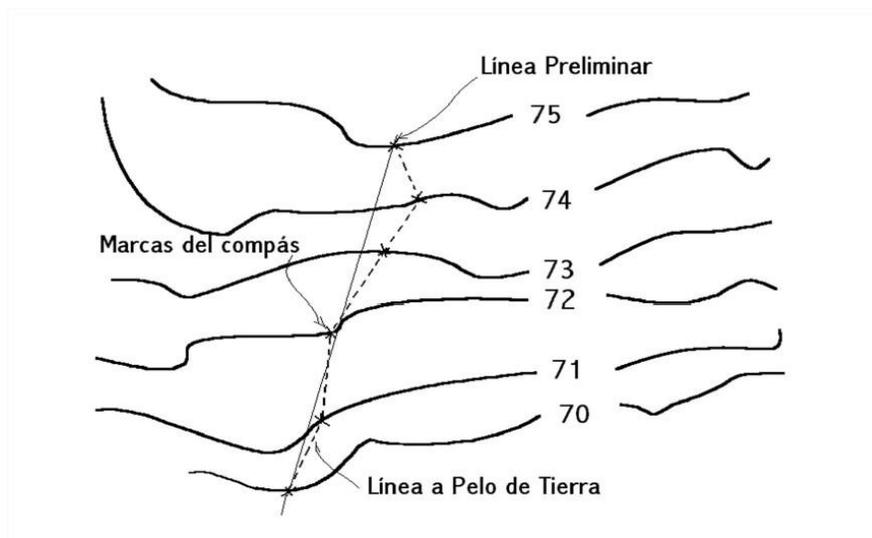
La línea formada por curvas y/o rectas que se aproxime más a las líneas de pelo de tierra será la que más se adapte al terreno. Para trazar la línea a pelo de tierra se utiliza el método del compás.



5.13 Método del compás

Conociendo la equidistancia entre curvas de nivel y pendiente gobernadora (1 O 2% menor que la máxima) ósea la pendiente que se quiera trazar, se calcula la abertura delo compas de manera que al interceptar las curvas consecutivas, la línea imaginaria que une estos puntos tenga la pendiente deseada. Se aconseja siempre que al desarrollar este método no se use el valor de la pendiente máxima para que la línea final resulte más apegada a las condiciones que se esperan.

Figura No.9. Ejemplo línea a pelo de tierra y método del compás



Fuente: elaboración propia

Una vez obtenida la línea a pelo de tierra se procede a establecer la línea definitiva. Primeramente se obtiene las tangentes horizontales que se fijan en base a los criterios siguientes:

- 1-Mayor longitud posible
- 2-Que corten el mayor número de veces la línea a pelo de tierra.



Este paso lo efectuó el IDR (Instituto de Desarrollo Rural) en Auto CAD Land haciendo uso de los levantamientos topográficos del terreno ver ANEXOS D, y el resultado fue la figura No 10 y 11.

Se realiza de la siguiente manera:

Importando los datos de los levantamientos topográficos a Auto CAD Land estos se efectúa en los 6 pasos a continuación.

1-Se seleccionan los elementos que se desean importar.

2-Luego click con el botón derecho para mostrar el menú contextual de vista de los elementos seleccionados.

3-Click en copiar en portapapeles.

4-Se abre la hoja de cálculo en Excel o un archivo de texto preparado y luego se pega al contenido del portapapeles en el archivo.

5-Luego se importan la elevaciones presentes en las hojas de cálculo a Autodesk Land Project.

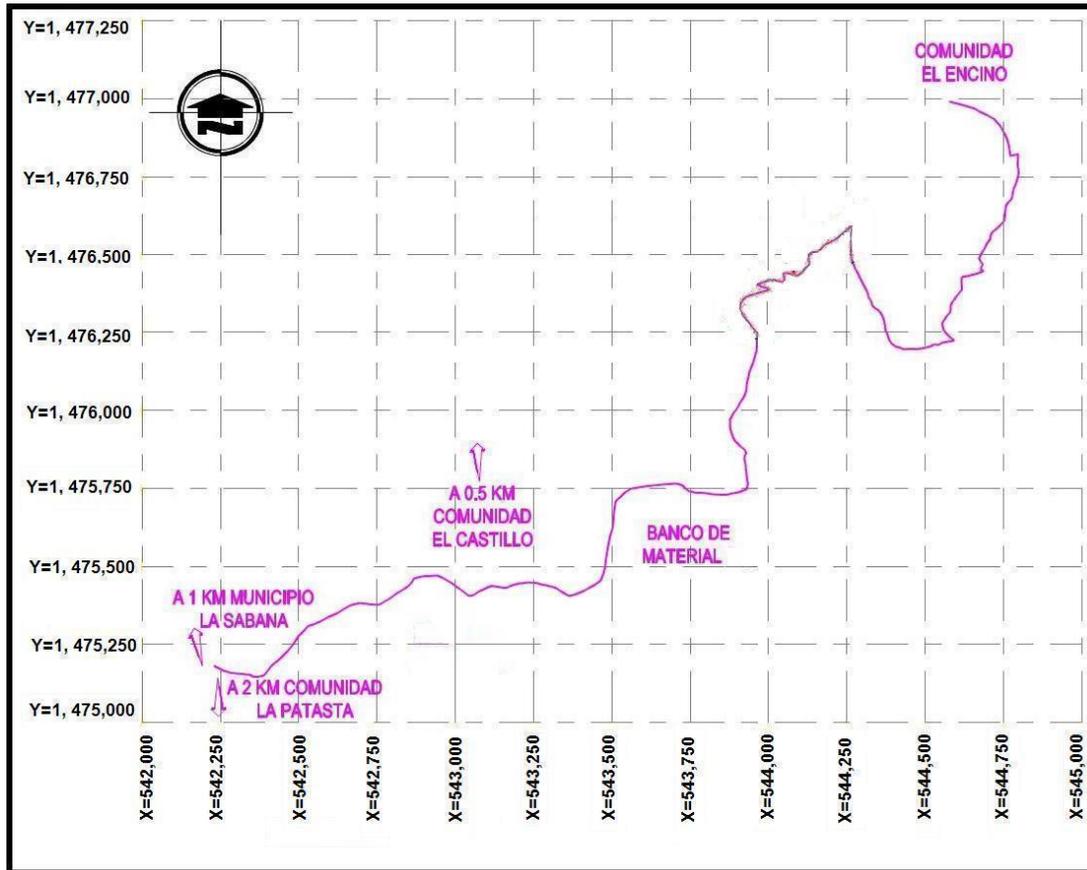
6-Para finalizar se agregan las curvas de nivel haciendo click en terrain en la opción create contours y finalizando con la integración de las curvas de nivel.

Figura No. 10. Curva de nivel.





Figura No. 11. Trazado en planta o línea definitiva del tramo Chihuahua- El Encino con sus coordenadas (X,Y) sin escala.



Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR)



5.14. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

5.14.1. Definición de los Parámetros Técnicos que conforman el Alineamiento Horizontal a través del Diseño Geométrico Vial.

Se conoce al Diseño Geométrico como el arte y la ciencia de determinar la geometría de un camino. A través de mucha experiencia, los profesionales de la ingeniería vial han determinado que el diseño geométrico no es una ciencia exacta pero que ciertos conceptos básicos y su aplicación pueden ser uniformados dentro de varios parámetros. Los parámetros que afectan la aplicación de estos conceptos básicos incluyen:

- a) Volumen estimado y composición del tránsito a servir.
- b) Características del terreno sobre la ruta seleccionada.
- c) Calidad del servicio que se propone proveer.
- d) Disponibilidades Económicas.

Una vez determinados estos parámetros, es posible establecer una cierta uniformidad o norma de diseño para asegurar un producto final satisfactorio. Las especificaciones del diseño se determinan antes de que inicie el estudio preliminar de un camino porque afectan la ubicación de la ruta y la estimación preliminar de costo.

A su vez, los costos afectan la posibilidad de continuar el proceso de diseño y eventualmente la prioridad de la construcción del camino. Con esto se deja claro que un conjunto de normas de diseño debe permitir una variación en por lo menos los primeros tres parámetros más importantes descritos con el propósito de ser útiles para una variedad de situaciones posibles.



5.14.2. Criterios Generales para la determinación de la alineación en planta.

Curvaturas excesivas o una combinación inadecuada de curvas generan accidentes, limitan la capacidad de la vía, causan pérdidas económicas en tiempo y en costo de operación y perjudican la apariencia agradable de la vía. Para evitar esas evidencias de diseño inadecuado en el eje del camino, se utilizaron los siguientes criterios generales:

1) La alineación debe ser tan directa como sea posible, pero debe estar de acuerdo con la topografía. Una alineación sinuosa que, en términos generales, siga los contornos naturales es estéticamente preferible a una con grandes tangentes que irrumpa a través del terreno, pues así las huellas de la construcción pueden ser reducidas a un mínimo y conservarse las pendientes y arbolados naturales. Tal diseño es deseable desde el punto de vista de la construcción y de la conservación.

2) Debe evitarse en las alineaciones proyectadas para una velocidad de diseño específica, siempre que sea posible, el uso del grado máximo de curvatura permisible para esa velocidad.

El proyectista debe tratar de usar curvas suaves reservando la máxima para las condiciones críticas. En general, el ángulo central de cada curva debe ser tan pequeño como lo permitan las condiciones físicas, de manera que la carretera tenga el trazado más directo posible. Este ángulo central debe ser resuelto con la curva más larga posible.



3) La alineación debe ser consistente en todos sus aspectos. No se deben introducir curvas cerradas en los extremos de rectas largas. Deben evitarse cambios bruscos de tramos de curvas suaves a tramos de curvas cerradas. Cuando sea necesario introducir curvas cerradas, deberán aproximarse a las mismas, siempre que sea posible, curvas que aumenten progresivamente la curvatura a partir de las curvas suaves.

4) En ángulos de pequeña inflexión, las curvas deben ser suficientemente largas para evitar la apariencia de una línea quebrada. Las curvas deben ser de 150m de largo como mínimo para un ángulo central de 50; y esta longitud mínima debe aumentar 30m por cada grado de disminución en el ángulo central.

5) Debe evitarse cualquier reversa brusca en la alineación. Tal cambio dificulta al conductor del vehículo mantenerse dentro de su senda. Además, es difícil super-elevar ambas curvas adecuadamente sin el resultado de una maniobra peligrosa.

En una alineación puede diseñarse adecuadamente una reversa al incluir una longitud suficiente de recta entre dos curvas para desarrollar correctamente las súper-elevaciones, o preferiblemente, introduciendo una curva de transición tipo espiral de longitud equivalente entre ambas.

6) Deben evitarse las curvas de “lomo roto” (dos curvas en la misma dirección con una pequeña recta entre ellas). Tal alineación es peligrosa, ya que la mayoría de los conductores no esperan que las curvas sucesivas tengan su inflexión en el mismo sentido.



Esto se debe a la norma preponderante de que las curvas se sucedan con inflexiones opuestas, lo que desarrolla un hábito en el subconsciente del conductor. Además, las curvas de “lomo roto” no tienen apariencia agradable. Es preferible, en tales condiciones, el uso de espirales de transición y de una curva compuesta.

El término “lomo roto” no se aplica cuando la recta entre curvas es suficientemente larga, digamos mayor de 450 m. Pero aún en este caso, la alineación no será de apariencia agradable cuando ambas curvas son claramente visibles desde ciertas distancias.

7) Para evitar la apariencia de una distorsión inconveniente, la alineación en planta debe ser coordinada cuidadosamente con el perfil de la rasante. El aspecto estético de una carretera depende de su trazado, tanto como del tratamiento de las zonas laterales.

5.14.3. Radio Mínimo

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con el grado de curvatura de diseño, peralte máximo y la máxima fricción lateral escogida para diseño.

Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo. Un vehículo derrapa en las curvas debido a la presencia de agua o arena sobre la superficie de rodamiento.

El uso de radios más reducidos solamente puede lograrse a costas de incómodas tasas de sobre-elevación o apostando a coeficientes de fricción



lateral que pueden no estar garantizados por la adherencia de las llantas (calidad, grado de desgaste del grabado, presión, etc.) con la superficie de rodamiento de la carretera. Una vez establecido el máximo factor de sobre-elevación (e), los radios mínimos de curvatura horizontal se pueden calcular utilizando la fórmula siguiente:

$$R = \frac{V^2}{127.15(e_{max} + f)}$$

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

Donde:

R= Radio mínimo de curva, en metros.

$e_{máx}$ = Tasa de sobre-elevación en fracción decimal.

f = Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.

V = Velocidad de diseño, en kilómetros por hora.

Como se estableció anteriormente el camino se ha diseñado de acuerdo a lo existente, por tal razón el procedimiento seguido para el cálculo de los elementos de cada curva se basa en la determinación del radio mínimo de diseño para luego calcular la tangente de la curva que mejor se adapte al terreno.



5.15. ALINEAMIENTO VERTICAL

En el diseño vertical, el perfil longitudinal es la base para el diseño de la rasante, la cual está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes. Las curvas verticales tienen como objetivo suavizar el cambio en el movimiento vertical, es decir, que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida.

5.15.1. Criterios Técnicos para el Alineamiento Vertical

El alineamiento vertical lo constituyen principalmente la proyección de la sub-rasante y las curvas verticales que al final determinan la rasante del camino, que equivale a los niveles de la superficie de rodamiento por donde circulará el tránsito vehicular cuyos valores estarán dados en elevaciones referidas a un determinado sistema de elevaciones provenientes de bancos de nivel (puntos geodésicos) previamente establecidos durante la fase de Estudios de Ingeniería de campo.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Para la definición del perfil longitudinal de este proyecto se adoptarán los siguientes criterios:

- 1) Se procurará lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo que sea compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.



2) Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica se emplearán en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.

3) Rasantes de lomo roto (dos curvas verticales del mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas siempre que sea posible.

En casos de curvas convexas, se generan largos tramos con visibilidad restringida y cuando son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se generan confusiones en la apreciación de las distancias y curvaturas.

4) Hay que evitar el “efecto de montaña rusa”, que ocurre en alineamientos relativamente rectos, donde el perfil longitudinal de la rasante se ajusta a las suaves irregularidades de un terreno ligeramente ondulado.

5.15.2 Proyección de la Rasante

El manual de la SIECA en su parte correspondiente al aspecto del alineamiento vertical, define que éste depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical.

Las curvas verticales pueden tener su concavidad hacia arriba o hacia abajo. Las curvas cóncavas hacia arriba se denominan Curvas en Columpio o en depresión o Vaguada; las curvas cóncavas hacia abajo se llaman Curvas en Cresta, cima o Divisoria.

Cuando $A < 0$, la curva es una Cresta, en caso contrario, cuando $A > 0$ la curva está en Columpio.



Se denomina “A” a la diferencia algebraica de las pendientes. Cuando esta es menor que 0.5%, no es necesario diseñar curvas verticales, ya que el cambio es tan pequeño que en el terreno se pierde durante la construcción.

Las curvas verticales deben tener las características siguientes:

- a) Proporcionar un cambio de operación segura y confortable.
- b) Brindar una apariencia agradable al conductor.
- c) Permitir el drenaje adecuado a la vía.

Tabla No. 21. Clasificación de terrenos en función de pendientes naturales según AASHTO

Tipo de Terreno	Rangos de Pendientes (%)
Llano o plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 > G \leq 15$
Montañoso	$15 > G \geq 30$

G= Pendiente

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

Según la clasificación de la AASHTO de acuerdo a la Tabla No. 10, el terreno se clasifica en terreno montañoso encontrando pendientes naturales hasta de 16%.



5.15.3 Longitud de Curva Vertical.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el índice de curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual al índice K multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A).

$$L = K \cdot A$$

Los valores de los índices K se muestran en el Anexo D, Figura No. 15 (Pág. 118) para curvas en cresta y en el Anexo D, Figura No. 16 (pág. 119) para curvas en columpio en Anexos; en los cuales se puede verificar la longitud de diseño de la curva vertical.

5.16. CALCULOS

Los cálculos fueron elaborados en base al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA) 2001 y la SCT (Secretaria de Diseño y Transporte) México 1984.

Curva Horizontal - 17

Datos:

$$PI = 1+286.31$$

$$\text{Deflexión } \Delta = 56^{\circ}56'59''$$

$$e_{\text{máx}} = 10\%$$

Ver Anexo D, Tabla No 38.

$$V_{\text{diseño}} = 50 \text{ km/hr.}$$



El factor de "fricción" según la tabla de valores de en función de las velocidades es igual a 0.16 para $V = 50$ Km/hrs,

Radio minimo.

$$R_{min} = V^2 / 127.15 (e_{max} + f)$$

$$R_{min} = 502 / 127.15 (0.10 + 0.16)$$

$$R_{min} = 75.62m$$

Donde:

V^2 = velocidad de diseño

e_{max} = peralte máximo

f : Factor fricción

Tangente

$$T_{min} = R * \tan \Delta / 2$$

$$T_{min} = 75.62 * (\tan 56^\circ 56'59'' / 2)$$

$$T_{min} = 41.56m$$

Donde:

R = Radio mínimo

Δ =Delta (ángulo de deflexión)

Radio

$$R = T / (\tan \Delta / 2)$$

$$R = 41.56 / \tan (56^\circ 56'59'' / 2)$$

$$R = 76.624 m$$

Longitud de Curva o desarrollo

$$LC = (\pi * R * \Delta) / 180$$

$$LC = (\pi * 76.624 * 56^\circ 56'59'') / 180$$

$$LC = 76.161m$$

Estacionamientos

Punto de tangencia donde comienza la curva.

$$PC = PI - T =$$

$$PC = (1 + 286.31) - (0 + 041.56)$$

$$PC = 1 + 244.75$$

Donde:

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

T: Tangente de la curva



Punto de tangencia donde termina la curva.

$$PT = PC + LC$$

$$PT = (1 + 244.75) + (0 + 76.161)$$

$$PT = 1 + 320.75$$

Grado máximo de curvatura.

$$G_{\text{máximo}} = \frac{(145,692.26 * (e_{\text{máximo}} + f))}{V^2}$$

$$G_{\text{máximo}} = \frac{(145,692.26 * (0.10 + 0.16))}{(50 \text{ Km/h})^2} = 15^{\circ}09'7.18''$$

$$G_c = \frac{(1145.92)}{R}$$

$$G_c = \frac{(1145.92)}{76.624} = 14^{\circ}57'18.38''$$

Donde:

$e_{\text{máx}}$: Máxima inclinación.

f : factor de fricción.

Donde:

G_c : Grado de curvatura.

R : Radio.

Sobre elevación o peralte

$$e = \frac{e_{\text{max}} (2G_{\text{max}} - G_c) G_c}{(G_{\text{max}})^2}$$

$$e = \frac{0.10 (2 * 15^{\circ}09'7.18'' - 14^{\circ}57'18.38'') * 14^{\circ}57'18.38''}{(15^{\circ}09'7.18'')^2} = 9.998\%$$

5.17. DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD MÍNIMA DE TRANSICIÓN (FÓRMULA MEXICANA)

$$LT_{\text{min}} = m * a * e$$

$$m = (1.5625 * V_D) + 75$$

a = Semi- ancho de la calzada

en tangente para caminos de dos carriles (3.3mts).

$$m = (1.5625 * 50) + 75$$

Donde:

m : Pendiente del talud que se eleva por encima del nivel del terreno.

a : Ancho del carril.

b : Bombeo



$$m = 153.13$$

Longitud de transición

$$LT_{\min} = 153.13 * 3.3 * 0.078 = 39.42\text{m} \approx 40.00\text{m}$$

Longitud necesaria para la transición del hombro exterior de la curva

$$N = a \times b \times m = 3.3 \times 0.03 \times 153.13 = 15.16\text{m}$$

m : Pendiente del talud que se eleva por encima del nivel del terreno

a : Ancho del carril

b : Bombeo

Cálculo de los Estacionamientos

$$ESTD = Est\ PC + 1/3\ LT = (1 + 244.75) + (0 + 013.33) = 1 + 258.08$$

$$ESTD' = Est\ PT - 1/3\ LT = (1 + 320.75) - (0 + 013.33) = 1 + 334.08$$

$$ESTN1 = Est\ PC - (2/3\ LT + N) = (1 + 244.75) - (26.67 + 15.16) = 1 + 202.92$$

$$ESTET = Est\ PC - 2/3\ LT = (1 + 244.75) - (0 + 026.67) = 1 + 218.08$$

$$ESTN2 = Est\ ET + N = (1 + 218.08) + (0 + 015.16) = 1 + 233.24$$

Comprobación D' - D \geq 1/3 Desarrollo de la Curva

$$(1 + 334.08) - (1 + 258.08) \geq 46.42\ Ok!$$

$$EST\ N3 = Est\ PT + (2/3\ LT - N) = (1 + 320.75) + (26.67 - 15.16) = 1 + 332.26$$

$$EST\ TT = (Est\ N3 + N) = (1 + 332.26) + (0 + 015.16) = 1 + 347.42$$

$$EST\ N4 = Est\ TT + N = (1 + 347.42) + (0 + 015.16) = 1 + 362.42$$



Curva Vertical – 6

Datos: Proporcionados Por el IDR (Instituto de Desarrollo Rural)

ESTACION PIV= 0+363.

Elevación PIV= 1393.491

P1 (pendiente de entrada)=-0.9193% P2 (pendiente de salida)= - 2.7708%

V Diseño= 50 km/hr.

Criterios {
a) $A > 0.5\%$ Diseñar curva vertical
b) (-) Curva vertical en cresta

Longitud de curva; Criterio $D < L$

$$L_{min} = K * A$$

$K = 9$ —→ Valor obtenido según SIECA 2001

$$L_{min}=9 * 1.8514 = 20m$$

Nota: La longitud obtenida debe redondearse al número de estaciones de veinte metros inmediato superior, es decir, $L= 20$ m

Cálculo de los Estacionamientos

$$PCV = PIV - L/2 = (0 + 363.846) - 20/2 = 0 + 353.846$$

$$PTV = PIV + L/2 = (0 + 363.846) + 20/2 = 0 + 373.846$$

Cálculo de las Elevaciones de PCV y PTV

$$Elev\ PCV = Elev\ PIV + P1 * (L/2)$$

$$ElevPCV = 1393.491 - 0.9193 * 10 = 1384.298$$

$$Y = ElevPCV - P2 (L/2)$$

$$ElevPTV = 1393.491 + (- 2.7708) * (10) = 1365.783$$



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES





6.1. CONCLUSIONES

Se realizó el Diseño de 4.75 km lineales de adoquinado por el método AASHTO 93, del tramo Chihuahua -El Encino en el municipio de la Sabana, departamento de Coahuila, obteniendo los resultados que se detallan en la redacción de este trabajo y para los cuales se tomaron los siguientes aspectos:

6.1.1. Estudio de Suelo.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios de suelo realizados por la Empresa Consultoría de Transporte S.A. (CONSULTRANS), el tipo de suelo predominante en las capas superficiales de las calles investigadas, en su mayoría son Grava Arcillosas clasificadas como A-2-6, A-2-7 y arena limosa del tipo A-2-4, con Índice de Grupo (0); es decir, gravas y arenas limo arcillosas, el que deberá ser utilizado para la estabilización con cemento.

El tipo de suelo en los dos bancos de préstamo disponibles se clasifica como A-2-7(0) (gravas con arenas limo arcillosas). De acuerdo a los porcentajes de CBR (26%, 38%) y en base a las especificaciones de las Nic-2000, estos suelos no cumplen para material de base y para sub-base ya que son de una calidad que va de regular a pobre. Estos materiales serán utilizados en mínimas proporciones para ajustar el déficit que se tendrían al estabilizar con material superficial de línea.

El valor de CBR de diseño es el correspondiente a 9.4 %, con este valor podemos clasificar como mala a la sub-rasante de diseño.



6.1.2. Estudios de Tránsito:

A partir de Conteos vehiculares realizados por siete días consecutivos en periodos de 12 horas, se obtuvo un TPDA de 118 veh/día para el año base, lo cual se estima que cambiara una vez adoquinado, alcanzando al final del horizonte un TPDA de 136 veh/día, resultando así, una composición vehicular de 94.07 % del tráfico corresponde a vehículos de pasajeros y el 5.93 % corresponde a vehículos de carga.

Para la obtención de la Tasa Anual de Crecimiento se analizó el crecimiento de la población en el Municipio de La Sabana, el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) a nivel nacional y el historial del tránsito en la Estación permanente 111 y en la Sumaria 7703.

A partir de esta información se seleccionó una tasa de crecimiento 0.6 % anual, con la cual se proyectó al año 2033 tomando en cuenta un periodo de diseño de 20 años estimando un tránsito de diseño de 1,055,356 vehículos.

6.1.3. Diseño de pavimento

Se determinó el número de ejes equivalentes (ESAL´S´) a partir del tránsito de diseño estimado (340,185 vehículos) y aplicando los factores respectivos a cada tipo de vehículo se obtuvo un total de 111,967 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para un servicio final de 2, un número estructural de 5 y periodo de diseño de 20 años.

Aplicando la metodología recomendada por la A.A.S.H.T.O – 93 la estructura de pavimento queda definida por una capa base de 4 pulgadas de espesor, una capa de arena de 2 pulgadas y la carpeta de rodamiento de 4 pulgadas siendo ésta de adoquín de concreto.



6.1.4. Diseño Geométrico

De acuerdo con las Normas de Diseño Geométrico de carreteras regionales (SIECA) el camino en estudio se clasifica como colectora rural con una velocidad de diseño de 50 km/hrs, la que puede variar en algunos tramos para que se ajuste en todo lo posible a las necesidades, características y condiciones existentes en el corredor del camino.

En el diseño de los alineamientos (horizontal y vertical) fundamentalmente se trató de conservar el trazado original del camino adaptándose a las condiciones actuales. La rasante se mantuvo en lo posible dado que existen obras de drenaje tales como puentes y alcantarillas que seguirán siendo usadas y en las zonas habitadas para no afectar o provocar zonas de inundación.

Por esta razón se considera que la sub-rasante estará a una profundidad de 35 cm por debajo de la rasante, lo que implica que el suelo por debajo de esta profundidad es el que se utilizará para determinar los espesores de la estructura de pavimento.

En el tramo en estudio se encontraron curvas en las cuales el peralte de diseño es menor que el bombeo, para lo cual la curva tendrá un peralte igual a la inclinación del bombeo (3%).



6.2. RECOMENDACIONES

Regular el tránsito que circula por la vía para así evitar circulación de vehículos que exceden el límite de carga para la que fue diseñada la estructura y evitar asentamientos y pérdida acelerada de su carpeta de rodadura.

Una vez construida la Carretera diseñada se recomienda realizar constantes controles de tráfico con el fin de observar la cantidad de vehículo que circulara en la vía y así poder determinar el tipo de mantenimiento que tendrá la vía, sea rutinario o periódico.

Definir mediante estudios de laboratorio las proporciones de suelo cemento (número de bolsas de cemento por metro), de tal manera que se logre bajar la plasticidad del material y cumpla con la resistencia mínima a la compresión establecida por las Normas NIC-2000.

La mezcla del material de línea con cemento se debe realizar libre de cualquier agente contaminante y en las proporciones adecuadas para lograr un material homogenizado que cumpla con la resistencia para la cual se ha diseñado.

El adoquín a utilizarse, deberá tener una resistencia a la compresión de acuerdo a las normativas estipuladas en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC-2000), SECCIÓN 502.- PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO. (Ver Anexo C, NORMAS NIC-2000 SECCIÓN 502, página 115).

Durante la construcción de la obra, se recomienda que se respeten los espesores y calidad de los materiales utilizados en la opción de diseño seleccionada para el tramo en estudio garantizando así que la estructura cumpla su función de manera satisfactoria.



6.3. BIBLIOGRAFIA

- Especificaciones Técnicas para la construcción de caminos calles y Puentes Nic-2000.
- Estructuración de Vías Terrestres.
Fernando Olivera Bustamante
- Guía para el diseño de Pavimentos AASHTO – 1993.
- Guía para el Diseño de Pavimentos del Instituto del Asfalto.
- Ingeniería de Pavimento para Carreteras.
Alfonso Montejó Fonseca
- Manual centroamericano para el diseño de pavimento.
- SIECA (Secretaria de integración Económica Centroamericana)
Consultor: Ing. Jorge Conrado Iturbide.
- Mecánica de Suelos y Cimentaciones.
Crespo Villalaz Carlos, 1921
- Internet:
www.mti.gob.ni
www.bcn.gob.ni
www.inec.gob.ni

6.4. GLOSARIO

-Definiciones. - En el documento serán empleados los siguientes términos técnicos, los cuales serán interpretados según se indica a continuación:

- **Agregado.** - Material granular, tal como arena y grava, usado junto con una pasta cementante formada con cemento y agua, para obtener concreto.

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

- **Base.** - Constituye la capa intermedia entre la capa sub-base y la superficie de rodadura. Generalmente se usa en los pavimentos flexibles. Se compone de materiales pétreos con buena distribución granulométrica. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, reduce los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores.

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

- **Carril.** - Cualquier subdivisión de la superficie de rodamiento que tenga el ancho suficiente para permitir la circulación de una fila de vehículos.



-
- **Carpeta.** - Superficie de rodamiento construido con materiales endurecidos para transmitir las cargas de tránsito hacia la terracería. Pueden ser materiales con o sin liga.

 - **Corte.** - Es la excavación que se realiza en el terreno para conformar la estructura de la vía y elementos auxiliares de conformidad con las líneas y niveles mostrados en los planos u ordenados por el Ingeniero.

 - **CBR. (Relación de Carga California).**- Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

 - **Cohesión.** - Adherencia, fuerza que une las moléculas de un cuerpo.

 - **Compactación Relativa.** - Es el término utilizado para comparar el suelo compactado “in situ” con la curva de compactación de laboratorio.

 - **Compactación.** - Es la densificación del suelo por medios mecánicos, el objetivo, mejorar la resistencia y estabilidad volumétrica afectando la permeabilidad, como consecuencia del proceso de densificación de la masa. Por medio del cual se reduce el volumen de los materiales en un tiempo relativamente corto.



-
- **Compresibilidad.** - Indica el porcentaje de reducción en el volumen del suelo, debido a la pérdida de parte el agua entre sus granos cuando está sometido a una presión. Depende del límite líquido. A mayor LI mayor compresibilidad.

 - **Consolidación.** - Proceso de reducción de volumen de los suelos finos cohesivos (arcillas y limos plásticos), provocados por la actuación de cargas sobre su masa y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo.

 - **Densidad.** - Relación del peso por unidad de volumen. La máxima densidad de un suelo se obtiene si los huecos entre sus partículas de un diámetro determinado se rellenan con partículas de diámetro menor.

 - **Desgaste de los Ángeles.** - Determina el desgaste, por abrasión, del agregado grueso, menor de 1/2", utilizando la máquina de Los Ángeles.

 - **Dilatación.** - Aumento de volumen en un cuerpo. (Materiales finos).

 - **Estabilización.** - Proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose un firme estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y condiciones del clima más severos.

 - **Granulometría.** - Es la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de un suelo con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.



-
- **Humedad Óptima.** - La humedad óptima es parte del ensayo de compactación, es la cantidad de agua a la cual se obtiene el mayor grado de compactación y se evalúa según la curva de compactación.

 - **Índice de Plasticidad.** - Es el rango de humedades en el que el suelo tiene un comportamiento plástico. Por definición es la diferencia entre límite líquido y el límite plástico.

 - **Límite Líquido.** - Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado semi-líquido y plástico. Se les practican estos ensayos a los materiales que pasen la malla No.40.

 - **Límite Plástico.** - Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y semi-sólido.

 - **Muestra.** - cantidad de material necesario para realizar todas las pruebas de laboratorio.

 - **Muestras alteradas.** - Llamadas también "Perturbadas", las cuales se toman cuando el material que se analice vaya a ser empleado en la construcción de terraplenes, en la preparación de muestras estabilizadas, y otras obras (material de construcción).



-
- **Muestras inalteradas.** - Llamadas también “No perturbadas”, las cuales se extraen cuando se necesite conocer las condiciones de estabilización del terreno “in situ” como en el estudio de taludes, capacidad de soporte de un terreno.

 - **Muestreo.** - es la actividad de campo, que consiste en la obtención de una o varias porciones de los materiales, con los cuales se pretende construir una estructura (Pavimento), procediendo de tal manera que las características de la o las porciones obtenidas, permitan hacer una evaluación lo más real posible, del conjunto que representan.

 - **Pavimento.** - Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas.

 - **Pavimento Flexible.** - Son aquellos que tienen una base flexible o semi-rígida sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.

 - **Pavimento Rígido.** - Son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Portland.

 - **Permeabilidad.** - Facilidad con que atraviesa el agua una masa porosa.



- **Peso Específico.** - Es el cociente entre el peso de un cuerpo y su volumen. Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa.

- **Muestras inalteradas.** - Llamadas también “No perturbadas”, las cuales se extraen cuando se necesite conocer las condiciones de estabilización del terreno “in situ” como en el estudio de taludes, capacidad de soporte de un terreno.

- **Muestreo.** - es la actividad de campo, que consiste en la obtención de una o varias porciones de los materiales, con los cuales se pretende construir una estructura (Pavimento), procediendo de tal manera que las características de la o las porciones obtenidas, permitan hacer una evaluación lo más real posible, del conjunto que representan.

- **Pavimento.** - Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas.

- **Pavimento Flexible.** - Son aquellos que tienen una base flexible o semi-rígida sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto.



- **Pavimento Rígido.** - Son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Portland.

- **Permeabilidad.** - Facilidad con que atraviesa el agua una masa porosa.



CAPITULO VII

ANEXOS





7.1. ANEXOS A

ESTUDIO DE SUELO.

Tabla No. 22. Especificaciones de los materiales empleados en terraplenes y capas de Sub-Rasante.

N°	Propiedad	Limite	Capa sub-rasante	Metodología
1	% de malla N°200	40% Max.	30% Max.	AASHTO T-11
2	Limite liquido	40% Max.	30% Max.	AASHTO T-89
3	Índice plástico	15% Max.	10% Max.	AASHTO T-90
4	C.B.R	10% Max.	20 % Min.	AASHTO T-193
5	Compactación	95% Min de su peso volumétrico seco máximo obtenido por medio de la prueba del Proctor modificado (AASHTO – 99)	95% del peso volumétrico seco Max. Obtenido 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).



Tabla No. 23. Especificaciones de los materiales en la Sub- Base.

N°	Propiedad	Limite	Norma de prueba
1	Limite Líquido	25% Max.	AASHTO T-89
2	Limite plástico	6% Max.	AASHTO T-90
3	C.B.R	40% Min.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% Max.	AASHTO T-96
5	Interperismo Acelerado	12% Max.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% Min. De su peso volumétrico seco máximo Obtenido Por medio de la Prueba del Proctor Modificado (AASHTO – 99)	AASHTO T-191 y/o T -238 (in situ)

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

Tabla No. 24. Especificaciones de los materiales empleados en una base granular.

N°	Propiedad	Limite	Norma de prueba
1	Limite Liquido	25% Max.	AASHTO T-89
2	Limite plástico	6% Max.	AASHTO T-90
3	C.B.R	80% Min.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% Max.	AASHTO T-96
5	Interperismo Acelerado	12% Max.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% Min. De su peso volumétrico seco máximo Obtenido Por medio de la Prueba del Proctor Modificado (AASHTO – 99)	AASHTO T-191 y/o T -238 (in situ)

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



Tabla No. 25. Clasificación de suelos y mezclas de agregados de suelos para propósitos de construcción de carreteras A.S.T.M D-3282 / AASHTO M-145.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N°200)							Materiales Limo- Arcillosos (Más del 35% que pasa el tamiz N°200)			
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
% que pasa el tamiz											
No. 10	50 Max.										
No. 40	30 Max.	50 Max.	51 Max.								
No. 200	15 Max.	25 Max.	10 Max.	35 Max.	35 Max.	35 Max.	35 Max.	36 Min.	36 Min.	36 Min.	36 Min.
Características del material que pasa al tamiz N° 40											
Limite Liquido			NO PLASTIC O								
Índice de plasticidad	6 Max.	6 Max.									
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 Max.	4 Max.	8 Max.	12 Max.	15 Max.	20 Max.
Tipo de material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, Arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Terreno de fundación	Excelente a bueno					Regular deficiente					
NOTA: Índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su límite liquido 30 el de los A-7-6 Mayor que su límite liquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre el LL e IP de los materiales finos dicho de otro modo el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 o A-7-6 dependiendo del límite plástico (LP) Si LP ≥ 30 la clasificación es A-7-6 Si LP < 30 la clasificación es A-7-5											

Fuente: Empresa Consultoría de Transporte S.A. (CONSULTRANS).



Tabla No. 26. Resultados de ensayos de laboratorio en línea de sondeo.

Est km	Sond eo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. Mts	% que pasa por el tamiz									L.L %	L.P %	C.B.R %	Clasific H.R.B	Humedad (in situ)	
					2'	1 1/2"	1'	1/2"	3/4"	1/2"	3/8"	N O. 10	N O. 40						NO. 200
0+000	01	01	0-50	L.C.250	100	96	95	92	88	86	76	51	31	19	32	11	8	A-2-6(0)	5.20
		02	50-151	MS B. IZQ.						100	96	90	75	59	46	17		A-7-6(8)	22.80
0+427	02	03	0-26	L.C.	100	96	95	92	88	86	76	51	31	19	32	11	8	A-2-6(0)	5.20
		04	26-80				100	98	97	95	86	81	71	58	45	19	5	A-7-6(9)	17.60
		05	80-148								100	97	87	76	54	25		A-7-6(17)	20.20
0+854	03	06	0-11	LC.2.00			100	98	97	96	86	63	31	15	29	9	10	A-2-4(0)	6.20
		07	11-25	MTS	96	90	88	84	76	72	59	47	33	22	39	13	8	A-2-6(0)	13.30
		08	25-152	B.DER							100	90	75	59	46	17		A-7-8(8)	22.80
1+281	04	09	0-10	LC			100	98	97	96	86	63	31	15	29	9	10	A-2-4(0)	6.20
		10	10-50				100	98	97	95	86	81	71	58	45	19	5	A-7-6(9)	13.30
		11	50-155								100	96	81	62	42	12		A-7-5(7)	22.80
1+709	05	12	0-18	L.C 3.50	96	91	87	81	74	69	58	46	35	21	29	8	10	A-2-4(0)	16.20
		13	18-152	MTS.B.IZQ	100	96	87	78	70	65	52	41	27	18	42	14		A-2-7(0)	20.00
2+136	06	14	0-20	L.C	100	98	93	90	85	81	68	48	26	15	28	8	10	A-2-4(0)	12.70
		15	20-40		96	91	87	81	74	69	58	46	35	21	29	8	19	A-2-7(0)	16.20
		16	40-152				100	98	97	95	86	81	71	58	45	19		A-7-6(9)	17.60
2+563	07	17	0-15	LC.3.00	100	98	93	90	85	81	48	26	15	28	28	8	10	A-2-4(0)	12.70
		18	15-43	MTS	100	89	75	67	59	54	35	25	17	33	33	9	15	A-2-4(0)	14.50
		19	43-143	B.DER.		100	97	94	88	83	55	41	29	36	36	13		A-2-6(1)	20.00
2+990	08	20	0-40	LC.2.20	100	89	75	67	59	54	44	35	25	17	33	9	10	A-2-4(0)	14.50
		21	40-80	MTS B. IZQ	100	94	87	83	76	71	59	48	35	26	42	17		A-2-7(1)	24.50
		22	80-150								100	91	76	60	42	12		A-7-5(6)	23.90

Fuente: Empresa Consultoría de Transporte S.A. (CONSULTRANS).



Tabla No. 26.1 Continuación de los resultados de ensayos de laboratorio en línea de sondeo.

Estación km	Sondeo N°	Muestra N°	Profund cms	Desv. Mts	% que pasa por el tamiz										L.L %	L.P %	C.B.R %	Clasific H.R.B	Humedad (in situ)	
					2'	1 1/2"	1'	3/4"	1/2"	3/8"	NO. 4	NO .10	NO .40	NO .200						
3+418	09	23	0-21	L.C.	100	97	94	91	87	84	73	54	30	17	27	8	10	A-2-4(0)	12.10	
		24	21-45		100	94	87	83	76	71	59	48	35	26	42	17		A-2-7(1)	24.50	
		25	45-75		100	94	80	71	63	58	45	37	26	17	34	13		A-2-6(0)	10.80	
		26	75-130		100	96	87	78	70	65	52	41	27	18	42	14		A-2-7(0)	20.00	
3+845	10	27		L.C 1.70	92	83	73	64	54	49	38	27	19	13	32	11	8	A-2-6(0)	9.80	
		28		MTS		100	99					100	94	79	65	42	10	11	A-2-4(0)	6.30
		29		B.DER															A-7-6(8)	26.90
4+272	11	30		L.C 2.40	92	83	73	64	54	49	38	27	19	13	32	11	8	A-2-6(0)	9.80	
		31		MTS.B IZQ.			100	99	95	90	83	75	55	39	33	9	15		A-4(0)	20.50

Fuente: Empresa Consultoría de Transporte S.A. (CONSULTRANS).



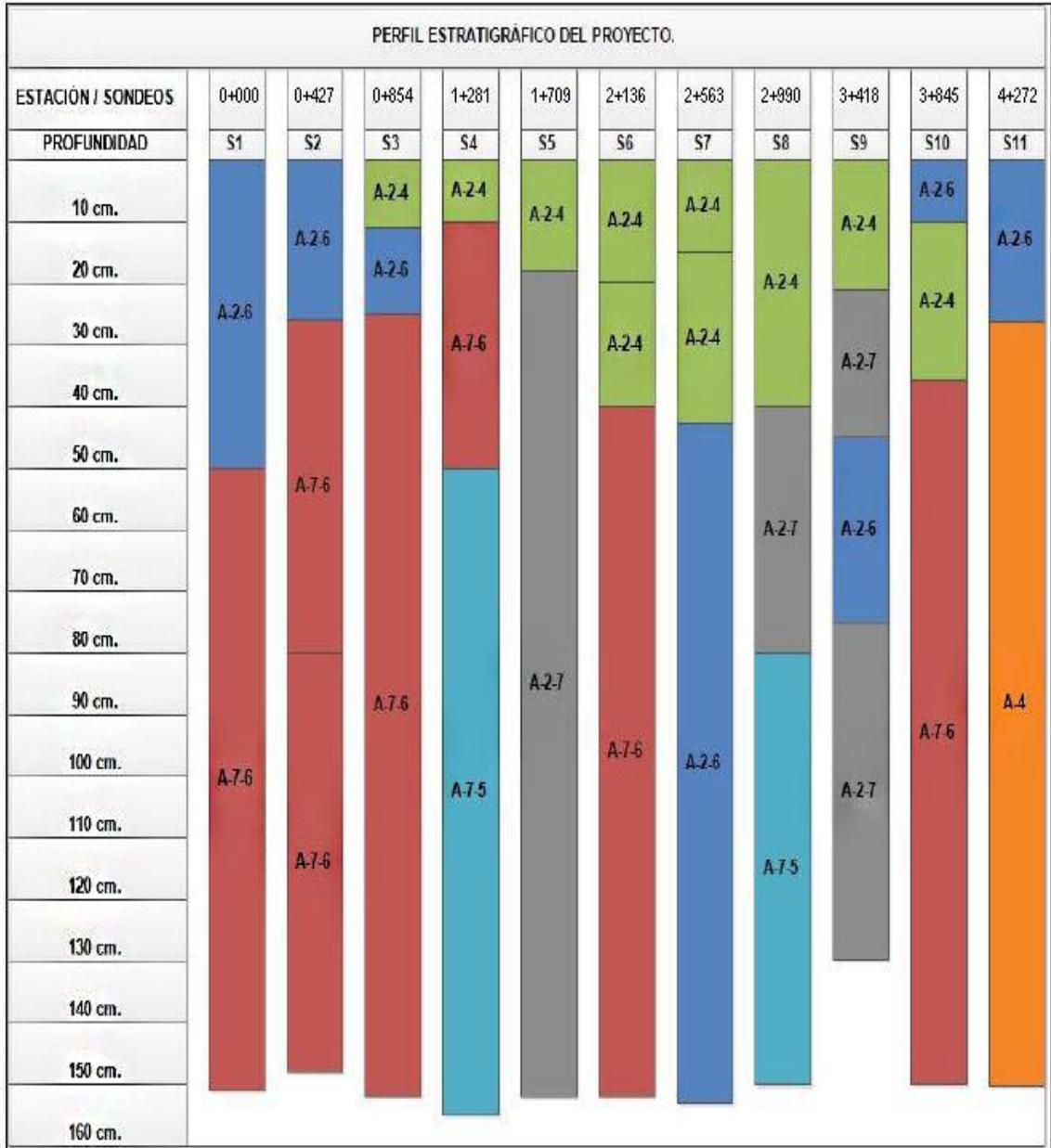
Tabla No. 27. Fuentes de materiales

RESULTADO DE ENSAYES DE MATERIALES EN BANCOS DE PRESTAMO		
ESTACION	1+450	1+600
BANCO DE PRESTAMO No	1	2
NOMBRE DEL PROPIETARIO	Isidoro Orozco	Wilfredo Castillo
ENSAYE No:	1	2
SONDEO No:	1	1
MUESTRA No:	1	1
ESTACION No:	0+680	1+160
DESVIACION No:	120 mt Lado der.	50 mt Lado der.
PROFUNDIDAD (m):	0.00-4.00	0.00-2.00
GRANULOMETRIA		
% Que pasa tamiz		
3"	100	100
2"	93	91
1 1/2 "	90	87
1"	77	74
3/4 "	66	59
1/2 "	54	50
3/8"	47	43
No. 4	35	30
No.10	25	17
No.40	13	9
No.200	9	6
LIMITES DE ATTEMBERG		
LIMITE LIQUIDO	43	48
INDICE DE PLASTICIDAD	12	16
CLASIFICACION		
CLASIFICACION H.R.B	A-2-7(0)	A-2-7(0)
% C.B.R	AI 90% 21	AI 90% 16
	AI 95% 38	AI 95% 26
	AI 100% 59	AI 100% 36
ENSAYES ADICIONALES		
P.V.S.S kg/m ³ :	1,315	1,175
P.V.S.S kg/m ³ :	1,403	1,380
P.V.S max kg/m ³ :	1,577	1,450
Humedad optima	18.50	20.00
Proctor estándar Modificado	Modificado	Estandar

Fuente: Empresa Consultoría de Transporte S.A. (CONSULTRANS).



Figura No. 12. Perfil Estratigráfico del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia



ESTABILIZACION CON CEMENTO PÓRTLAND.

La estabilización de suelos con cemento es una de las más utilizadas en el presente. Consiste en una mezcla de suelo pulverizado y proporciones determinadas de cemento Portland y agua, compactadas hasta una elevada densidad y protegidas contra las pérdidas de humedad durante un período de curado específico.

La mezcla previamente definida, debe cumplir con requisitos mínimos de resistencia y durabilidad.

NORMA NIC-2000 SECCIÓN 1003.23-II.d

(d) Materiales Naturales para Base Estabilizada con Cemento.

Los materiales a ser tratados deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Gravas y Arenas Gruesas Arcillosas:

- Tamaño máximo.....2 - 40 mm
- % que pasa por el tamiz de 0.075 mmmáx. 35%
- Coeficiente de uniformidad.....máx. 10 %
- Índice de Plasticidad.....máx. 25%
- Módulo de Plasticidad
- Método de mezcla en el sitio.....máx. 1500
- Método de planta estaciónmáx. 700
- CBR al 95% de AASHTO Modificado
- (AASHTO T - 180) y 4 días de saturación.....mín. 30%



Después del tratamiento, el material deberá tener una resistencia última a la compresión de, por lo menos, 1800 KN/m² que equivale a 19 kg/cm², medida después de 7 días de curado y 7 días de saturación en el sitio, con mezcla compactada al 95% de AASHTO Modificada (AASHTO T 180) y el material tratado deberá tener un índice de plasticidad menor de 6 y un módulo de plasticidad menor de 250.

Criterios para el diseño de mezclas:

Los ensayos determinan tres factores fundamentales para los suelos tratados con cemento:

- 1.- La cantidad de cemento necesario para endurecer adecuadamente al suelo.
- 2.- La cantidad de agua que se deberá agregar.
- 3.- El peso específico a que deberá compactarse el suelo-cemento.

Para modificar las propiedades del suelo, el porcentaje de cemento varía del 1 al 4%, con esto solo se logra disminuir la plasticidad y el incremento en la resistencia resulta muy bajo.

En cambio para obtener una estabilización más rígida, el porcentaje de cemento varía de 5% a 14%, este tipo de mejoramiento es muy común en las bases, ya que resulta muy importante que éstas y la carpeta presente un módulo de elasticidad semejante y con ello se evita un probable fracturamiento de la carpeta.

La proporción de la mezcla para obtener la durabilidad y resistencia requeridas, se determina por un procedimiento de tanteo. Se preparan muestras del suelo con diferentes cantidades de cemento y se compactan a la humedad óptima por el método proctor estándar.



7.2. ANEXOS B

ESTUDIO DE TRÁNSITO.

Tabla No. 28. Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de administración de Pavimentos PMS.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadraciclo, 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 coupe 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 tiras 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 pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx=4.
	Tx-Sx=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi-Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rc=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rc=4
	Cx-Rc=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		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 Cadena, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuentes: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). División general de planificación.

Anuario de Aforos de Tráfico Año 2010.



7.3 ANEXO C

DISEÑO DE PAVIMENTO.

**Tabla No. 29. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles,
 Eje Simple, Pt = 2.0**

Carga por eje		SN					
(Kips)	(KN)	1.0(25.4)	2.0(50.8)	3.0(76.2)	4.0(101.6)	5.0(127.0)	6.0(152.4)
2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	17.8	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	26.7	0.009	0.012	0.011	0.10	0.009	0.009
8	35.6	0.30	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	44.5	0.75	0.085	0.090	0.085	0.79	0.076
12	53.4	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	62.3	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	71.2	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.0	1.0
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	15.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO – 1993



Tabla No. 30. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Dobles, Pt = 2

Carga por eje (Kips)	(KN)	SN					
		1.0(25.4)	2.0(50.8)	3.0(76.2)	4.0(101.6)	5.0(127.0)	6.0(152.4)
2	8.9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	17.8	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	26.7	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	35.6	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	44.5	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	53.4	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	62.3	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	71.2	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	80.0	0.066	0.077	0.061	0.045	0.069	0.066
20	89.0	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	97.9	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	106.8	0.227	0.244	0.160	0.252	0.239	0.251
26	115.7	0.322	0.340	0.360	0.333	0.338	0.329
28	124.6	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	133.5	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	142.4	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.06	1.06	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	160.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	1.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.0	16.6	16.8	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	10.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	32.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	318.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.0	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	362.0	70.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	85.0	61.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	60.4	71.3

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO – 1993.



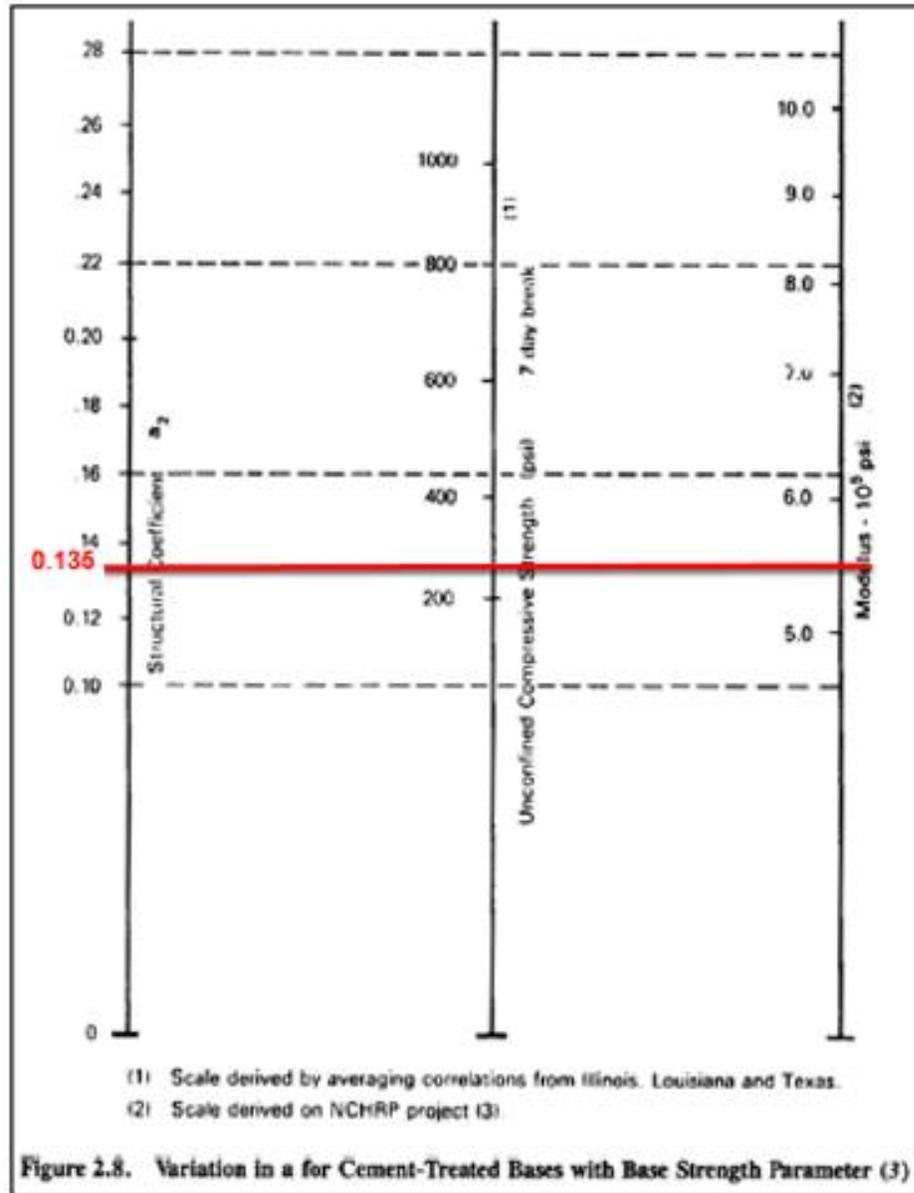
**Tabla No. 31. Factores Equivalentes de Carga para Pavimentos Flexibles,
Eje Triples, Pt = 2**

Carga por eje		SN		plg	(mm)		
(Kips)	(KN)	1.0(25.4)	2.0(50.8)	3.0(76.2)	4.0(101.6)	5.0(127.0)	6.0(152.4)
2	8.9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	17.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
6	26.7	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
8	35.6	0.0009	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0007
10	44.5	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
12	53.4	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
14	62.3	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005
16	71.2	0.010	0.012	0.012	0.010	0.009	0.009
18	80.0	0.016	0.019	0.019	0.017	0.015	0.015
20	89.0	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
22	97.9	0.034	0.042	0.042	0.038	0.035	0.034
24	106.8	0.049	0.058	0.060	0.055	0.051	0.048
26	115.7	0.068	0.080	0.083	0.077	0.071	0.068
28	124.6	0.093	0.107	0.113	0.105	0.098	0.094
30	133.5	0.125	0.140	0.149	0.140	0.131	0.126
32	142.4	0.164	0.182	0.194	0.184	0.173	0.167
34	151.3	0.213	0.233	0.248	0.238	0.225	0.217
36	160.0	0.273	0.294	0.313	0.303	0.288	0.279
38	169.1	0.346	0.368	0.390	0.381	0.364	0.353
40	178.0	0.034	0.456	0.481	0.473	0.454	0.443
42	186.9	0.538	0.560	0.587	0.580	0.561	0.548
44	195.8	0.662	0.682	0.710	0.705	0.686	0.673
46	204.7	0.807	0.825	0.852	0.849	0.831	0.818
48	213.6	0.976	0.992	1.015	1.014	0.999	0.987
50	222.5	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
52	231.4	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
54	240.3	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	249.2	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
58	258.1	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
60	267.0	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
62	275.9	3.10	3.06	2.98	2.95	2.99	3.04
64	284.7	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
66	293.6	4.13	4.05	3.89	3.83	3.9	3.99
68	302.5	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
70	311.4	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
72	320.3	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
74	329.2	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
76	338.1	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
78	347.0	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
80	355.9	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
82	364.8	11.2	10.8	10.1	9.60	9.80	10.2
84	373.7	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
86	382.6	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
88	391.5	15.5	15.5	13.8	13.0	13.2	13.8
90	400.4	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO – 1993.



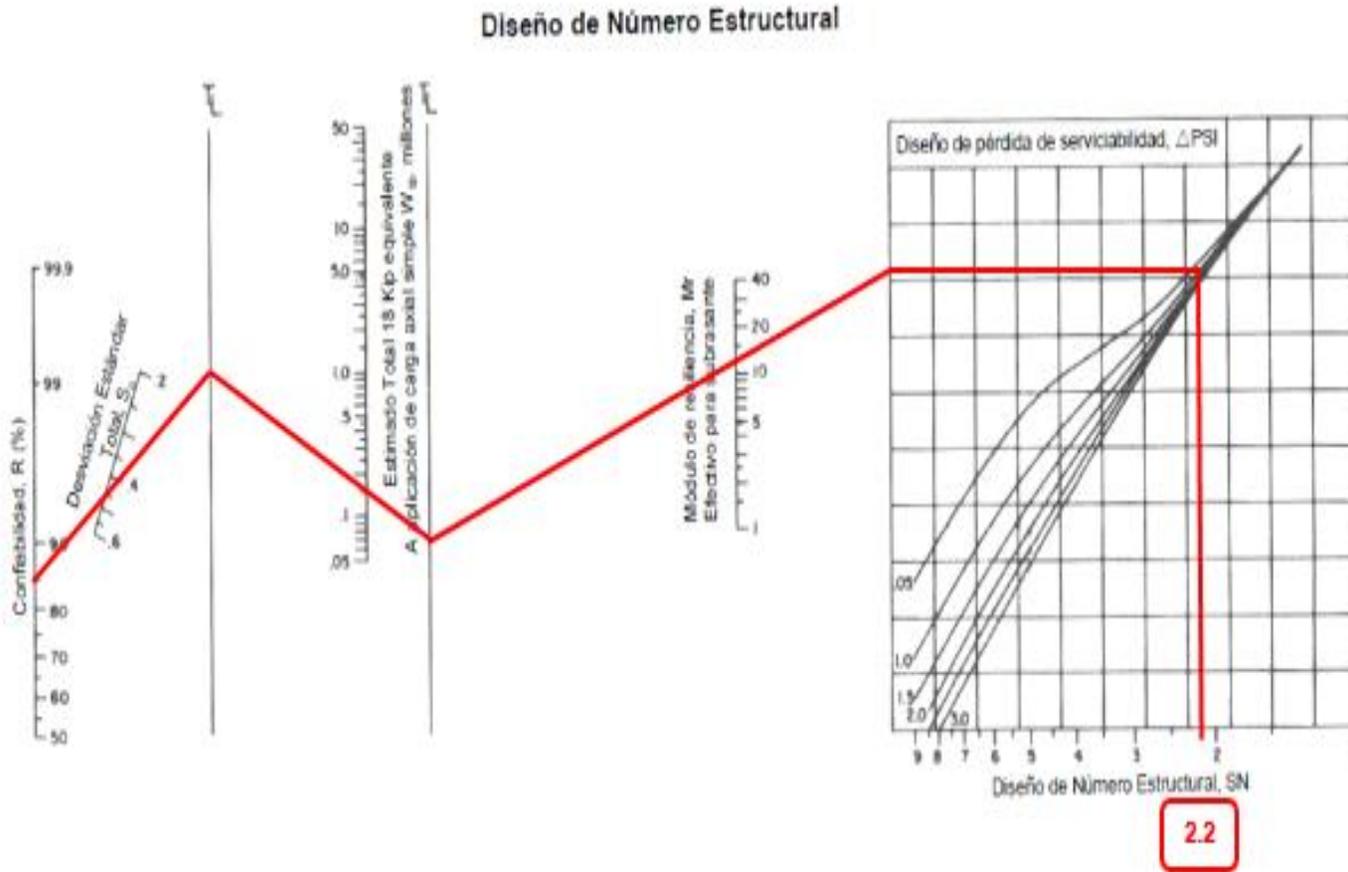
Figura No. 13. Nomograma para el cálculo del Coeficiente Estructural (a_2).



Fuente: Guía de Diseño para pavimentos. AASHTO 93



Figura No. 14. Nomograma para el Diseño del SN.



Fuente: Libro de diseño para pavimentos. AASHTO 93.



NORMA NIC- 2000 SECCIÓN 502

PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO

Materiales

502.2 Los materiales a usar en el adoquinado deberán llenar los siguientes requisitos:

a. Adoquines de Concreto.

El adoquín a usarse, incluyendo las “cuchillas”, será el denominado TIPO TRAFICO, cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor que los siguientes valores:

- Tipo 1 para Tráfico Pesado: 49.0 MPa.
- Tipo 2 para Tráfico Liviano: 34.3 MPa.

El adoquín no deberá presentar en su superficie fisuras ni cascaduras ni cavidades, ni tener materiales extraños tales como piedras, trozos de madera o vidrio, embebidos en su masa.

Las aristas deberán ser regulares y la superficie no deberá ser extremadamente rugosa. El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas al ser colocados. El tamaño máximo del agregado a usar en el concreto es de 19 milímetros.



b. Bordillos Laterales.

Según lo muestran los planos, el adoquinado estará confinado en sus bordes laterales por bordillos o cunetas de concreto simple, cuyo objeto es el de proteger y respaldar debidamente al adoquinado.

Los materiales y métodos de construcción de los bordillos o cunetas de concreto se ajustarán a lo estipulado en la Sección-905 de estas especificaciones.

c. Capa de Arena.

La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser arena lavada, dura, angular y uniforme y no deberá contener más del 3% (en peso) de limo, arcilla o de ambos.

Su graduación será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido en el tamiz No. 10. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 3 cm ni mayor de 5 centímetros.

d. Remate del Pavimento.

Las áreas adoquinadas deberán quedar confinadas en todos sus bordes y a los intervalos mostrados en los planos. Al comienzo y al final del adoquinado deberán construirse remates de concreto simple, Clase A, de las dimensiones mostradas en los planos.

Los materiales y métodos de construcción de estos remates se ajustarán a lo establecido en la Sección-901 de estas especificaciones.



Tabla No.32. Espesores sugeridos

Numero de ESAL's	Capas asfálticas	Base granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	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 para diseño de pavimentos, AASHTO 93. Tercera Edición. Página 175



7.4. ANEXO D

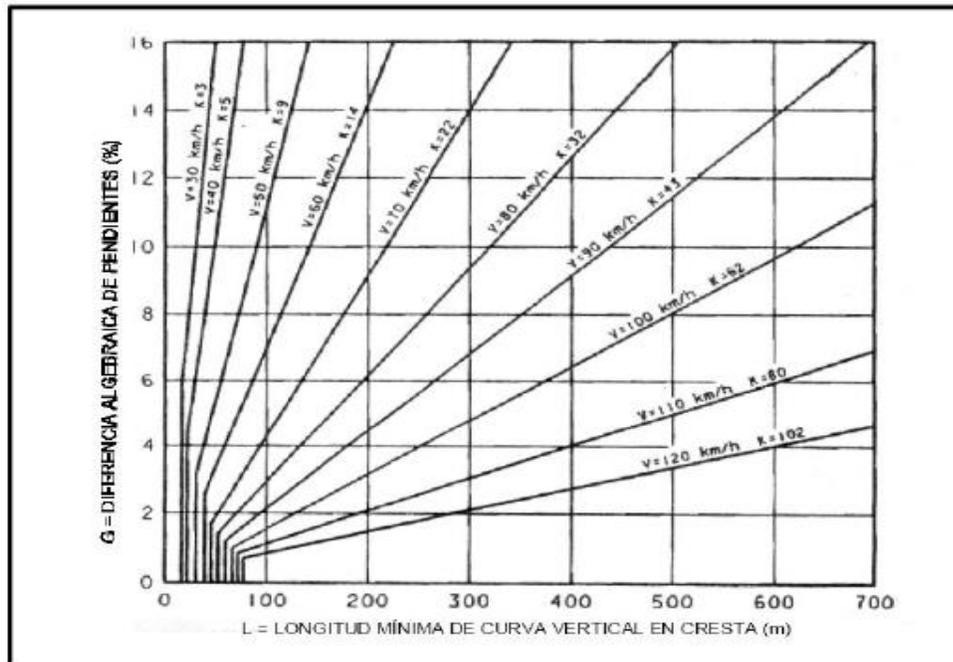
DISEÑO GEOMETRICO

Tabla No. 33. Velocidad de diseño en km/Hr, en función de los volúmenes de tránsito y la topografía del terreno.

Tipo de terreno	Volúmenes de tránsito diario o TPDA en vpd			
	>20,000	20,000 - 10,000	10,000 – 3,000	3,000 – 500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

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

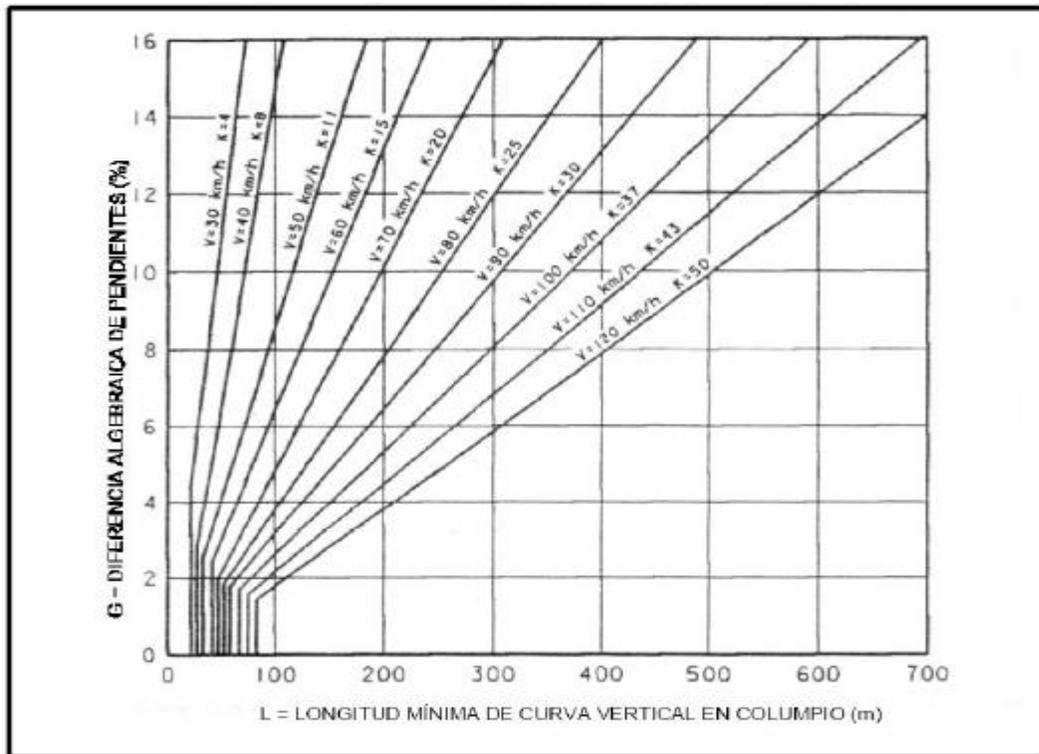
Figura No. 15. Longitud mínima de curva vertical en cresta.



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



Figura No. 16. Longitud mínima en curva vertical en columpio.



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

Tabla No. 34. Peralte según tipo de terreno.

Tasa de sobre elevación "e" en (%)	Tipo de área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Sub-urbana
4	Urbana

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



Tabla No. 35. Coeficiente de fricción lateral del pavimento.

Velocidad de diseño (km/hr)	Factor de fricción máxima (f)	Peralte máximo 10 %		
		Radio (m)		Grado de la curva
		Calculado	Recomendado	
30	0.17	26.2	25	45° 50'
40	0.17	46.7	45	25° 28'
50	0.16	75.7	75	15° 17'
60	0.15	113.4	115	9° 58'
70	0.14	160.8	160	7° 10'
80	0.14	210	210	5° 27'
90	0.13	277.3	275	4° 10'
100	0.12	357.9	360	3° 11'
110	0.11	453.7	455	2° 31'
120	0.09	596.8	595	1° 56'

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



Tabla No.36. Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de Carretera Chihuahua – El Encino.

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
0+000	1475180.920	542232.156	1358.050	S 62-13-38 E
0+020	1475171.600	542249.852	1359.450	S 62-13-38 E
0+040	1475163.867	542268.197	1359.990	S 73-18-04 E
0+060	1475158.576	542287.443	1360.523	S 84-31-32 E
0+080	1475156.668	542307.351	1360.518	S 84-31-32 E
0+100	1475154.655	542327.249	1359.975	S 83-24-40 E
0+120	1475151.249	542346.855	1359.461	S 65-15-33 E
0+140	1475145.640	542365.810	1359.769	S 88-55-43 E
0+160	1475150.187	542385.073	1360.900	N 62-22-10 E
0+180	1475163.418	542399.794	1365.150	N 36-53-51 E
0+200	1475179.471	542411.720	1369.400	N 38-16-40 E
0+220	1475193.057	542426.324	1373.650	N 50-04-57 E
0+240	1475205.891	542441.663	1375.937	N 50-04-57 E
0+260	1475219.832	542455.977	1378.223	N 44-17-53 E
0+280	1475234.430	542469.636	1380.593	N 40-53-12 E
0+300	1475249.957	542482.206	1383.755	N 35-08-32 E
0+320	1475266.516	542493.415	1387.001	N 32-40-59 E
0+340	1475282.720	542504.981	1390.246	N 44-10-13 E
0+360	1475297.066	542518.917	1393.491	N 44-10-13 E
0+380	1475310.102	542533.915	1396.737	N 64-20-37 E
0+400	1475316.619	542552.800	1398.720	N 66-48-41 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



Tabla No.36.1. Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de Carretera Chihuahua – El Encino.

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
0+420	1475324.830	542571.019	1400.635	N 60-47-50 E
0+440	1475334.588	542588.476	1402.550	N 60-47-50 E
0+460	1475342.939	542606.617	1405.400	N 67-25-36 E
0+480	1475351.296	542624.735	1409.133	N 58-05-04 E
0+500	1475361.870	542641.711	1412.151	N 58-05-04 E
0+520	1475371.850	542659.041	1414.453	N 60-24-50 E
0+540	1475378.550	542677.682	1417.852	N 76-38-43 E
0+560	1475382.337	542697.279	1421.251	N 87-58-25 E
0+580	1475380.104	542717.121	1424.350	S 81-25-54 E
0+600	1475377.598	542736.956	1426.855	S 84-24-04 E
0+620	1475378.823	542756.781	1428.345	N 74-29-42 E
0+640	1475387.626	542774.648	1428.820	N 59-19-26 E
0+660	1475398.040	542791.712	1429.087	N 54-53-32 E
0+680	1475409.543	542808.074	1429.643	N 54-53-32 E
0+700	1475420.361	542824.881	1430.286	N 58-52-36 E
0+720	1475430.951	542841.830	1430.929	N 52-11-54 E
0+740	1475443.795	542857.133	1430.550	N 46-58-13 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



**Tabla No.36.2 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de
 Carretera Chihuahua – El Encino.**

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
0+760	1475460.051	542868.557	1429.301	N 49-33-13 E
0+780	1475466.113	542887.422	1431.372	N 75-48-18 E
0+800	1475468.694	542907.172	1434.802	N 86-31-36 E
0+820	1475469.906	542927.135	1438.231	N 86-31-36 E
0+840	1475468.363	542946.991	1441.661	S 76-21-09 E
0+860	1475460.532	542965.291	1445.031	S 59-44-39 E
0+880	1475450.455	542982.566	1448.401	S 59-44-39 E
0+900	1475439.096	542998.976	1451.770	S 52-08-37 E
0+920	1475427.048	543014.933	1455.140	S 55-00-04 E
0+940	1475415.374	543031.163	1459.433	S 51-03-55 E
0+960	1475406.106	543048.417	1463.727	S 85-52-34 E
0+980	1475413.161	543066.589	1466.414	N 56-43-16 E
1+000	1475423.322	543083.807	1468.565	N 62-10-48 E
1+020	1475431.800	543101.913	1470.717	N 67-38-19 E
1+040	1475436.273	543121.278	1472.869	N 88-18-09 E
1+060	1475433.419	543141.004	1475.020	S 77-59-35 E
1+080	1475432.094	543160.842	1476.881	N 82-43-18 E
1+100	1475438.025	543179.861	1478.451	N 68-50-13 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



Tabla No.36.3 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de Carretera Chihuahua – El Encino.

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
1+120	1475443.972	543198.941	1480.021	N 76-32-12 E
1+140	1475447.310	543218.645	1482.043	N 84-14-10 E
1+160	1475447.977	543238.619	1484.517	S 88-03-51 E
1+180	1475445.963	543258.502	1486.992	S 80-21-53 E
1+200	1475441.775	543278.056	1489.467	S 77-19-11 E
1+220	1475437.385	543297.568	1491.941	S 77-19-11 E
1+240	1475431.984	543316.796	1494.416	S 68-10-42 E
1+260	1475422.564	543334.401	1498.109	S 59-12-47 E
1+280	1475412.327	543351.582	1501.803	S 59-12-47 E
1+300	1475405.527	543369.936	1505.496	N 85-35-37 E
1+320	1475412.276	543388.678	1506.872	N 67-32-36 E
1+340	1475419.915	543407.161	1509.786	N 67-32-36 E
1+360	1475429.330	543424.779	1513.737	N 60-29-29 E
1+380	1475439.181	543442.185	1517.689	N 60-29-29 E
1+400	1475450.543	543458.627	1521.640	N 54-28-19 E
1+420	1475466.942	543469.462	1524.112	N 20-36-50 E
1+440	1475485.896	543475.724	1524.503	N 12-50-11 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



Tabla No.36.4 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de Carretera Chihuahua – El Encino.

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
1+480	1475525.344	543482.154	1524.947	N 07-51-02 E
1+500	1475545.157	543484.886	1526.340	N 07-51-02 E
1+520	1475564.825	543488.482	1527.734	N 11-06-17 E
1+540	1475584.451	543492.334	1529.127	N 11-06-17 E
1+560	1475603.923	543496.782	1529.589	N 17-46-44 E
1+580	1475622.979	543502.833	1530.050	N 04-56-11 E
1+600	1475642.905	543504.554	1531.632	N 04-56-11 E
1+620	1475662.831	543506.275	1533.214	N 04-56-11 E
1+640	1475682.699	543508.547	1535.713	N 07-04-23 E
1+660	1475702.456	543511.496	1539.131	N 17-19-45 E
1+680	1475718.549	543522.868	1540.625	N 47-00-45 E
1+700	1475732.170	543537.513	1538.320	N 48-20-01 E
1+720	1475743.470	543553.951	1534.889	N 62-39-28 E
1+740	1475750.352	543572.675	1531.458	N 76-58-54 E
1+760	1475753.612	543592.403	1528.027	N 81-12-34 E
1+780	1475756.668	543612.168	1524.596	N 81-12-34 E
1+800	1475758.537	543632.076	1521.165	N 83-43-00 E
1+820	1475760.842	543651.942	1518.336	N 82-07-45 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR)



Tabla No.36.5 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de Carretera Chihuahua – El Encino.

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
1+840	1475763.087	543671.802	1516.107	N 86-34-46 E
1+860	1475764.273	543691.767	1513.879	N 88-17-50 E
1+880	1475763.447	543711.678	1511.650	S 77-10-22 E
1+900	1475754.932	543729.597	1507.583	S 51-59-57 E
1+920	1475742.309	543745.073	1504.550	S 59-35-37 E
1+940	1475737.040	543764.170	1502.550	S 83-30-50 E
1+960	1475734.781	543784.042	1500.550	S 83-30-50 E
1+980	1475732.522	543803.914	1498.182	S 83-30-50 E
2+000	1475730.262	543823.785	1495.447	S 83-30-50 E
2+020	1475728.881	543843.728	1492.712	S 89-03-18 E
2+040	1475729.572	543863.707	1489.976	N 85-05-27 E
2+060	1475732.298	543883.512	1487.241	N 79-14-12 E
2+080	1475737.029	543902.935	1484.506	N 73-22-57 E
2+100	1475744.701	543921.285	1481.771	N 53-08-59 E
2+120	1475760.990	543932.233	1479.035	N 14-39-39 E
2+140	1475780.823	543931.836	1476.300	N 07-31-08 W
2+160	1475800.651	543929.219	1475.022	N 07-31-08 W
2+180	1475820.479	543926.602	1473.744	N 07-31-08 W

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



**Tabla No.36.6 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de
 Carretera Chihuahua – El Encino.**

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
2+200	1475840.307	543923.985	1472.564	N 07-31-08 W
2+220	1475859.208	543927.800	1472.069	N 19-27-11 E
2+240	1475876.073	543920.289	1472.355	N 49-06-12 W
2+260	1475889.350	543905.339	1473.423	N 44-48-24 W
2+280	1475904.880	543892.792	1475.175	N 33-03-50 W
2+300	1475922.638	543883.668	1477.362	N 21-19-17 W
2+320	1475941.793	543878.006	1479.885	N 10-01-30 W
2+340	1475961.707	543877.677	1482.408	N 08-07-50 E
2+360	1475980.695	543883.634	1482.681	N 33-03-28 E
2+380	1475997.457	543894.543	1479.015	N 33-03-28 E
2+400	1476014.022	543905.745	1474.788	N 33-35-38 E
2+420	1476031.144	543916.068	1470.560	N 28-34-51 E
2+440	1476049.103	543924.856	1466.333	N 23-34-04 E
2+460	1476068.281	543930.058	1462.740	N 09-24-11 E
2+480	1476088.013	543933.326	1460.812	N 09-24-11 E
2+500	1476107.744	543936.593	1460.029	N 09-24-11 E
2+520	1476127.189	543940.997	1459.316	N 18-54-47 E
2+540	1476146.109	543947.480	1459.800	N 18-54-47 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



Tabla No.36.7 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de Carretera Chihuahua – El Encino.

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
2+560	1476165.029	543953.963	1460.082	N 18-54-47 E
2+580	1476183.949	543960.445	1458.927	N 18-54-47 E
2+600	1476203.644	543962.894	1457.055	N 02-49-07 E
2+620	1476223.619	543963.878	1454.596	N 02-49-07 E
2+640	1476243.570	543964.021	1450.525	N 10-45-30 W
2+660	1476260.999	543954.707	1447.250	N 37-20-52 W
2+680	1476276.899	543942.574	1446.283	N 37-20-52 W
2+700	1476292.798	543930.441	1444.817	N 37-20-52 W
2+720	1476308.703	543918.316	1441.575	N 35-33-48 W
2+740	1476327.170	543911.210	1437.800	N 06-31-43 W
2+760	1476346.765	543913.960	1434.177	N 22-30-21 E
2+780	1476362.562	543925.874	1430.555	N 51-32-26 E
2+800	1476370.898	543943.881	1426.932	N 73-16-05 E
2+820	1476376.656	543963.034	1421.601	N 73-16-05 E
2+840	1476382.414	543982.187	1415.799	N 73-16-05 E
2+860	1476388.180	544001.337	1409.997	N 63-40-09 E
2+880	1476397.051	544019.262	1397.948	N 63-40-09 E
2+900	1476405.922	544037.187	1382.983	N 63-40-09 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR)



Tabla No.36.8 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de Carretera Chihuahua – El Encino.

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
2+920	1476414.793	544055.112	1371.005	N 63-40-09 E
2+940	1476423.664	544073.037	1362.015	N 63-40-09 E
2+960	1476432.535	544090.962	1353.025	N 63-40-09 E
2+980	1476445.390	544106.114	1344.035	N 46-39-35 E
3+000	1476459.117	544120.660	1335.045	N 46-39-35 E
3+020	1476473.827	544134.106	1327.536	N 36-54-50 E
3+040	1476489.817	544146.118	1321.507	N 36-54-50 E
3+060	1476505.808	544158.130	1315.478	N 36-54-50 E
3+080	1476521.799	544170.143	1309.449	N 36-54-50 E
3+100	1476533.659	544185.708	1302.848	N 61-40-50 E
3+120	1476543.147	544203.315	1296.247	N 61-40-50 E
3+140	1476553.096	544220.634	1289.646	N 51-08-53 E
3+160	1476566.294	544235.558	1285.279	N 63-33-28 E
3+180	1476564.234	544254.378	1276.500	S 51-04-04 E
3+200	1476546.230	544261.157	1271.208	S 03-18-26 E
3+220	1476526.263	544262.311	1268.900	S 03-18-26 E
3+240	1476506.291	544263.338	1267.946	S 03-06-44 E
3+260	1476486.549	544266.339	1268.351	S 14-10-37 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



Tabla No.36.9 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de Carretera Chihuahua – El Encino.

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
3+280	1476467.970	544273.571	1269.086	S 25-50-56 E
3+300	1476449.971	544282.291	1267.525	S 25-50-56 E
3+320	1476431.972	544291.011	1265.573	S 25-50-56 E
3+340	1476413.973	544299.731	1265.265	S 25-50-56 E
3+360	1476395.974	544308.451	1264.958	S 25-50-56 E
3+380	1476377.975	544317.171	1264.002	S 25-50-56 E
3+400	1476359.605	544325.054	1261.071	S 20-06-55 E
3+420	1476340.652	544331.388	1260.091	S 25-15-59 E
3+440	1476325.962	544344.547	1259.297	S 58-26-40 E
3+460	1476311.744	544358.483	1257.067	S 36-13-01 E
3+480	1476294.212	544367.979	1253.400	S 20-39-49 E
3+500	1476274.776	544372.426	1248.486	S 05-06-38 E
3+520	1476254.929	544374.693	1247.686	S 11-46-43 E
3+540	1476235.877	544380.671	1247.571	S 23-03-44 E
3+560	1476218.363	544390.261	1247.457	S 34-20-46 E
3+580	1476205.895	544405.698	1245.567	S 59-30-37 E
3+600	1476197.872	544423.967	1242.910	S 73-04-11 E
3+620	1476194.355	544443.608	1244.542	S 86-37-45 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



**Tabla No.36.10 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de
 Carretera Chihuahua – El Encino.**

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
3+640	1476195.401	544463.545	1243.713	N 81-31-59 E
3+660	1476200.054	544482.970	1241.463	N 71-31-49 E
3+680	1476208.009	544501.292	1235.479	N 61-31-39 E
3+700	1476219.026	544517.954	1228.250	N 51-31-29 E
3+720	1476232.770	544532.448	1219.058	N 41-31-19 E
3+740	1476248.822	544544.335	1207.258	N 31-31-09 E
3+760	1476266.696	544553.254	1194.560	N 21-30-59 E
3+780	1476285.789	544559.159	1188.037	N 16-58-35 E
3+800	1476304.674	544565.732	1183.512	N 21-24-09 E
3+820	1476322.994	544573.742	1177.467	N 25-49-43 E
3+840	1476340.642	544583.142	1169.900	N 30-15-17 E
3+860	1476357.511	544593.875	1166.900	N 34-40-51 E
3+880	1476373.508	544605.872	1163.971	N 37-43-37 E
3+900	1476391.214	544614.923	1162.684	N 16-25-17 E
3+920	1476410.998	544616.922	1163.037	N 04-53-03 W
3+940	1476428.723	544623.241	1160.733	N 55-20-25 E
3+960	1476434.294	544642.337	1155.700	N 76-51-14 E
3+980	1476438.868	544661.807	1149.759	N 74-15-26 E

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



**Tabla No.36.11 Diseño geométrico, planimétrico y altimétrico del tramo de
 Carretera Chihuahua – El Encino.**

Estacionamiento central de la carretera	Este	Norte	Elevación (msnm)	Rumbo
4+000	1476450.448	544677.589	1142.060	N 33-12-21 E
4+020	1476469.546	544681.886	1142.261	N 07-50-44 W
4+040	1476488.434	544675.806	1142.472	N 03-48-41 W
4+060	1476507.031	544682.154	1142.683	N 28-33-12 E
4+080	1476524.604	544691.703	1142.894	N 26-20-21 E
4+100	1476541.667	544702.088	1143.222	N 36-18-39 E
4+120	1476559.539	544709.407	1143.667	N 08-54-58 E
4+140	1476576.264	544719.464	1144.111	N 49-34-17 E
4+160	1476589.234	544734.689	1144.556	N 49-34-17 E
4+180	1476602.722	544749.397	1144.669	N 36-31-45 E
4+200	1476621.477	544755.196	1143.680	N 03-28-27 E
4+220	1476641.440	544756.412	1142.513	N 04-10-42 E
4+240	1476660.545	544761.843	1142.420	N 27-33-48 E
4+260	1476676.315	544774.013	1143.400	N 36-40-27 E
4+280	1476694.867	544781.064	1142.993	N 15-05-19 E
4+300	1476714.177	544786.270	1140.692	N 15-05-19 E
4+320	1476733.488	544791.476	1143.201	N 15-05-19 E
4+340	1476752.798	544796.683	1143.375	N 15-05-19 E
4+360	1476772.461	544798.720	1140.093	N 02-22-43 W
4+380	1476792.444	544797.890	1139.996	N 02-22-43 W
4+400	1476812.427	544797.060	1144.087	N 02-22-43 W
4+420	1476819.643	544786.228	1148.179	S 78-32-05 W
4+440	1476823.568	544772.028	1152.270	N 09-49-06 W
4+460	1476843.293	544768.737	1155.095	N 11-02-28 W
4+480	1476862.684	544763.877	1157.437	N 17-06-13 W
4+500	1476881.453	544756.995	1159.736	N 23-09-59 W
4+520	1476899.390	544748.170	1161.037	N 29-13-44 W
4+540	1476916.297	544737.503	1161.342	N 35-00-58 W
4+560	1476931.217	544724.251	1161.604	N 48-12-33 W
4+580	1476942.719	544707.943	1161.474	N 61-24-08 W
4+600	1476951.601	544690.027	1160.042	N 63-22-11 W
4+620	1476960.566	544672.148	1158.219	N 63-22-11 W
4+640	1476969.149	544654.122	1156.021	N 74-14-15 W
4+660	1476974.582	544634.874	1153.813	N 74-14-15 W
4+680	1476980.015	544615.626	1152.814	N 74-14-15 W
4+700	1476985.448	544596.378	1151.595	N 74-14-15 W

Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR).



Tabla No. 37. Cálculo de peralte y sobre ancho de curva simple.

No Curva	PC	PT	D(m)	Pend Relativa	a	emax (m/m)	L	V(km/h)	ft	G	Gmax	e (%)	RCAL	Sa	Dist Total carril	M	LTP	LT	N
1	0+113.53	0+116.11	2.58	0.39	3.30	0.08	6.00	50.00	0.16	20.10	13.99	0.065	57.00	1.30	3.80	153.125	32.692	0.551	15.16
2	0+116.11	0+119.24	3.13	0.32	3.30	0.08	6.00	50.00	0.16	21.22	13.99	0.059	54.00	1.35	3.85	153.125	29.610	0.605	15.16
3	0+129.95	0+179.79	49.84	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	28.70	15.15	0.020	39.93	1.70	4.20	153.125	10.121	3.294	15.16
4	0+195.13	0+214.52	19.39	0.05	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	21.08	15.15	0.085	54.37	1.34	3.84	153.125	42.806	5.420	15.16
5	0+326.85	0+339.66	12.81	0.08	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	25.56	15.15	0.053	44.83	1.55	4.05	153.125	26.682	2.232	15.16
6	0+369.58	0+382.78	13.20	0.08	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	21.62	15.15	0.082	53.00	1.37	3.87	153.125	41.320	3.562	15.16
7	0+549.53	0+569.40	19.87	0.05	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	25.63	15.15	0.052	44.71	1.56	4.06	153.125	26.374	3.422	15.16
8	0+602.68	0+629.47	26.79	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	24.37	15.15	0.063	47.02	1.50	4.00	153.125	31.821	5.567	15.16
9	0+755.41	0+766.82	11.41	0.09	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	20.46	15.15	0.088	56.00	1.31	3.81	153.125	44.323	3.303	15.16
10	0+821.51	0+853.99	32.48	0.03	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	18.53	15.15	0.095	61.83	1.22	3.72	153.125	48.015	10.185	15.16
11	0+946.16	0+975.49	29.33	0.03	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	21.62	15.15	0.082	53.00	1.37	3.87	153.125	41.320	7.915	15.16
12	0+975.49	1+021.76	46.27	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	5.46	15.15	0.059	209.92	0.52	3.02	153.125	29.851	9.020	15.16
13	1+021.76	1+048.59	26.83	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	22.87	15.15	0.074	50.11	1.43	3.93	153.125	37.428	6.558	15.16
14	1+064.28	1+094.37	92.50	0.01	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	22.57	15.15	0.076	50.78	1.41	3.91	153.125	38.432	23.216	15.16
15	1+094.37	1+186.87	29.94	0.03	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	7.70	15.15	0.076	148.83	0.65	3.15	153.125	38.307	7.490	15.16
16	1+226.83	1+256.77	139.27	0.01	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	13.88	15.15	0.099	82.53	0.99	3.49	153.125	50.178	45.638	15.16
17	1+244.75	1+320.75	15.30	0.07	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	8.18	15.15	0.079	140.12	0.68	3.18	153.125	39.827	3.979	15.16
Abreviaturas de la tabla (SIECA)																			
PC: Punto donde comienza la curva										e : Peralte que corresponde a la curva.									
PT: Punto donde termina la curva										R Cal: Radio de curvatura.									
D: Desarrollo										S: Sobreancho									
a: ancho del carril en metros										M: Talud de la orilla de la calzada con respecto al eje del camino.									
emax : Máxima inclinación.										LTP: Longitud de transición de peralte.									
L: Distancia entre ejes del camión del vehículo de diseño										LT : Longitud de transición									
ft: Factor fricción										N : Longitud necesaria para la transición del hombro exterior de la curva									
G: grado de curvatura																			

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 37.1 Continuación de cálculo de peralte y sobre ancho de curva simple.

No Curva	PC	PT	D(m)	Pend Relativa	a	emax (m/m)	L	V(km/h)	ft	G	Gmax	e (%)	RCAL	Sa	Dist Total carril	M	LTP	LT	N
18	1+401.00	1+416.30	23.05	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	20.46	15.15	0.088	56.00	1.31	3.81	153.125	44.323	6.672	15.16
19	1+654.62	1+677.67	46.44	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	22.04	15.15	0.079	52.00	1.39	3.89	153.125	40.098	12.161	15.16
20	1+698.16	1+744.60	33.12	0.03	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	14.32	15.15	0.100	80.00	1.01	3.51	153.125	50.380	10.897	15.16
21	1+870.31	1+903.43	20.03	0.05	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	25.17	15.15	0.056	45.52	1.54	4.04	153.125	28.424	3.718	15.16
22	1+914.90	1+934.93	86.96	0.01	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	28.65	15.15	0.021	40.00	1.70	4.20	153.125	10.442	5.930	15.16
23	2+004.76	2+091.72	40.12	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	5.85	15.15	0.062	195.75	0.54	3.04	153.125	31.503	8.254	15.16
24	2+091.72	2+131.84	12.77	0.08	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	20.10	15.15	0.089	57.00	1.30	3.80	153.125	45.134	3.764	15.16
25	2+203.47	2+216.24	18.38	0.05	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	20.10	15.15	0.089	57.00	1.30	3.80	153.125	45.134	5.418	15.16
26	2+216.24	2+234.62	59.60	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	22.04	15.15	0.079	52.00	1.39	3.89	153.125	40.098	15.607	15.16
27	2+250.44	2+310.04	49.36	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	11.75	15.15	0.095	97.56	0.88	3.38	153.125	47.978	15.466	15.16
28	2+310.04	2+359.40	59.59	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	18.15	15.15	0.096	63.12	1.20	3.70	153.125	48.547	18.892	15.16
29	2+389.26	2+448.85	21.48	0.05	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	5.01	15.15	0.055	228.60	0.49	2.99	153.125	27.904	3.914	15.16
30	2+632.89	2+654.37	74.72	0.01	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	21.22	15.15	0.084	54.00	1.35	3.85	153.125	42.425	20.702	15.16
31	2+719.64	2+794.36	12.26	0.08	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	29.03	15.15	0.016	39.47	1.71	4.21	153.125	8.110	0.649	15.16
32	3+134.87	3+147.13	12.26	0.08	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	21.22	15.15	0.084	54.00	1.35	3.85	153.125	42.425	3.397	15.16
33	3+157.18	3+195.37	38.19	0.03	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	20.83	15.15	0.086	55.00	1.33	3.83	153.125	43.423	10.830	15.16
34	3+235.21	3+270.43	35.22	0.03	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	11.06	15.15	0.093	103.57	0.84	3.34	153.125	46.853	10.777	15.16
35	3+381.71	3+415.99	34.28	0.03	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	6.27	15.15	0.066	182.80	0.57	3.07	153.125	33.163	7.424	15.16
36	3+415.99	3+441.10	25.11	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	20.10	15.15	0.089	57.00	1.30	3.80	153.125	45.134	7.401	15.16
37	3+441.10	3+502.75	61.65	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	15.55	15.15	0.100	73.68	1.07	3.57	153.125	50.496	20.330	15.16

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 37.2 Continuación de cálculo de peralte y sobre ancho de curva simple.

No Curva	PC	PT	D(m)	Pend Relativa	a	emax (m/m)	L	V(km/h)	ft	G	Gmax	e (%)	RCAL	Sa	Dist Total carril	M	LTP	LT	N
38	3+502.75	3+562.86	60.11	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	11.28	15.15	0.093	101.56	0.85	3.35	153.125	47.237	18.543	15.16
39	3+562.86	3+631.94	69.08	0.01	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	13.56	15.15	0.099	84.51	0.97	3.47	153.125	49.973	22.545	15.16
40	3+631.94	3+767.95	136.01	0.01	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	9.92	15.15	0.088	115.56	0.78	3.28	153.125	44.498	39.524	15.16
41	3+767.95	3+878.30	110.35	0.01	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	4.43	15.15	0.050	258.90	0.45	2.95	153.125	25.210	18.168	15.16
42	3+878.30	3+922.26	43.96	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	21.31	15.15	0.084	53.79	1.35	3.85	153.125	42.197	12.114	15.16
43	3+922.26	3+945.29	23.03	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	21.22	15.15	0.084	54.00	1.35	3.85	153.125	42.425	6.381	15.16
44	3+978.34	4+029.20	50.86	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	22.92	15.15	0.074	50.00	1.43	3.93	153.125	37.255	12.374	15.16
45	4+029.20	4+051.93	22.73	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	20.46	15.15	0.088	56.00	1.31	3.81	153.125	44.323	6.579	15.16
46	4+079.69	4+106.60	26.91	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	9.97	15.15	0.088	114.92	0.78	3.28	153.125	44.624	7.842	15.16
47	4+106.60	4+115.29	8.69	0.12	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	20.83	15.15	0.086	55.00	1.33	3.83	153.125	43.423	2.464	15.16
48	4+115.29	4+139.19	23.90	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	19.76	15.15	0.091	58.00	1.28	3.78	153.125	45.863	7.158	15.16
49	4+174.62	4+199.42	24.80	0.04	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	21.22	15.15	0.084	54.00	1.35	3.85	153.125	42.425	6.871	15.16
50	4+219.40	4+255.51	36.11	0.03	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	23.39	15.15	0.070	49.00	1.45	3.95	153.125	35.608	8.397	15.16
51	4+255.51	4+271.83	16.32	0.06	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	25.46	15.15	0.054	45.00	1.55	4.05	153.125	27.122	2.891	15.16
52	4+448.08	4+539.38	91.30	0.01	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	6.06	15.15	0.064	189.02	0.55	3.05	153.125	32.347	19.287	15.16
53	4+539.38	4+587.94	48.56	0.02	3.30	0.10	6.00	50.00	0.16	13.19	15.15	0.098	86.86	0.95	3.45	153.125	49.686	15.757	15.16

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38. Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			1
PC	0+113.53	1475153.1	542340.693
CC	1475135.22	542338.628	
PT	0+116.11	1475152.63	542343.221
Delta:	08-11-19.47	Giro:	DERECHA
Radio:	57	DOC:	318-18-36
Longitud:	8.146	Tangente:	4.10
Cuerda L:	8.118	Externa:	0.046
		Rumbo:	S79-18-46E
CUADRO DE CURVA N#			2
PC	0+116.11	1475152.63	542343.221
CC	1475135.22	542338.628	
PT	0+119.24	1475151.57	542346.161
Delta:	09-57-20	Giro:	DERECHA
Radio:	54	DOC:	318-18-36
Longitud:	9.382	Tangente:	4.739
Cuerda:	4.667	Externa:	0.068
		Rumbo:	S70-14-13E

CUADRO DE CURVA N#			3
PC	0+129.95	1475147.08	542355.893
CC	1475185.56	542366.557	
PT	0+179.79	1475163.25	542399.668
Delta:	71-31-22	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	39.925	DOC:	143-30-33
Longitud:	49.838	Tangente:	28.754
Cuerda:	46.665	Externa:	9.277
		Rumbo:	N69-43-48E
CUADRO DE CURVA N#			4
PC	0+195.13	1475175.52	542408.879
CC	1475145.79	542454.401	
PT	0+214.52	1475189.54	542422.118
Delta:	20-25-40	Giro:	DERECHA
Radio:	54.369	DOC:	105-22-57
Longitud:	19.385	Tangente:	9.796
Cuerda:	19.282	Externa:	0.875
		Rumbo:	N43-21-43E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38.1 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			5
PC	0+326.85	1475272.44	542496.859
CC	1475250.05	542535.696	
PT	0+339.66	1475282.48	542504.745
Delta:	16-22-16	Giro:	DERECHA
Radio:	44.83	DOC:	127-48-22
Longitud:	12.809	Tangente:	6.449
Cuerda:	12.766	Externa:	0.461
		Rumbo:	N38-09-07E
CUADRO DE CURVA N#			6
PC	0+369.58	1475303.94	542525.591
CC	1475285.36	542545.802	
PT	0+382.78	1475311.18	542536.482
Delta:	27-33-43	Giro:	DERECHA
Radio:	53.00	DOC:	208-41-33
Longitud:	25.495	Tangente:	12.999
Cuerda:	24.52	Externa:	0.814
		Rumbo:	N56-22-27E

CUADRO DE CURVA N#			7
PC	0+549.53	1475380.75	542686.952
CC	1475337.65	542698.86	
PT	0+569.40	1475381.68	542706.643
Delta:	25-28-14	Giro:	DERECHA
Radio:	44.713	DOC:	128-08-26
Longitud:	19.877	Tangente:	10.106
Cuerda:	19.714	Externa:	1.128
		Rumbo:	N87-17-21E
CUADRO DE CURVA N#			8
PC	0+602.68	1475377.34	542739.625
CC	1475424.13	542744.213	
PT	0+629.47	1475382.25	542765.588
Delta:	32-38-24	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	47.018	DOC:	121-51-37
Longitud:	26.785	Tangente:	13.767
Cuerda:	26.424	Externa:	1.974
		Rumbo:	N79-16-44E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38.2 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			9
PC	0+755.41	1475456.56	542865.612
CC	1475449.4	542877.639	
PT	0+766.82	1475463.06	542874.597
Delta:	46-39-55	Giro:	DERECHA
Radio:	56	DOC:	409-15-20
Longitud:	45.609	Tangente:	24.155
Cuerda:	22.179	Externa:	1.247
		Rumbo:	N54-07-07E
CUADRO DE CURVA N#			10
PC	0+821.51	1475470	542928.641
CC	1475408.23	542932.39	
PT	0+853.99	1475463.56	542960.101
Delta:	30-04-19.35	Giro:	DERECHA
Radio:	61.882	DOC:	92-35-20
Longitud:	32.484	Tangente:	16.625
Cuerda:	32.112	Externa:	2.194
		Rumbo:	S78-26-07E

CUADRO DE CURVA N#			11
PC	0+946.16	1475411.51	543035.951
CC	1475426.61	543049.895	
PT	0+975.49	1475410.65	543062.846
Delta:	81-45-53	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	53.00	DOC:	278-43-51
Longitud:	75.63	Tangente:	45.881
Cuerda:	69.337	Externa:	6.632
		Rumbo:	S88-10-09E
CUADRO DE CURVA N#			12
PC	0+975.49	1475410.65	543062.846
CC	1475237.66	543181.777	
PT	1+021.76	1475432.47	543103.547
Delta:	12-37-48	Giro:	DERECHA
Radio:	209.923	DOC:	27-17-37
Longitud:	46.275	Tangente:	23.232
Cuerda:	46.181	Externa:	1.282
		Rumbo:	N61-48-19E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38.3 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			13
PC	1+021.76	1475432.47	543103.547
CC	1475386.18	543122.762	
PT	1+048.59	1475435.79	543129.845
Delta:	30-40-20	Giro:	DERECHA
Radio:	50.111	DOC:	114-20-15
Longitud:	26.826	Tangente:	13.743
Cuerda:	26.507	Externa:	1.85
		Rumbo:	N82-47-20E
CUADRO DE CURVA N#			14
PC	1+064.28	1475432.53	543145.195
CC	1475482.47	543154.408	
PT	1+094.37	1475435.89	543174.651
Delta:	33-56-41	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	50.783	DOC:	112-49-33
Longitud:	30.086	Tangente:	15.499
Cuerda:	29.648	Externa:	2.313
		Rumbo:	N83-28-49E

CUADRO DE CURVA N#			15
PC	1+094.37	1475435.89	543174.651
CC	1475299.23	543233.592	
PT	1+186.87	1475444.66	543265.241
Delta:	35-36-30	Giro:	DERECHA
Radio:	148.829	DOC:	38-29-52
Longitud:	92.494	Tangente:	47.796
Cuerda:	91.013	Externa:	7.486
		Rumbo:	N84-28-27E
CUADRO DE CURVA N#			16
PC	1+226.83	1475435.88	543304.235
CC	1475355.38	543286.121	
PT	1+256.77	1475424.22	543331.625
Delta:	20-47-02	Giro:	DERECHA
Radio:	82.522	DOC:	69-25-50
Longitud:	29.935	Tangente:	15.134
Cuerda:	29.771	Externa:	1.376
		Rumbo:	S66-55-40

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38. 4 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#				17
PC	1+244.75	1475407.39	543359.867	
CC	1475425.39	543368.406		
PT	1+320.75	1475406.45	543374.581	
Delta:	56-56-59	Giro:	IZQUIERDA	
Radio:	140.12	DOC:	287-36-30	
Longitud:	139.27	Tangente:	75.999	
Cuerda:	133.611	Externa:	1.522	
		Rumbo:	S86-20-27E	
CUADRO DE CURVA N#				18
PC	1+401	1475451.13	543459.444	
CC	1475473.33	543441.079		
PT	1+416.30	1475463.48	543468.158	
Delta:	30-24-35	Giro:	IZQUIERDA	
Radio:	56.00	DOC:	198-49-19	
Longitud:	29.722	Tangente:	15.219	
Cuerda:	29.374	Externa:	1.045	
		Rumbo:	N35-12-22E	

CUADRO DE CURVA N#				19
PC	1+654.62	1475697.21	543510.347	
CC	1475693.24	543541.04		
PT	1+677.67	1475716.96	543521.164	
Delta:	42-40-26	Giro:	DERECHA	
Radio:	52	DOC:	185-07-50	
Longitud:	38.729	Tangente:	12.089	
Cuerda:	37.84	Externa:	2.277	
		Rumbo:	N28-42-21E	
CUADRO DE CURVA N#				20
PC	1+698.16	1475730.93	543536.149	
CC	1475672.41	543590.696		
PT	1+744.60	1475751.26	543577.183	
Delta:	33-15-46	Giro:	DERECHA	
Radio:	80	DOC:	71-37-11	
Longitud:	46.443	Tangente:	23.897	
Cuerda:	45.794	Externa:	3.493	
		Rumbo:	N63-38-38E	

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38.5 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			21
PC	1+870.31	1475764.58	543702.076
CC	1475719.06	543701.571	
PT	1+903.43	1475752.72	543732.22
Delta:	41-41-13	Giro:	DERECHA
Radio:	45.521	DOC:	125-52-03
Longitud:	33.12	Tangente:	17.331
Cuerda:	32.394	Externa:	3.188
		Rumbo:	S68-31-19E
CUADRO DE CURVA N#			22
PC	1+914.90	1475745.19	543740.873
CC	1475773.22	543763.213	
PT	1+934.93	1475737.61	543759.13
Delta:	32-00-58	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	40	DOC:	159-51-45
Longitud:	22.351	Tangente:	11.476
Cuerda:	22.062	Externa:	1.446
		Rumbo:	S67-26-58E

CUADRO DE CURVA N#			23
PC	2+004.76	1475729.72	543828.519
CC	1475924.6	543846.956	
PT	2+091.72	1475740.72	543914.061
Delta:	25-27-12	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	195.745	DOC:	29-16-14
Longitud:	86.959	Tangente:	44.209
Cuerda:	86.245	Externa:	4.93
		Rumbo:	N82-40-41E
CUADRO DE CURVA N#			24
PC	2+091.72	1475740.72	543914.061
CC	1475768.53	543903.43	
PT	2+131.84	1475772.74	543932.903
Delta:	77-12-34	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	57	DOC:	192-26-40
Longitud:	40.12	Tangente:	23.771
Cuerda:	37.153	Externa:	8.326
		Rumbo:	N30-28-27E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38.6 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			25
PC	2+203.47	1475843.75	543923.53
CC	1475846.96	543938.725	
PT	2+216.24	1475855.9	543926.029
Delta:	47-05-40	Giro:	DERECHA
Radio:	57	DOC:	368-56-06
Longitud:	46.851	Tangente:	24.84
Cuerda:	45.543	Externa:	1.411
		Rumbo:	N11-36-59E
CUADRO DE CURVA N#			26
PC	2+216.24	1475855.9	543926.029
CC	1475863.32	543916.16	
PT	2+234.62	1475872.55	543924.356
Delta:	85-19-17	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	52	DOC:	464-08-50
Longitud:	77.435	Tangente:	11.375
Cuerda:	70.476	Externa:	4.442
		Rumbo:	N05-44-16W

CUADRO DE CURVA N#			27
PC	2+250.44	1475882.91	543912.395
CC	1475958.12	543974.575	
PT	2+310.04	1475932.16	543880.504
Delta:	34-59-33	Giro:	DERECHA
Radio:	97.587	DOC:	58-42-46
Longitud:	59.6	Tangente:	30.762
Cuerda:	58.678	Externa:	4.734
		Rumbo:	N32-55-19W
CUADRO DE CURVA N#			28
PC	2+310.04	1475932.16	543880.504
CC	1475952.78	543940.158	
PT	2+359.40	1475980.19	543883.304
Delta:	44-48-08	Giro:	DERECHA
Radio:	63.116	DOC:	90-46-43
Longitud:	49.353	Tangente:	26.016
Cuerda:	48.106	Externa:	5.152
		Rumbo:	N03-20-11E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38.7 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			29
PC	2+389.26	1476005.22	543899.596
CC	1476140.5	543715.338	
PT	2+448.85	1476057.28	543928.236
Delta:	14-56-07	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	228.585	DOC:	25/03/1955
Longitud:	59.586	Tangente:	29.963
Cuerda:	59.417	Externa:	1.955
		Rumbo:	N28-49-04E
CUADRO DE CURVA N#			30
PC	2+632.89	1476236.5	543964.512
CC	1476237.97	543934.548	
PT	2+654.37	1476256.53	543958.12
Delta:	41-01-48	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	54	DOC:	190-59-09
Longitud:	38.669	Tangente:	20.206
Cuerda:	37.848	Externa:	2.031
		Rumbo:	N17-41-47W

CUADRO DE CURVA N#			31
PC	2+719.64	1476308.41	543918.526
CC	1476331.66	543950.421	
PT	2+794.36	1476369.28	543938.483
Delta:	108-28-33	Giro:	DERECHA
Radio:	39.467	DOC:	145-10-23
Longitud:	74.722	Tangente:	54.799
Cuerda:	64.051	Externa:	28.065
		Rumbo:	N18-09-20E
CUADRO DE CURVA N#			32
PC	3+134.87	1476550.2	544216.406
CC	1476578.78	544199.944	
PT	3+147.13	1476558.13	544225.663
Delta:	21-17-53	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	54	DOC:	173-43-11
Longitud:	20.073	Tangente:	10.154
Cuerda:	19.957	Externa:	0.578
		Rumbo:	N49-24-29E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38.8 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			33
PC	3+157.18	1476564.84	544233.145
CC	1476550.6	544243.363	
PT	3+195.36	1476550.86	544260.89
Delta:	124-48-33	Giro:	DERECHA
Radio:	55	DOC:	326-52-20
Longitud:	119.808	Tangente:	105.226
Cuerda:	97.486	Externa:	20.312
		Rumbo:	S63-15-05E
CUADRO DE CURVA N#			34
PC	3+235.21	1476511.08	544263.188
CC	1476511.91	544366.751	
PT	3+270.43	1476476.59	544269.397
Delta:	19-29-01	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	103.566	DOC:	55-19-23
Longitud:	35.218	Tangente:	17.781
Cuerda:	35.048	Externa:	1.515
		Rumbo:	S10-12-20E

CUADRO DE CURVA N#			35
PC	3+381.71	1476376.44	544317.915
CC	1476296.74	544153.402	
PT	3+415.99	1476344.37	544329.89
Delta:	10-44-43	Giro:	DERECHA
Radio:	182.803	DOC:	31-20-34
Longitud:	34.283	Tangente:	17.192
Cuerda:	34.233	Externa:	0.807
		Rumbo:	S20-28-34E
CUADRO DE CURVA N#			36
PC	3+415.99	1476344.37	544329.89
CC	1476355.39	544362.622	
PT	3+441.10	1476325.4	544345.492
Delta:	41-39-05	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	57	DOC:	165-53-27
Longitud:	41.436	Tangente:	21.68
Cuerda:	40.529	Externa:	2.414
		Rumbo:	S39-26-25E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38. 9 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			37
PC	3+441.10	1476325.4	544345.492
CC	1476268.21	544299.041	
PT	3+502.75	1476272.04	544372.619
Delta:	47-56-29	Giro:	DERECHA
Radio:	73.677	DOC:	77-45-57
Longitud:	61.648	Tangente:	32.758
Cuerda:	59.866	Externa:	6.954
		Rumbo:	S26-56-44E
CUADRO DE CURVA N#			38
PC	3+502.75	1476272.04	544372.619
CC	1476275.66	544474.109	
PT	3+562.86	1476216.03	544391.907
Delta:	33-54-53	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	101.555	DOC:	56-25-07
Longitud:	60.113	Tangente:	30.966
Cuerda:	59.239	Externa:	4.616
		Rumbo:	S

CUADRO DE CURVA N#			39
PC	3+562.86	1476216.03	544391.907
CC	1476278.72	544448.577	
PT	3+631.94	1476194.5	544455.534
Delta:	46-49-57	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	84.51	DOC:	67-47-50
Longitud:	69.077	Tangente:	36.599
Cuerda:	67.17	Externa:	7.585
		Rumbo:	S71-18-19E
CUADRO DE CURVA N#			40
PC	3+631.94	1476194.5	544455.534
CC	1476308.71	544446.677	
PT	3+767.95	1476274.19	544555.91
Delta:	68-01-31	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	114.56	DOC:	50-00-50
Longitud:	136.013	Tangente:	77.308
Cuerda:	128.164	Externa:	23.645
		Rumbo:	N51-33-12E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38. 10 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			41
PC	3+767.95	1476274.19	544555.91
CC	1476210.2	544806.777	
PT	3+878.30	1476372.18	544604.814
Delta:	24-25-19	Giro:	DERECHA
Radio:	258.899	DOC:	22/07/1950
Longitud:	110.355	Tangente:	56.028
Cuerda:	109.521	Externa:	5.993
		Rumbo:	N26-31-14E
CUADRO DE CURVA N#			42
PC	3+878.30	1476372.18	544604.814
CC	1476406.42	544563.332	
PT	3+922.26	1476413.24	544616.682
Delta:	46-49-18	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	53.785	DOC:	106-31-41
Longitud:	43.952	Tangente:	23.287
Cuerda:	42.74	Externa:	4.825
		Rumbo:	N16-07-23E

CUADRO DE CURVA N#			43
PC	3+922.26	1476413.24	544616.682
CC	1476415.81	544632.168	
PT	3+945.29	1476430.95	544628.01
Delta:	84-03-45	Giro:	DERECHA
Radio:	54	DOC:	364-59-35
Longitud:	79.227	Tangente:	48.675
Cuerda:	72.309	Externa:	5.436
		Rumbo:	N32-36-30E
CUADRO DE CURVA N#			44
PC	3+978.34	1476438.47	544660.194
CC	1476465.74	544654.233	
PT	4+029.20	1476478.29	544679.165
Delta:	104-23-49	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	50	DOC:	205-15-25
Longitud:	91.103	Tangente:	64.456
Cuerda:	79.014	Externa:	17.628
		Rumbo:	N25-28-14E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38. 11 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			45
PC	4+029.20	1476478.29	544679.165
CC	1476489.85	544697.084	
PT	4+051.93	1476499.94	544678.297
Delta:	61-04-14	Giro:	DERECHA
Radio:	56	DOC:	268-40-23
Longitud:	22.73	Tangente:	12.579
Cuerda:	21.67	Externa:	3.434
		Rumbo:	N02-17-41W
CUADRO DE CURVA N#			46
PC	4+079.69	1476524.33	544691.566
CC	1476473.62	544794.691	
PT	4+106.60	1476546.87	544706.145
Delta:	13-24-55	Giro:	DERECHA
Radio:	114.919	DOC:	49-51-28
Longitud:	26.907	Tangente:	13.515
Cuerda:	26.846	Externa:	0.792
		Rumbo:	N32-53-33E

CUADRO DE CURVA N#			47
PC	4+106.60	1476546.87	544706.145
CC	1476554.81	544696.961	
PT	4+115.29	1476554.85	544709.105
Delta:	41-01-06	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	55	DOC:	471-48-51
Longitud:	8.694	Tangente:	4.543
Cuerda:	8.509	Externa:	0.822
		Rumbo:	N20-21-28E
CUADRO DE CURVA N#			48
PC	4+115.29	1476554.85	544709.105
CC	1476555.54	544734.887	
PT	4+139.19	1476575.74	544718.844
Delta:	53-04-55	Giro:	DERECHA
Radio:	58	DOC:	222-09-03
Longitud:	23.895	Tangente:	12.882
Cuerda:	23.049	Externa:	3.038
		Rumbo:	N24-59-46E

Fuente: Elaboración propia



Tabla No. 38. 12 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.

CUADRO DE CURVA N#			49
PC	4+174.62	1476598.72	544745.819
CC	1476620.21	544725.786	
PT	4+199.42	1476620.9	544755.161
Delta:	48-21-18	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	54	DOC:	194-59-42
Longitud:	24.798	Tangente:	13.191
Cuerda:	24.069	Externa:	2.825
		Rumbo:	N22-50-23E
CUADRO DE CURVA N#			50
PC	4+219.40	1476640.84	544756.372
CC	1476637.87	544805.284	
PT	4+255.51	1476672.94	544771.058
Delta:	42-13-24	Giro:	DERECHA
Radio:	49.002	DOC:	116-55-29
Longitud:	36.111	Tangente:	18.92
Cuerda:	35.3	Externa:	3.526
		Rumbo:	N24-35-09E

CUADRO DE CURVA N#			51
PC	4+255.51	1476672.94	544771.058
CC	1476693.35	544751.141	
PT	4+271.83	1476686.98	544778.938
Delta:	32-47-44	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	45	DOC:	200-55-22
Longitud:	16.322	Tangente:	8.392
Cuerda:	16.101	Externa:	1.209
		Rumbo:	N29-17-58E
CUADRO DE CURVA N#			52
PC	4+448.08	1476831.53	544770.649
CC	1476807.09	544583.222	
PT	4+539.38	1476915.79	544737.858
Delta:	27-40-26	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	189.014	DOC:	30-18-47
Longitud:	91.294	Tangente:	46.556
Cuerda:	90.409	Externa:	5.649
		Rumbo:	N21-15-58W

Fuente: Elaboración propia



**Tabla No. 38. 13 Curvas horizontales del diseño geométrico de la carretera
 Chihuahua - El Encino, Municipio La Sabana.**

CUADRO DE CURVA N#			53
PC	4+539.38	1476915.79	544737.858
CC	1476866.46	544666.368	
PT	4+587.94	1476946.2	544700.806
Delta:	32-02-05	Giro:	IZQUIERDA
Radio:	86.857	DOC:	65-57-57
Longitud:	48.563	Tangente:	24.934
Cuerda:	47.932	Externa:	3.508
		Rumbo:	N50-37-24W

Fuente: Elaboración propia



Tabla 39. Elementos de diseño geométrico de la carretera regionales (SIECA 2004)

No	Descripción	Autopistas	Troncales			Colectoras		
		Regionales	Suburbanas	Rurales		Suburbanas	Rurales	
1	TPDA, vehículos promedio diario	> 20000	2000 - 10000	10000 - 3000		3000 - 500	3000 - 500	
2	VHD, Vehículos por hora	> 2000	20000 - 1000	1500 - 450		3000 - 50	450 - 75	
3	Factor de hora pico FHP	0.92	0.92	0.95 - 0.91		0.92	0.85	
4	Vehículos de diseño	WB-20	WB-20	WB-20		WB-15	WB-15	
5	Tipo de terreno	P O M	P O M	P O M		P O M	P O M	
6	Velocidad de diseño o directriz, km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60		70 60 50	70 50 60	
7	Número de carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4		2	2	
8		3.6	3.6	3.6		3.3 - 3.6	3.3	
9	Ancho de hombros / Espaldones, metros	Int :1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int :1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int : 0.5 - 1.0 Ext: 1.2 - 1.8		1.2 - 1.5	1.2 - 1.5	
10	Tipo de superficie de rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.		Pav.	Pav.- Grava	
11	Dist. Visibilidad de parada, metros	110 – 245	110 - 170	85 - 140		65 - 110	65 - 110	
12	Dist. Visib. Adelantamiento, metros	480 – 670	480 - 600	410 - 540		350 - 480	350 - 480	
13	Radio Mín.De curva, peralte 6 % metros	195 – 560	195 - 335	135 - 250		90 - 195	90 - 195	
14	Máximo de grado de curva	5° 53' 2° 03'	5° 53' 3° 25'	8° 29' 4° 35'		12° 44' 5° 53'	12° 44' 5° 53'	
15	Pendiente longitudinal Max, porcentaje	6	8	8		10	10	
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10		10	10	
17	Pendiente transversal de calzada %	1.5 – 3	1.5 - 3	1.5 - 3		1.5 - 3	1.5 - 3	
18	Pendiente de hombros, porcentaje	2 – 5	2 - 5	2 - 5		2 - 5	2 - 5	
19	Ancho de puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable		7.8 - 8.7	7.8 - 8.1	
20	Carga de diseño de puentes (AASHTO)	HS 20 - 44 + 25%	HS 20 - 44 + 25%	HS 20 - 44 + 25%		HS 20 - 44	HS 20 - 44	
21	Ancho de derecho de vías, metros	80 – 90	40 - 50	40 - 50		20 - 30	20 - 30	
22	Ancho de mediana, metros	4 – 12	4 - 10	2 - 6		-	-	
23	Nivel de servicio, según el HCM	B – C	C - D	C - D		C - D	C - D	
24	Tipo de control de acceso	Control total	Control parcial	Sin control		Sin control	Sin control	
25	CLASIFICACION FUNCIONAL	AR – TS	AR - TS - TR	TR - CR		TS - CS	TR - CR	

Fuente: Manual centroamericano SIECA 2004



7.5. ANEXOS E

FOTOS DEL SITIO EN ESTUDIO

Fotografía No.1 Curvas de la carretera (Est. 0+ 000)



Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR)



Fotografía No.2 Pendientes Naturales (Est. 2+ 760)



Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR)



Fotografía No.3 Agrietamientos presentes en el terreno (Est. 4+ 650)



Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR)



Fotografía No.4 Curvas y pendientes del tramo en estudio (Est. 4+ 700)



Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR)



DOCUMENTOS ADJUNTOS





**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: JASSER JOSUE ROSALES MORALES** Carné No.: **2006-21071** 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 15 días del mes de noviembre del año dos mil doce.


DR. ING. ALVARO AGUILAR VELÁSQUEZ
Secretario de Facultad



CC: Archivo

DAAV/*Ilsa*



**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) **BE: WALTER ANTONIO BLANDON SOBALVARRO** Carné No.: **2006-21155** 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 **15 días** del mes de noviembre del año dos mil doce.



DR. ING. ALVARO AGUILAR VELASQUEZ.
Secretario de Facultad

CC: Archivo

DAAV/*lisa*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SECRETARIA

CARTA DE EGRESADO

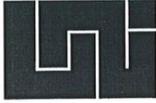
El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Construcción hace constar que el (a) **BR: RONALDO JOSE RIVAS CERRATO** Carné No.: 2006-21174 turno diurno de conformidad con el Reglamento de Régimen Académico Vigente en la Universidad es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO** a solicitud de la parte interesada en la Ciudad de Managua, a los 15 días del mes de noviembre del año dos mil doce.


DR. ING. ALVARO AGUILAR VELASQUEZ.
Secretario de Facultad

CC: Archivo .

DAAV/*Ilsa*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
SEDE UNI-NORTE
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2016

No. Recibo 203139		No. Inscripción 672				
NOMBRES Y APELLIDOS : Jasser Josué Rosales Morales						
CARRERA : INGENIERIA CIVIL		CARNET : 2006-21071		TURNO :		
PLAN DE ESTUDIO : 97		SEMESTRE : SEGUNDO SEMESTRE 2016		FECHA : 08/11/2016		
No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1 ULTIMA LINEA					

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

NARELVIS

GRABADOR

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 08-Nov-2016



FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO


FIRMA DEL
ESTUDIANTE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
SEDE UNI-NORTE
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2016

No. Recibo **203138** No. Inscripción **715**

NOMBRES Y APELLIDOS : Walter Antonio Blandón Sobalvarro
CARRERA: INGENIERIA CIVIL CARNET: 2006-21155 TURNO :
PLAN DE ESTUDIO: 97 SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE FECHA: 16/11/2016
2016

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

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

SNCORNEJOG

GRABADOR


FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO




FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 16-Nov-2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
SEDE UNI-NORTE
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2016

No. Recibo 203137		No. Inscripción 671				
NOMBRES Y APELLIDOS: Ronaldo José Rivas Cerrato						
CARRERA: INGENIERIA CIVIL		CARNET: 2006-21174		TURNO:		
PLAN DE ESTUDIO: 97		SEMESTRE: SEGUNDO SEMESTRE		FECHA: 08/11/2016		
		2016				
No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	ULTIMA LINEA					

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

NARELVIS

GRABADOR

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 08-Nov-2016



FIRMA DEL
ESTUDIANTE